

LIIKENNETEKNIIKAN PERUSTEET

Opetusmoniste

Alkusanat

Tämä opetusmoniste on esimerkki kestäväen kehityksen periaatteiden hyödyntämisestä. Sen sisältö on alkujaan laadittu oppimateriaaliksi Teknillisen korkeakoulun liikennetekniikan opetukseen ja kursseille, joissa pyritään antamaan perustiedot liikennejärjestelmästä ja tutustutetaan opiskelija liikennetekniikan keskeisiin käsitteisiin sekä ihmisten ja tavaroiden liikkumisen lainalaisuuksiin. Lisäksi siinä tarjotaan perusteet liikenteen tutkimisesta, suunnittelusta, ohjauksesta ja vaikutuksista. Sisältöä on ajan saatossa tiivistetty, päivitetty ja uudistettu monin paikoin tarpeen ja resurssien mukaan.

Monisteen laatimiseen on aikojen kuluessa osallistunut sekä henkilökuntaa että opiskelijoita. Tietosisällön nykyiseen muotoon saattamisesta ovat vastanneet dipl.ins. Jouni Ojala ja dipl.ins. Virpi Ojala. Monisteen tilastotietoja ei ole yhtenäistetty kuvaamaan jonkin tietyn vuoden tilannetta.

Tervetuloa tutustumaan liikennetekniikkaan!

Espoossa huhtikuussa 2019

Jouni Ojala
yliopisto-opettaja, kurssin vastuuopettaja

LIKENNETEKNIIKAN PERUSTEET

Opetusmoniste

SISÄLLYSLUETTELO

sivu

ALKUSANAT	1
SISÄLLYSLUETTELO	2
1 JOHDANTO	6
1.1 LIKENNETEKNIIKAN ALA	6
1.2 LIIKENNE JA YHDYSKUNTARAKENNE	7
1.3 LIIKENTEEN YHTEISKUNNALLINEN MERKITYS SUOMESSA.....	9
1.4 LIIKENNEMUOTOJEN TYÖNJAKO SUOMESSA.....	14
1.4.1 Päivittäisen liikkumisen tunnusluvut	14
1.4.2 Kotimaan henkilöliikenne	17
1.4.3 Kotimaan tavaraliikenne	19
1.4.4 Kansainvälinen liikenne	20
2 LIIKENNEHALLINTO JA LIIKENNEPOLITIIKKA	22
2.1 VALTION LIIKENNEHALLINTO.....	22
2.1.1 Yleistä	22
2.1.2 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala	22
2.1.3 Ympäristöministeriön hallinnonala.....	27
2.2 KUNTIEN LIIKENNEHALLINTO	28
2.2.1 Organisaatio.....	28
2.2.2 Tehtävät	28
2.3 LIIKENNEPOLITIIKKA	29
2.3.1 Liikennepolitiikan määrittely	29
2.3.2 Liikennepolitiikan keinot.....	29
2.3.3 Euroopan unionin liikennepolitiikka	30
2.3.4 Suomen valtakunnallinen liikennepolitiikka	31
2.3.5 Kunnallinen liikennepolitiikka	33
3 LIIKENNEVIRTA JA LIIKENTEENVÄLITYSKYKY	34
3.1 LIIKENNEVIRRRAN OMINAISUUDET	34
3.1.1 Peruskäsitteet	34
3.1.2 Liikenteen vaihtelumuodot.....	34
3.1.3 Liikenteen nopeudet	38
3.2 LIIKENNEVIRTATEORIAMATKAT	39
3.3 LIIKENTEENVÄLITYSKYKY	46

3.3.1	Yleistä	46
3.3.2	Käsitteitä	46
3.3.3	Moottoritielinjan välityskyky ja palvelutaso	49
3.3.4	Kaksikaistaisen tien välityskyky ja palvelutaso	50
3.3.5	Tasoliittymien välityskyky ja palvelutaso	50
4	LIIKENNETUTKIMUKSET	54
4.1	JOHDANTO	54
4.2	LIIKENNELASKENNAT	54
4.2.1	Yleistä	54
4.2.2	Liikennelaskennat Suomessa.....	55
4.3	MÄÄRÄPAIKKA- JA LIKKUMISTOTTUMUSTUTKIMUKSET.....	58
4.4	NOPEUS- JA VIIVYTYSTUTKIMUKSET.....	60
4.4.1	Yleistä	60
4.4.2	Mittausmenetelmiä.....	60
4.5	MUUT TUTKIMUKSET.....	61
4.6	LIIKENTEEN SIMULOINTI.....	62
5	LIIKENNE-ENNUSTEET	63
5.1	YLEISTÄ	63
5.1.1	Ennusteiden tarve.....	63
5.1.2	Ennusteprosessi	63
5.1.3	Ennustemenetelmien jaottelu	64
5.1.4	Ryhmämallit ja yksilömallit.....	65
5.2	AUTOKANTAENNUSTEET	65
5.3	NELIVAIHEINEN ENNUSTEPROSESSI	67
5.3.1	Yleistä	67
5.3.2	Osa-alueiden matkatuotosten määrittäminen	70
5.3.3	Osa-alueiden välisten liikennevirtojen määrittäminen	73
5.3.4	Kulkuapajakauman määrittäminen.....	75
5.3.5	Liikenteen sijoittelu	77
5.4	LIIKENNE-ENNUSTEIDEN TARKKUUS	79
6	LIIKENNESUUNNITTELUPROSESSI.....	80
6.1	MITÄ ON LIIKENNESUUNNITTELU?	80
6.2	LIIKENNESUUNNITTELUN SUUNTAVIIVAT SUOMESSA	82
6.3	LIIKENNESUUNNITTELUPROSESSIN ETENEMINEN.....	83
6.4	SUUNNITTELUN VUOROVAIKUTTEISUUS	87
6.5	YMPÄRISTÖASIAT.....	88
6.6	MAANKÄYTÖN SUUNNITTELU	90
6.7	LIIKENNEJÄRJESTELMÄSUUNNITTELU	94
6.8	NELIVAIHEINEN TOIMENPIDEANALYYSI.....	97

7	TAAJAMIEN LIIKENNESUUNNITTELU	98
7.1	TAAJAMIEN LIIKENNESUUNNITTELUN YLEISIÄ PERIAATTEITA.....	98
7.1.1	Yleistä	98
7.1.2	Lähiöperiaate	99
7.1.3	Vyöhykeajattelu	100
7.1.4	Liikenteen erottelu ja sekoittaminen	101
7.2	AUTOLIIKENTEEEN VERKON SUUNNITTELU.....	102
7.2.1	Autoliikenteen verkon tavoitteet.....	102
7.2.2	Autoliikenneverkon jäsentely	102
7.3	KEVYEN LIIKENTEEEN VERKON SUUNNITTELU	105
7.3.1	Kevyen liikenteen verkon vaatimukset.....	105
7.3.2	Kevyen liikenteen verkon jäsentely.....	105
7.4	PYSÄKÖINNIN SUUNNITTELU	107
7.4.1	Pysäköinnin järjestäminen.....	107
7.4.2	Pysäköinnin suunnittelu	108
7.5	TAAJAMIEN JOUKKOLIIKENNE.....	110
7.5.1	Joukkoliikenteen peruskäsitteet ja jaottelu.....	110
7.5.2	Joukkoliikenteen tarve ja merkitys.....	112
7.5.3	Joukkoliikennematkojen kysynnän ominaisuudet.....	114
7.5.4	Joukkoliikennejärjestelmät.....	115
7.5.5	Joukkoliikenteen palvelutaso.....	117
7.5.6	Joukkoliikenteen järjestäminen ja kustannukset.....	119
8	LIIKENTEEEN OHJAUS.....	121
8.1	YLEISTÄ	121
8.2	LIIKENTEEEN OHJAUSSÄÄNNÖSTÖT JA -LAITTEET	121
8.3	LIIKENNEVALOT	122
8.3.1	Liikennevalojen asettamisen tavoitteet.....	122
8.3.2	Liikennevalojen tarve	123
8.3.3	Liikennevalojen ohjaustavat ja periaatteet	124
8.3.4	Liikennevalojen suunnittelu	125
8.4	VIITOITUS JA OPASTUS.....	129
8.4.1	Viitoituksen perusteet.....	129
8.4.2	Viitoitus maanteillä	131
8.4.3	Viitoitus kaupunkialueilla.....	132
8.5	LIIKENTEEEN HALLINTA	133
9	TAVARALIIKENNE- JA KULJETUSJÄRJESTELMÄT	135
9.1	LOGISTIIKAN PERUSKÄSITTEITÄ	135
9.2	LOGISTIIKAN MERKITYS.....	137
9.3	KULJETUSJÄRJESTELMÄ JA ERI KULJETUSMUODOT	139
9.4	TIEKULJETUKSET	142

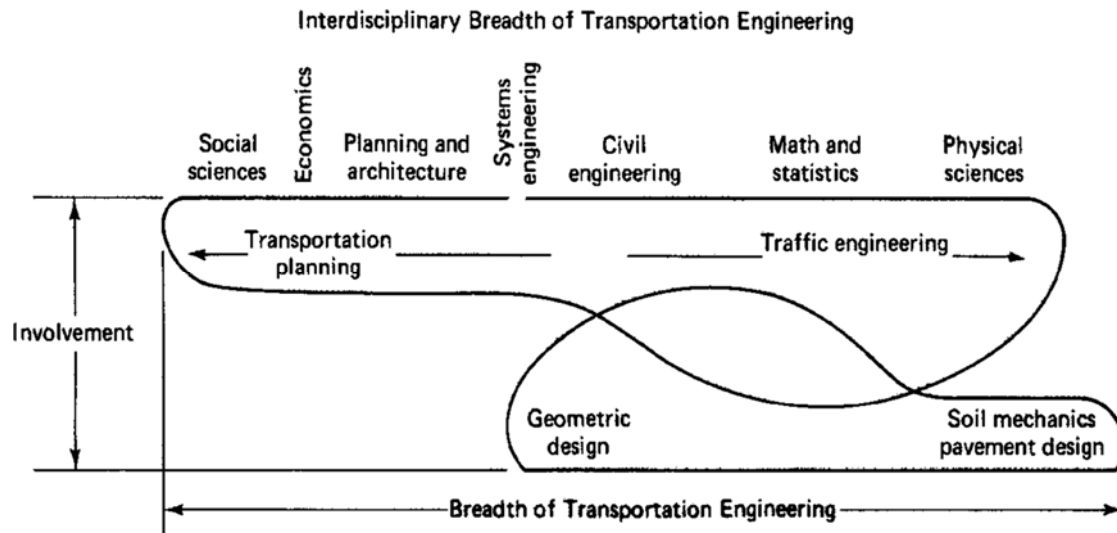
9.4.1	Kuljetusten määrä.....	142
9.4.2	Kalusto	143
9.4.3	Kuljetusyrietykset	144
9.5	RAUTATIEKULJETUKSET	145
9.5.1	Kuljetusten määrä.....	145
9.5.2	Rautatieyrietykset, rataverkko ja kalusto	146
9.6	VESIKULJETUKSET	148
9.6.1	Kuljetusten määrä.....	148
9.6.2	Kalusto	149
9.6.3	Vesiväylät ja satamat.....	151
9.6.4	Kauppamerenkulun toimintamuodot	151
9.7	ILMALIIKENNE	152
9.7.1	Kuljetusten määrä.....	152
9.7.2	Kalusto, lentoasemat ja yrietykset.....	152
10	LIIKENTEEN VAIKUTUKSET	154
10.1	TURVALLISUUSVAIKUTUKSET	154
10.1.1	Liikenneturvallisuustilanne.....	154
10.1.2	Onnettomuusriski ja riskistöt	156
10.1.3	Eri liikennemuotojen turvallisuus.....	158
10.1.4	Tieliikenneonnettomuuksien syyt ja riskitekijät.....	162
10.1.5	Tieliikenneturvallisuuden parantaminen	162
10.2	YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET	167
10.2.1	Yleistä	167
10.2.2	Melu	168
10.2.3	Pakokaasupäästöt	175
10.2.4	Tärinä	181
10.2.5	Muut ympäristövaikutukset.....	182
10.3	TALOUDELLISET VAIKUTUKSET	184
10.3.1	Yleistä	184
10.3.2	Liikennetalouden tarkastelunäkökulmat	185
10.3.3	Kustannukset	185
10.3.4	Hyödyt.....	188
10.3.5	Hankkeiden taloudellinen arviointi	188
	LÄHDELUETTELO	195

1 JOHDANTO

1.1 Liikennetekniikan ala

Liikenne on ihmisten, tavaroiden ja tiedon siirtymistä tai siirtämistä paikasta toiseen. Liikennetekniikan opetus- ja tutkimusalaan sisältyy eri liikennemuotojen henkilö- ja tavaraliikenteen järjestelmien tavoitteenasettelun, toimintojen ja niiden seurausvaikutusten tutkiminen, liikennejärjestelmien yleissuunnittelu ja analysointi sekä liikenteen ohjaus ja hoito. Varsinaisten väylärakenteiden yksityiskohtainen suunnittelu, rakentaminen ja kunnossapito kuuluvat tietekniikkaan, vesiväylien osalta vesirakennukseen. Kaluston suunnittelu kuuluu kuljetusvälinetekniikkaan (auto- ja työkonetekniikka, laivanrakennusoppi, lentotekniikka). Tietoliikennetekniikka kuuluu sähkötekniikan alaan. Liikennetekniikan alaan luetaan myös logistiikka ja kuljetukset, joskin logistiikka yritystalouden näkökulmasta kuuluu tuotantotalouteen.

Tieteenä liikennetekniikka on tyypillinen soveltava tiede, joka käyttää hyväkseen mm. matematiikkaa, todennäköisyyslaskentaa, operaatioanalyysiä, tilastotiedettä, mekaniikkaa, taloustiedettä, psykologiaa ja yhdyskuntasuunnittelua (kuva 1-1).



Kuva 1-1. Liikennetekniikka on poikkitieteellistä (Khisty ja Lall 2003).

Teknilliseen korkeakouluun perustettiin erillinen liikennetekniikan professuuri vuonna 1966. Sitä ennen pääosa opetuksesta kuului tietekniikkaan. Tampereen teknillisen yliopiston teknistä taloudellisessa tiedekunnassa on liikenne- ja kuljetustekniikan professuuri, joka toimii myös perinteisillä liikennetekniikan alueilla. Helsingin yliopistossa on liikennepsykologian professuuri. Liikennetekniikka on ruotsiksi *trafikteknik*, englanniksi *transportation engineering* ja saksaksi *Verkehrstechnik*. Liikennetekniikan professuurin nimenä on ulkomailla joskus myös liikennesuunnittelu (trafikplanering, transportation planning, Verkehrsplanung).

Liikennetekniikka sisältää kaikki eri *liikennemuodot*:

- tie- ja katuliikenne
- rautatieliikenne
- vesiliikenne
- ilmaliikenne.

Liikenne voidaan jaotella monin eri tavoin, esimerkiksi

- sen mukaan, mitä liikutetaan (henkilö- ja tavaraliikenne)
- kulkutavan mukaan (henkilöauto-, linja-auto-, juna-, polkupyörä-, jalankulku-liikenne jne.)
- liikenteen luonteen mukaan (yksityinen ja ammattimainen liikenne)
- kuljetuspalvelun järjestämistavan mukaan (linja- ja tilausliikenne)
- henkilöliikenne käyttömahdollisuuden mukaan (yksityinen ja julkinen liikenne)
- henkilöliikenne kuljetettavien määrän mukaan (yksilöllinen ja joukkoliikenne).

Esimerkiksi taksiliikenne on julkista (kaikkien käytettävissä olevaa), yksilöllistä ja ammatti-
maista tilausliikennettä.

Järjestelmä eli systeemi on monimutkainen toisiinsa liittyvien osien tai asioiden muodostama kokonaisuus (organisoitu fyysisten tai aineettomien tekijöiden joukko), joka vastaa jostakin tehtävästä tai toiminnosta. *Liikennejärjestelmä* on

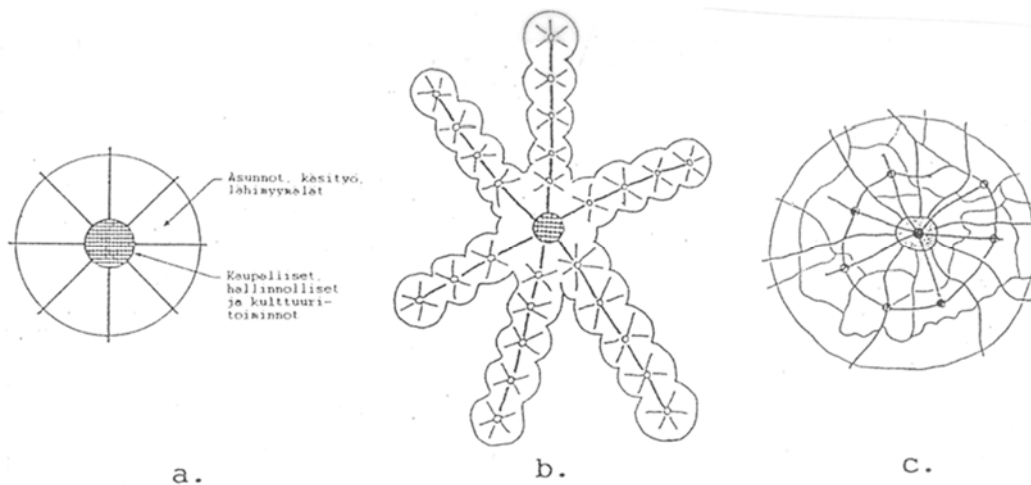
- väylien
- terminaalien
- kaluston
- ohjausjärjestelmän ja
- hoito-organisaation

muodostama kokonaisuus, jonka tehtävänä on vastata tietyn alueen henkilö- ja tavaraliikenteestä. Liikennejärjestelmä voidaan jakaa kiinteään fyysiseen infrastruktuuriin (väylät ja terminaalit) ja liikenteen hoitojärjestelmään (kalusto, ohjausjärjestelmät ja hoito-organisaatiot). Myös fyysinen infrastruktuuri sisältää ohjausjärjestelmään kuuluvia osia, kuten liikenne-
merkit ja -valot.

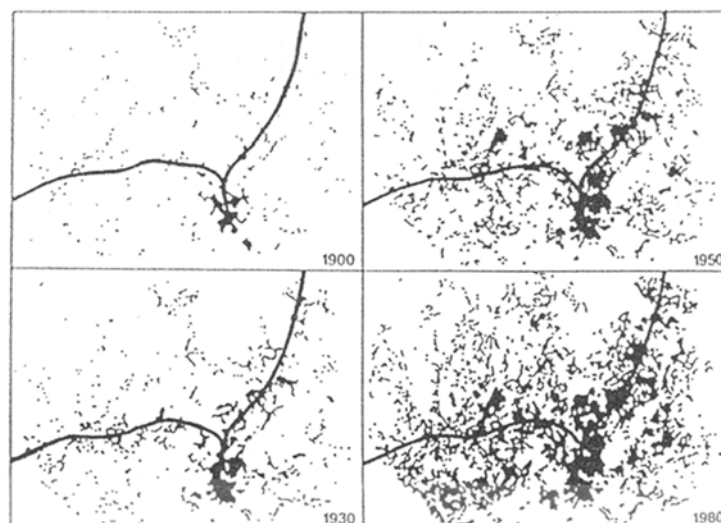
1.2 Liikenne ja yhdyskuntarakenne

Liikenteellä on ja on ollut tärkeä merkitys maankäytön sijoittumiselle ja kaupunkien kehitymiselle. Maanviljelys loi kiinteän asutuksen. Alueiden välille syntyi työnjakoa ja sitä kautta kaupan tarvetta ja liikennettä. Vanhimmat kaupungit syntyivätkin hyvien liikenneyhteyksien varteen kuten jokisuihin, luonnon satamiin ja kauppareittien risteyspaikoille. Toki kaupunkeja syntyi myös muista syistä esim. uskonnollisille kulttipaikoille, hyviin puolustuskohteisiin ja hallintopaikoille. Liikenteelliset näkökohdat synnyttivät myös teollisuuskaupunkeja raaka-
ainealueille, sillä jalostetuotteiden kuljettaminen oli halvempaa kuin raaka-aineen.

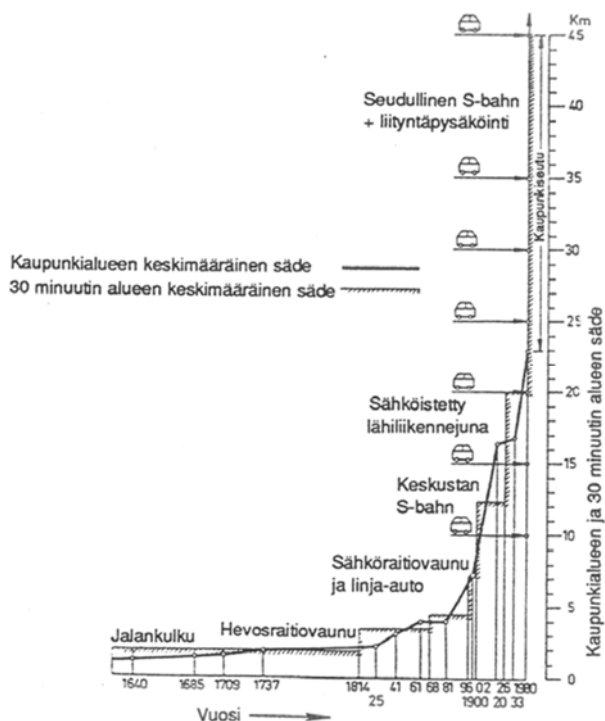
Kaupungin koon rajoittavana tekijänä oli elintarvikehuollon riittävyys. Kaupungin sisäinen liikenne määräsi kaupungin muodon. Kaupunkien laajeneminen on ollut aina riippuvainen liikennejärjestelmän kehittämisestä. Jalankulkuun ja hevosajoneuvoihin tukeutuvat kaupungit pysyivät pieninä (kuva 1-2a). Vasta koneellisten kulkuvälineiden yleistyminen mahdollisti kaupunkien alueellisen kasvun ja toimintojen eriytymisen. Rautatieliikenne kasvatti kaupunkia säteittäisesti raidelinjojen suunnassa (kuva 1-2b). Linja-autoliikenne ja raitiotiet mahdollistivat myös ratojen välialueiden asuttamisen, mutta vasta henkilöautoliikenteen yleistyminen hajautti asutuksen lopullisesti ja mahdollisti kaupungin tasaisemman laajenemisen (kuva 1-2c). Auto on mahdollistanut myös sellaisen hajautumisen, jota ei energiatalous- ja ympäristöistä pidetä toivottavana. Kuvassa 1-3 on kuvattu Helsingin ja kuvassa 1-4 Berliinin kaupunkialueen laajentumista liikennejärjestelmien kehittyessä.



Kuva 1-2. a) Yksinkertainen ympyräkaupunki = jalankulkukaupunki, b) Tähtikaupunki = rautatiekaupunki, c) Autokaupunki (Gunnarsson, Korner 1975).



Kuva 1-3. Pääkaupunkiseudun kaupunkirakenteen muutos 1900–1980. Rautatien vaikutus näkyy vuoden 1930 tilanteessa, autoliikenteen voimakas kasvu vuoden 1950 jälkeen (Lahti ym. 1989).



Kuva 1-4. Berliinin kaupunkialueen koko ja matka-aika keskustaan (Steierwald 1983).

1.3 Liikenteen yhteiskunnallinen merkitys Suomessa

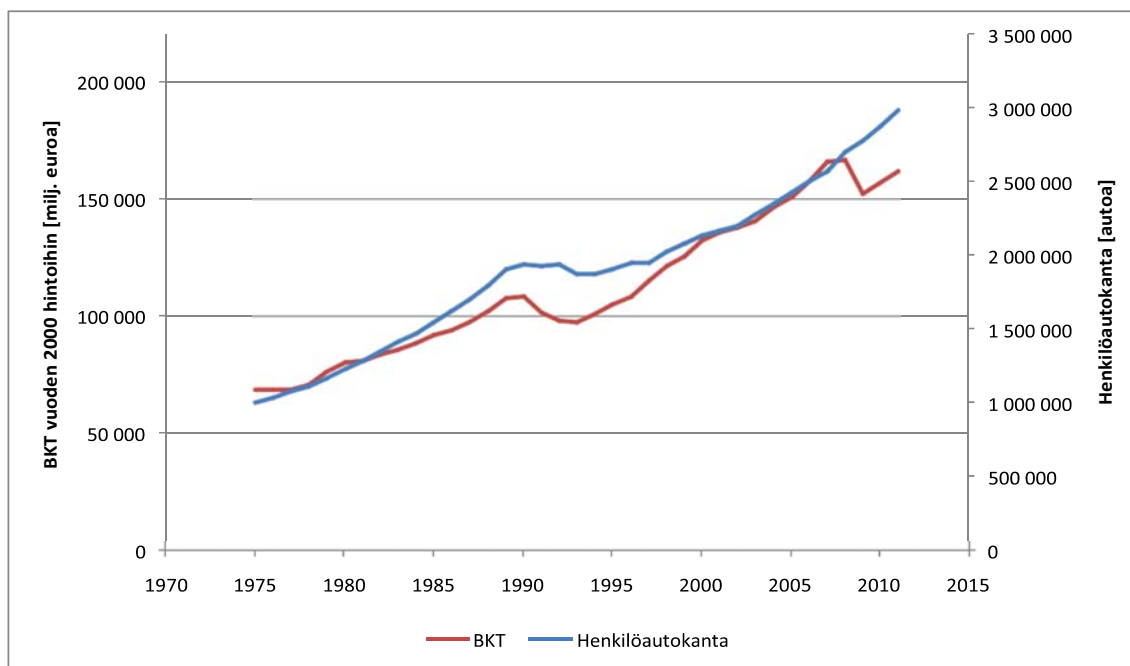
Nykyaikainen yhteiskunta perustuu ihmisten ja yritysten väliseen työnjakoon ja toimintojen (asuminen, työ, palvelut, virkistys) erotteluun, joita ei voida toteuttaa ilman tehokasta liikennejärjestelmää. Toimintojen sijainnin eriytyminen synnyttää liikennettä ja toisaalta hyvät liikenneyhteydet lisäävät eriytymistä.

Suomen kaltainen laaja ja harvaanasuttu maa synnyttää paljon liikkumis- ja kuljetustarpeita. Pitkät etäisyydet aiheuttavat tarpeen kansantaloudellisesti suuriin investointeihin ja kustannuksiin. Suomessa myös etäisyys kansainvälisistä markkinoista on pitkä, mikä vaikuttaa erityisesti yritysten kansainväliseen kilpailukykyyn. Kuljetuskustannusten merkitys tuotteiden loppuhinnassa on suuri.

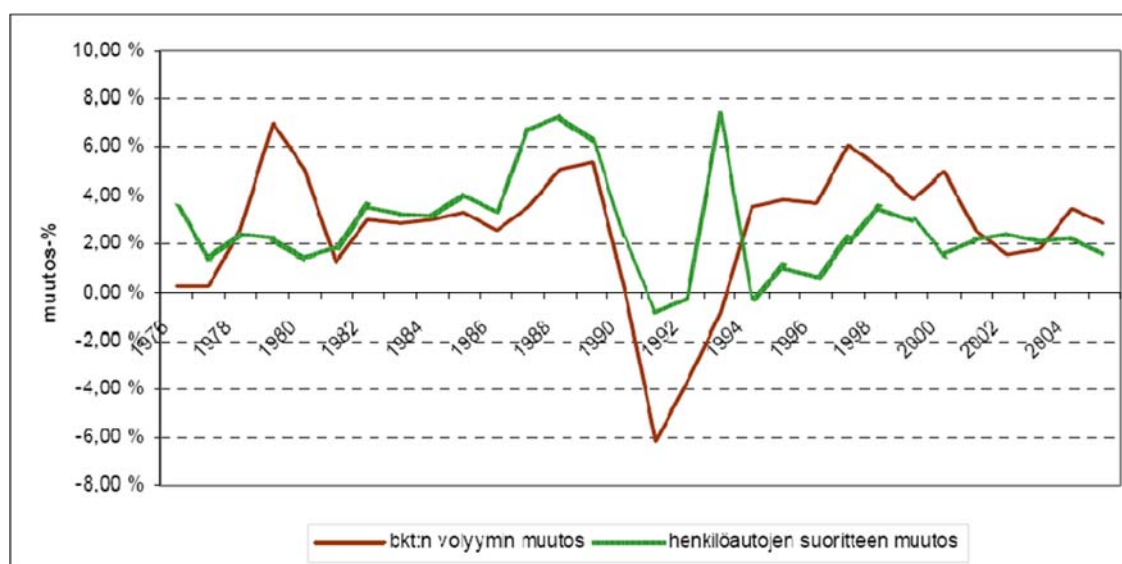
Liikenteen ja taloudellisen kasvun välillä on voimakas positiivinen korrelaatio. Liikenneinvestoinnit ovat tärkeä edellytys taloudelliselle kasvulle. Toisaalta taloudellisen kasvun myötä lisääntyvä tulotaso lisää myös liikennepalvelujen ja liikenneinvestointien kysyntää.

Suomessa bruttokansantuote (bkt) ja henkilöautokanta ovat kasvaneet melko samaa tahtia viime vuosikymmenet (kuva 1-5). Ajanjaksolla 1975–2005 bkt kasvoi keskimäärin 2,6 prosenttia ja henkilöautokanta 3,0 prosenttia vuodessa. 1990-luvun alun lama näkyi notkah-

duksena, mutta kehityskäyrät tavoittivat jälleen toisensa, kun bkt kasvoi voimakkaasti 1990-luvun lopussa. Myös liikennesuoritteen (= tietyn ajoneuvoryhmän tietyssä ajassa yhteensä ajama matka ajoneuvokilometreinä) ja talouskasvun välillä on ollut selvä yhteys. Henkilöautojen suoritteiden kasvu seurasi melko tarkasti bkt:n kasvua 1990-luvun alkuun saakka, mutta on sittemmin reagoinut bkt:n muutoksia vähemmän (kuva 1-6).

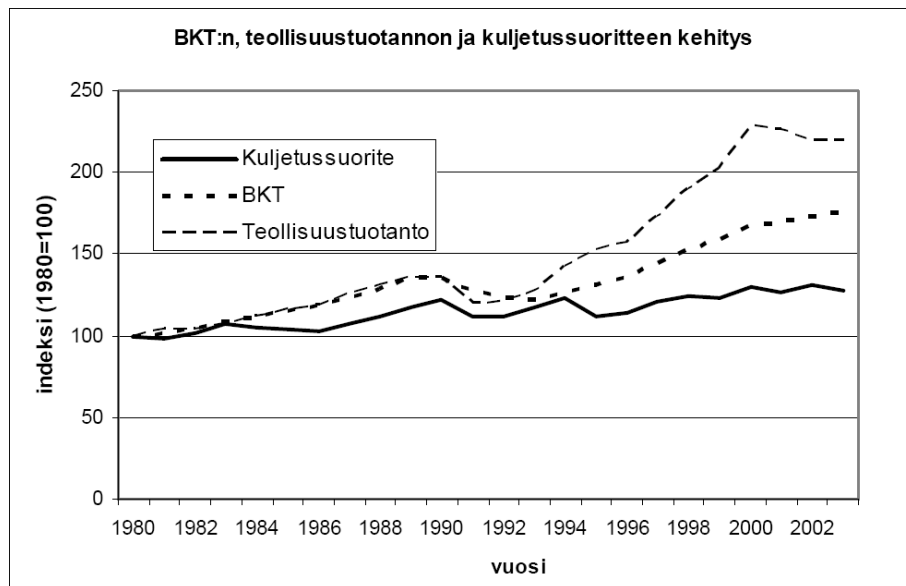


Kuva 1-5. Bruttokansantuotteen ja henkilöautokannan kehitys 1975–2010 (Tilastokeskus 2012).



Kuva 1-6. Bruttokansantuotteen ja henkilöautojen suoritteiden muutos Suomessa 1975–2005 (Pöllänen ym. 2006).

Suomen kotimaan liikenteen *kuljetussuorite* (= kuljetetun tavaramäärän tietyssä ajassa yhteensä kulkema matka tonnikipometreinä) on 1980-luvun jälkeen kasvanut selvästi bruttokansantuotetta ja teollisuustuotantoa hitaammin (*kuva 1-7*). Aikaisemmin kuljetussuoritteiden kehitys on seurannut melko tarkasti mainittujen taloudellisten tunnuslukujen kehitystä. Toinen Suomen erityispiirre on rautatiekuljetusten jatkuva kasvu aivan muutamaa viime vuotta lukuunottamatta. Suomi poikkeaa kuljetusten 1980-luvun jälkeisen kehityksen suhteen muista Euroopan maista, joissa kuljetussuoritteet ovat kasvaneet taloudellista kehitystä nopeammin ja suoritteiden kasvu on kohdistunut lähes yksinomaan tiekuljetuksiin.



Kuva 1-7. Suomen bruttokansantuotteen, teollisuustuotannon ja kotimaan liikenteen kuljetussuoritteiden kehitys vuosina 1980–2002 (Iikkänen ja Kokkarinen 2004).

Liikenteen (kuljetus, varastointi ja tietoliikenne) osuus bruttokansantuotteesta oli Suomessa vuonna 2010 noin 7,8 %. Tämä vastaa noin 12,3 mrd. euron summaa (tästä tietoliikenteen osuus 2,2 mrd. euroa). BKT:een lasketaan mukaan vain ammattimainen liikenne eli liikennepalvelut, joita suoritetaan toisille maksua vastaan. Liikenteellä on myös huomattava työllistävä vaikutus. Liikenne (liikenne ja viestintä) työllistää suoraan noin 171 000 henkilöä (tästä viestinnän osuus 39 000 henkilöä), mikä on 7,0 % koko kansantalouden työllisistä. Liikenne työllistää myös välillisesti suuren joukon ihmisiä.

Suomen liikenneverkko on nykyisellään varsin kattava (*taulukko 1-1*). Valtion ylläpitämiä maanteitä on yhteensä yli 78 000 km ja kaupunkien ja kuntien ylläpitämiä katuja ja teitä on noin 28 500 km. Yksityisteitä, joihin luetaan mukaan myös metsäautotiet, on arvioiden mukaan noin 350 000 km. Rautateitä Suomessa on yli 5 900 km. Myös satama- ja lentoasemaverkko on varsin laaja ja sijoittunut alueellisesti melko tasaisesti.

Suomen ajoneuvokanta kasvaa tasaisesti. Vuoden 2018 lopussa Suomessa oli noin 3,5 miljoonaa henkilöautoa. Henkilöautokanta ikääntyy ja keski-ikä on nykyisellään manner-

Suomessa noin 11,9 vuotta. Ikääntyminen vaikuttaa negatiivisesti sekä autojen päästöihin että liikenneturvallisuuteen. Polkupyöriä Suomessa on yli 3 miljoonaa.

Taulukko 1-1. Suomen liikennejärjestelmän laajuus vuonna 2010.

Tie liikenne		Raideliikenne		Vesiliikenne		Ilmaliikenne	
<i>Tie- ja katuverkko</i>	<i>km</i>	<i>Liikenneverkko</i>	<i>km</i>	<i>Vesiväylät</i>	<i>km</i>		
Maantiet	78 162	Rautatien ratapituus	5 919	Rannikolla	10 073		
Kuntien kadut ja tiet	28 531	Raitiotien linjapituus	91	Sisävesillä	9 747		
Yksitystiet	~350 000	Metron linjapituus	21				
<i>Liikennevälineet</i>	<i>kpl</i>	<i>Liikennevälineet</i>	<i>kpl</i>	<i>Kauppalaivasto</i>	<i>kpl</i>	<i>Siviili ilma-alukset</i>	<i>kpl</i>
Henkilöautot	2 877 484	Dieselveturit	224	Matkustaja-alukset	204	Liikennekoneet	94
Pakettiautot	347 258	Sähköveturit	156	Matkustaja-autolautat	39	Helikopterit	95
Kuorma-autot	117 150	Sähkömoottorivaunut	152	Säiliöalukset	15	Muut moottorikoneet	573
Linja-autot	13 650	Muu vetokalusto	112	Kuivalastialukset	113	Purjelentokoneet	403
Erikoisautot	12 646	Henkilövaunut	1 071	Muut alukset	299	Muut ilma-alukset	379
Moottoripyörät	226 877	Tavaravaunut	10 464				
Mopot	259 889	Raitiovaunut	132				
Perävaunut	904 350	Metrovaunuparit	54				
<i>Asemat</i>	<i>kpl</i>	<i>Asemat</i>	<i>kpl</i>	<i>Satamat, kanavat</i>		<i>Asemat</i>	<i>kpl</i>
Linja-autoasemat	48	Rautatieliikennepaikat	350	Rannikkosatamat ¹	32	Lentoasemat	27
Tavaralinjaliikenteen terminaalit	125	Metroliikenneasemat	17	Sisävesisatamat ¹	5		
				Valtion sulkukanavat	39		
				Merimajakat	49		

¹ liikenne yli 100 000 tonnia vuodessa

Liikennejärjestelmien edellyttämän infrastruktuurin kehittäminen ja ylläpito on pääosin yhteiskunnan (valtio ja kunnat) vastuulla. Suomen liikenneinfrastruktuurin pääoma-arvo on yhteensä noin 30 mrd. euroa, siitä valtion hallinnoiman infrastruktuurin osuus on noin 19 mrd. euroa. Vuonna 2018 liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan osuus valtion tilinpäätöksestä oli 6,2 % eli noin 3,4 mrd. euroa. Hallinnonaloittain suurimmat menot olivat valtiovarainministeriöllä (31,2 %), sosiaali- ja terveysministeriöllä (26,2 %) ja opetus- ja kulttuuriministeriöllä (11,9 %), liikenne- ja viestintäministeriö oli järjestyksessä neljäs.

Valtio saa tuloja liikenteestä veroina ja maksuina. Valtio perii sekä yleisiä veroja (arvonlisävero, vakuutusmaksuvero) että erityisveroja (auto- ja moottoripyörävero, ajoneuvovero, polttoainevero). Tuotetuista liikennepalveluista peritään maksuja: rautatieliikenteestä peritään ratamaksua, merenkulun osalta peritään väylämaksuja ja luotsausmaksuja ja lentoliikenteestä peritään maksuja. Liikennemenot rahoitetaan budjetissa yleisistä verovaroista eli liikenteeltä koottuja veroja ja maksuja ei meillä kohdenneta suoraan liikennemenojen kattamiseen. Vuonna 2010 valtio sai tuloja tieliikenteestä yhteensä noin 6,6 mrd. euroa, joka on noin 20 % valtion veroista ja maksuista. Valtion tieliikennemenot olivat puolestaan noin 1,0 mrd. euroa. Tieliikenteen verotusta on viime vuosina pyritty ohjaamaan auton hankinnasta käytön verottamiseen, mutta muuten verotusta koskevat päätökset on tehty fiskaalisin eikä niinkään liikennepoliittisin perustein.

Vuonna 2013 kuntien menot liikenneväylien rakentamisesta ja kunnossapidosta olivat 1,7 mrd. euroa, satamista 0,2 mrd. euroa ja joukkoliikenteestä 0,6 mrd. euroa. Liikennemenojen osuus kuntien kokonaismenoista on noin 6 %. Kunnat kattavat menonsa pääasiassa kunnallisverotuloilla, valtionosuuksilla, käyttötalouden maksuilla ja myyntituloilla.

Liikenteen osuus energian kokonaiskulutuksesta oli vuonna 2010 noin 16 %. Ajoneuvo-kohtainen energiankulutus kuitenkin pienenee jatkuvasti. Vaikka liikennemäärien kasvu lisää kokonaiskulutusta, niin parantunut energiatehokkuus toisaalta vähentää sitä. Toistaiseksi liikenne on lähes täysin riippuvainen öljyenergiasta. Vaihtoehtoiset energianlähteet, kuten sähkö ja kaasu, eivät vielä ole saavuttaneet suurta suosiota. Liikenteen osuus öljytuotteiden käytöstä on noin 46 %.

Liikenteestä aiheutuu myös useita ei-toivottuja seurauksia. Liikenne on energiantuotannon ohella suurin kaasumaisten päästöjen lähde Suomessa. Vuonna 2010 liikenteen osuus kokonaispäästöistä oli hiilimonoksidin (CO) osalta n. 59 %, haihtuvien hiilivetyjen (NMVOC) 30 %, typen oksidien (NO_x) 45 %, hiukkasten 10 %, rikkidioksidin (SO₂) 2 % ja hiilidioksidin (CO₂) 23 %. Liikenteen päästöistä valtaosa aiheutuu tieliikenteestä. Tieliikenne on myös merkittävin elinympäristömme melulähteistä. Vuonna 2004 tehdyn selvityksen mukaan maanteiden yli 55 dB melualueilla asuu koko Suomessa noin 350 000 ihmistä ja katujen melualueilla 405 900 henkeä. Lisäksi rautatieliikenteen melualueilla asuu 48 500 henkeä ja lentoliikenteen melualueilla 22 800 henkeä. Kaikkiaan liikennemelulle altistuu lähes 830 000 suomalaista. Päästöjen ja melun torjunta aiheuttaa vuosittain huomattavia kustannuksia.

Kansantaloudellisesti merkittävä kustannuserä aiheutuu myös liikenneonnettomuuksista ja niiden torjunnasta. Vuosittain liikenteessä kuolee kolmisensataa henkilöä. Esimerkiksi vuonna 2010 henkilövahinkoon johtaneita tieliikenneonnettomuuksia tapahtui 6 072 kappaletta, ja niissä kuoli 272 ja loukkaantui 7 673 henkilöä. Kaikkiaan tieliikenneonnettomuuksia tapahtuu poliisin tilastojen mukaan noin 34 000 kpl vuosittain, mutta onnettomuuksien todellinen määrä on yli kaksinkertainen, sillä vain osa onnettomuuksista tulee poliisin tietoon. Onnettomuuskustannukset muodostuvat reaalityaloudellisista menetyksistä ja ns. hyvinvoinnin menetyksistä. Liikennevirastossa maanteiden onnettomuuksille on määritelty keskimääräiset hinnat. Vuonna 2013 kuolemaan johtaneen onnettomuuden hinnaksi arvioitiin 2 911 100 euroa, vammautumiseen johtaneen onnettomuuden 439 900 euroa ja omaisuusvahinkoon johtaneen onnettomuuden 3 200 euroa.

Liikenne muodostaa myös huomattavan menoerän yksityisten ihmisten taloudessa. Liikkuvuuden kasvun myötä liikennemenot ovat kasvaneet sekä absoluuttisesti että suhteellisesti. Vuosina 1960–1990 liikkuvuus kasvoi noin nelinkertaiseksi, samalla liikenteen osuus yksityisistä kulutusmenoista kaksinkertaistui. Kulutustutkimuksen mukaan kotitaloudet käyttivät vuonna 2012 liikenteeseen noin 17 % kulutusmenoistaan. Jos mukaan lasketaan myös muita liikenteeseen liittyviä menoja, kuten ajoneuvojen vakuutusmaksut, autonkäyttömaksut ja liikennesakot, osuus on pari prosenttia suurempi. Tietoliikenteeseen käytettiin noin 3 % menoista. Liikennemenoja enemmän rahaa käytettiin vain asumiseen ja energiaan (27 %). Elintarvikemenot olivat samaa suuruusluokkaa liikennemenojen kanssa. Suurin osa liikennemenoista liittyy oman auton ostoon ja käyttöön, ja vain noin 10 % liikennemenoista kuluu ostettuihin kuljetuspalveluihin.

1.4 Liikennemuotojen työnjako Suomessa

1.4.1 Päivittäisen liikkumisen tunnusluvut

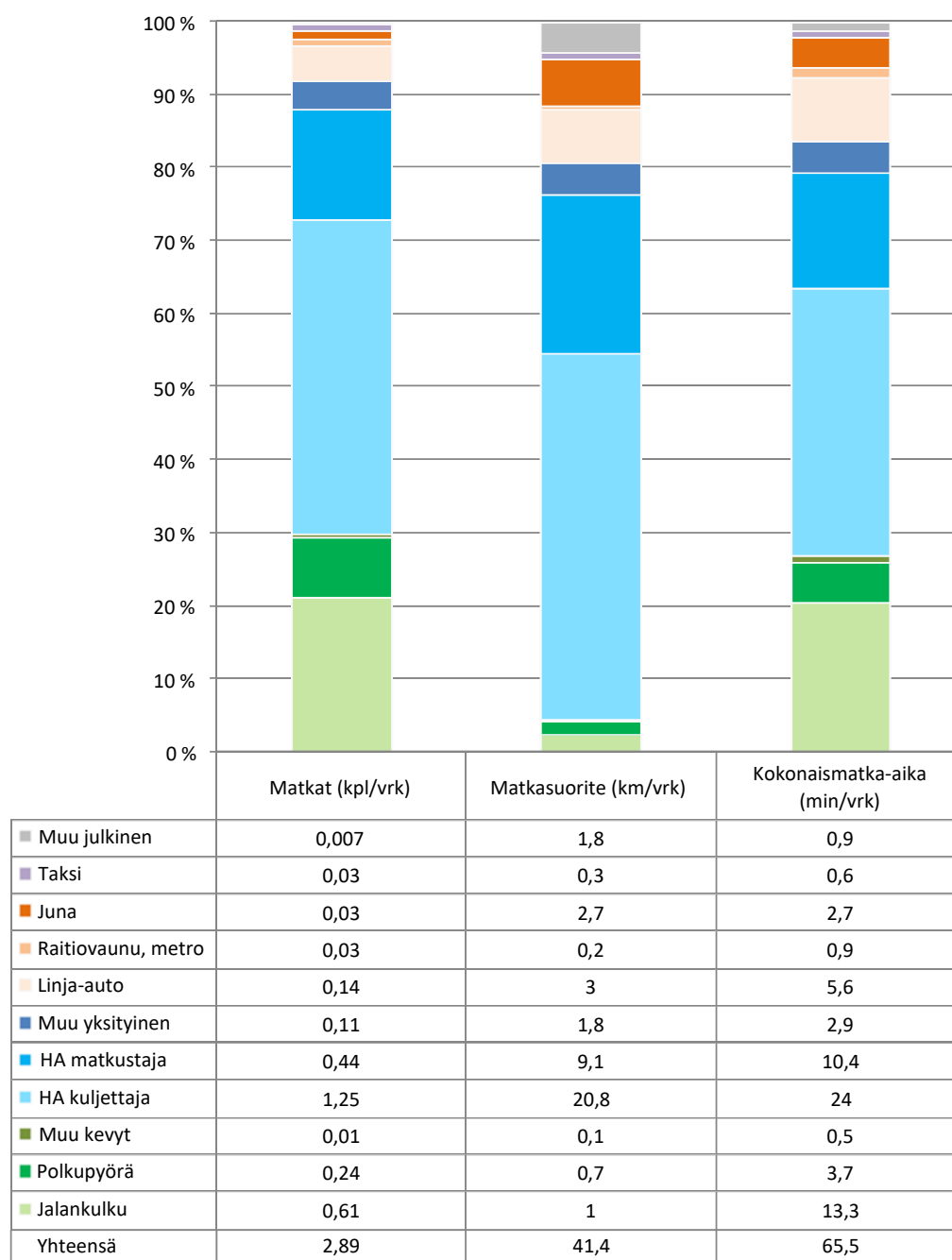
Suomessa on tehty valtakunnallinen henkilöliikennetutkimus säännöllisesti noin kuuden vuoden välein, eli vuosina 1974, 1980, 1986, 1992, 1998–1999, 2004–2005, 2010–2011 ja 2016. Tutkimuksen tavoitteena on luoda yleiskuva suomalaisten liikkumisesta ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Sen avulla selvitetään mm. matkojen kokonaismäärät, kestot, pituudet, käytetyt kulkutavat ja matkojen syyt ja arvioidaan liikkumisen ajallisia ja alueellisia eroja ja eroja eri väestöryhmien liikkumisessa. Tuloksia hyödynnetään liikennettä koskevassa päätöksenteossa, liikenteen ja maankäytön suunnittelussa sekä erilaisissa liikenteeseen ja maankäyttöön liittyvissä tutkimuksissa. Koska tutkimusmenetelmät ja tarkasteltavat väestöryhmät ovat muuttuneet, eri vuosien tutkimustuloksista ei voida tehdä suoria johtopäätöksiä liikkumisen kehittymisestä. *Taulukkoon 1-2* on koottu eri vuosien tutkimusten keskeisiä päivittäistä liikkumista kuvaavia tunnuslukuja Suomen rajojen sisällä. Päivittäisten matkojen määrä on pysynyt jokseenkin vakiona. Aiempi jatkuva suoritteen kasvu on nyttemmin tasoittunut kotimaan matkoilla. Uusimman tutkimuksen mukaan (yli 6-vuotiaat) suomalaiset tekevät henkeä kohti noin 3 kotimaan matkaa/vrk, kulkevat niillä noin 41 km/vrk ja käyttävät näihin matkoihin noin 66 minuuttia/vrk.

Taulukko 1-2. Kotimaan matkojen tunnusluvut eri vuosien henkilöliikennetutkimuksissa. (Liikennevirasto 2018).

	Keskiarvo							
	Postikysely				Puhelinhaastattelu			Moni- menetelmä
	13–64-vuotiaat			18–70- vuotiaat	6 vuotta täyttäneet			
Matkakäsite	1974	1980	1986	1992	1998– 1999	2004– 2005	2010– 2011	2016
Matkaluku (matkaa/hlö/vrk)	2,96	3,14	3,12	2,97	2,86	2,86	2,89	2,73
Matkasuorite (km/hlö/vrk)	36,1	38,5	41,9	51,2	39,6	41,8	41,4	40,7
Kokonaismatka-aika (min/hlö/vrk)	73,0	70,3	71,4	76,9	69,8	70,8	65,5	73,4
Matkan keskipituus (km/matka)	12,3	12,2	13,4	17,2	13,8	14,6	14,3	14,9
Matka-ajan keskiarvo (min/matka)	24,7	22,4	22,9	25,8	24,4	24,7	22,7	26,9

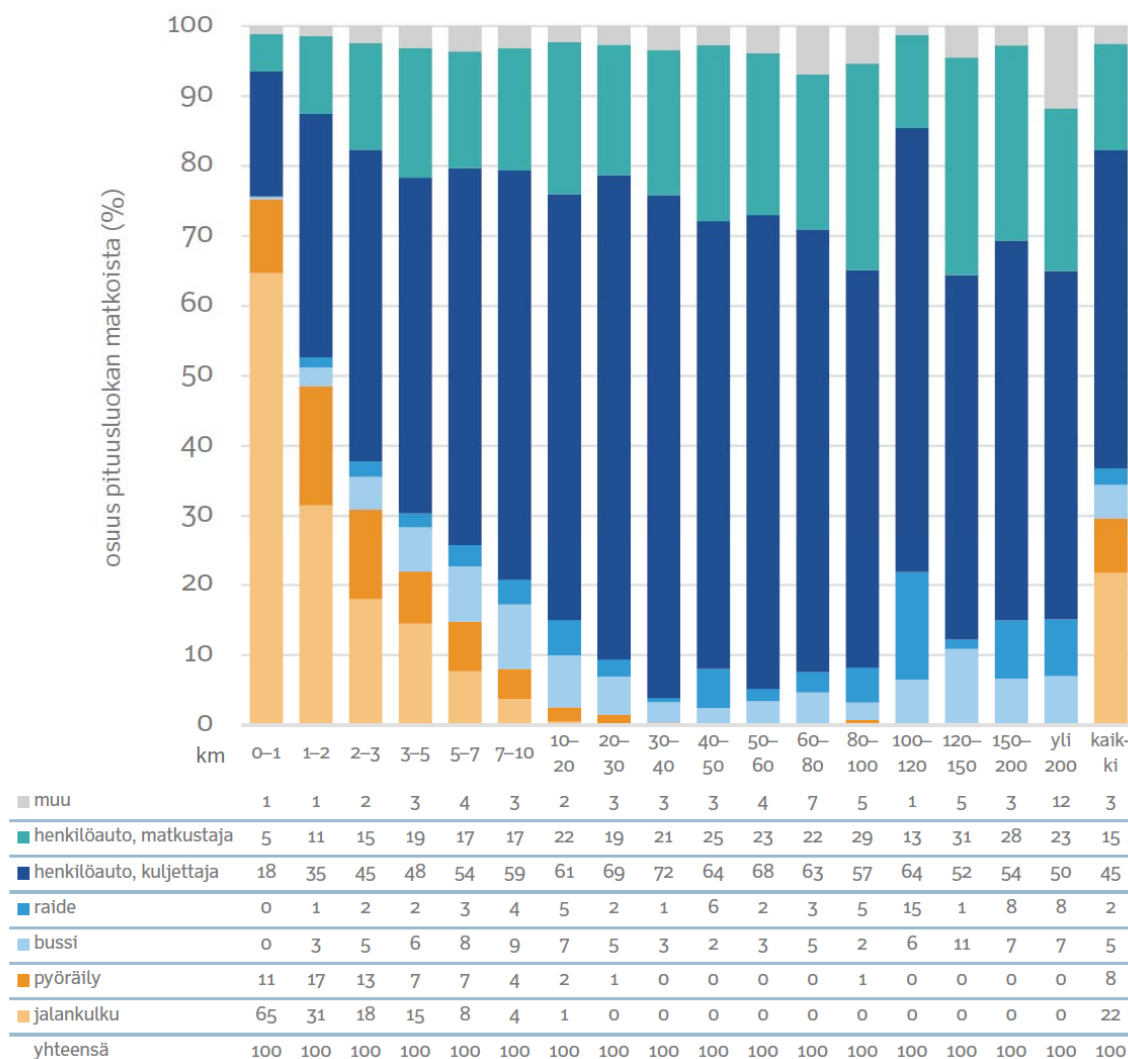
Huom! Tulokset eivät ole täysin vertailukelpoisia, sillä tutkimusmenetelmät ja otos ovat muuttuneet. Vuosien 1998–1999, 2004–2005 ja 2010–2011 tulokset ovat kuitenkin varsin vertailukelpoisia.

Kuljutapajakaumalla tarkoitetaan eri kulkutapojen osuutta kokonaismäärästä esimerkiksi matkojen lukumäärän, suoritteen ja matka-ajan suhteen (kuva 1-8). Henkilöauto on suosituin kulkutapa kaikilla tavoin mitattuna. Kevytliikenne (jalankulku + pyöräily) on toiseksi yleisin kulkutapa matkojen lukumäärän ja matka-ajan mukaan. Sitä vastoin suoritteen mukaan linja-auto on toiseksi yleisin kulkutapa.



Kuva 1-8. Kotimaassa tehtyjen päivittäisten matkojen matkaluvut, matkasuoritteet ja kokonaismatka-ajat pääasiallisen kulkutavan mukaan vuoden 2010–2011 henkilöliikennetutkimuksessa, yli 6-vuotiaat (Liikennevirasto 2012).

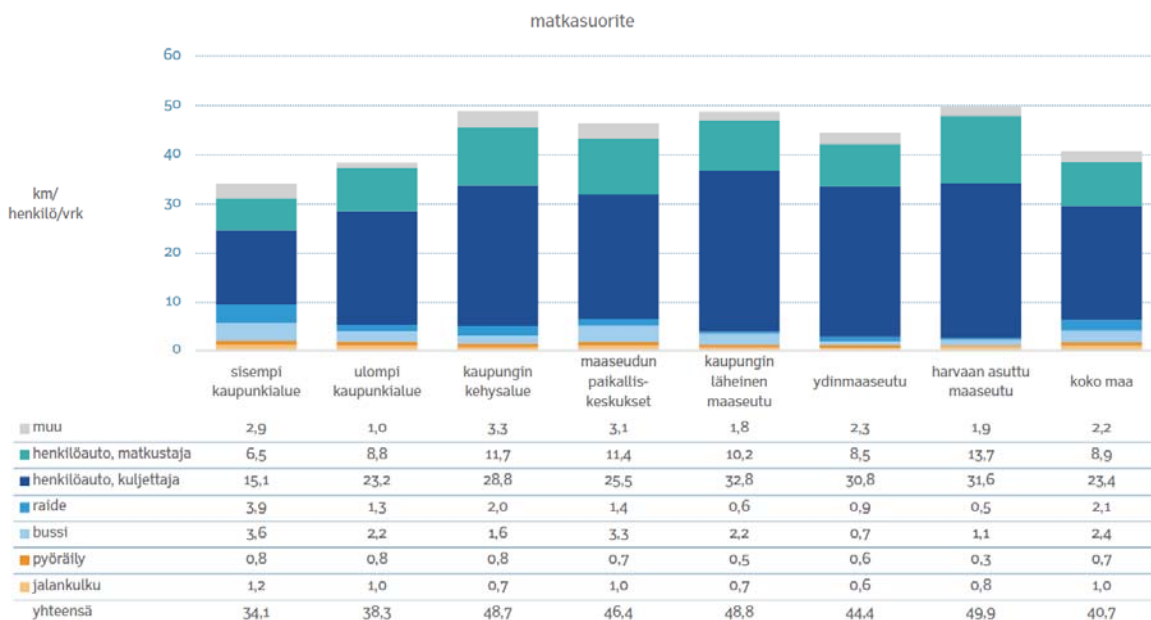
Kulikutavalla ja matkanpituudella on selvä yhteys (kuva 1-9). Kevyt liikenne keskittyy lyhyille matkoille, mutta jo 1–3 kilometrin matkoista yli puolet on henkilöautomatkoja. Henkilöauto menettää osuuttaan matkan pidentessä, mutta se on hallitseva kulkutapa 600 km:n matkoille saakka. Junan osuus kasvaa selvästi yli 150 km matkoilla ja lentokoneen osuus yli 300 km matkoilla.



Kuva 1-9. Päivittäisten matkojen kulkutapaosuudet (%) matkan pituuden mukaan vuoden 2016 henkilöliikennetutkimuksessa (Liikennevirasto 2018).

Liikkumisessa on merkittäviä eroja erityyppisten alueiden välillä. Taajamissa asuvat tekevät kotimaan matkoja henkeä kohti jonkin verran enemmän kuin haja-asutusalueella asuvat, mutta matkat ovat keskimäärin lyhyempiä. Matkasuorite on suurin haja-asutusalueella asuvilla ja pienenee mitä suuremmassa taajamassa asuvista on kyse (lukuun ottamatta kaikkein suurimpia taajamia). Haja-asutusalueen ja pienten taajamien asukkaiden suuri liikkumistarve johtuu pitkistä etäisyyksistä palveluihin ja työpaikkoihin.

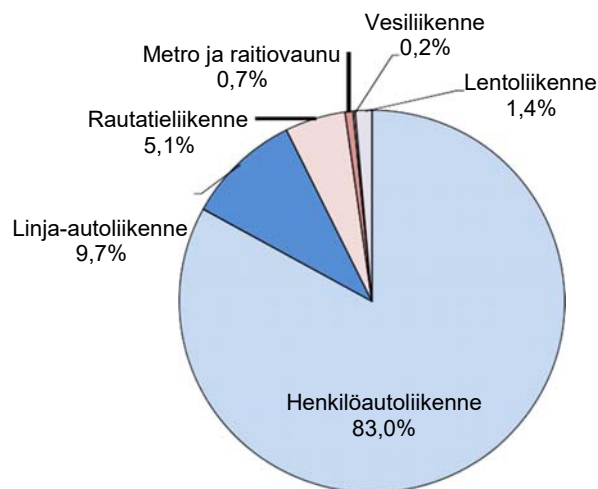
Matkasuorite on sitä suurempi, mitä kauemmaksi keskuksista mennään (kuva 1–10). Autovyöhykkeellä asuvien matkasuorite lähestyy jo haja-asutusalueen kylissä asuvien matkasuoritetta. Alakeskuksissa asuvien liikkumistarve on kaikkein vähäisin. Kevyen liikenteen osuus on suurin keskustan jalankulku- ja reunavyöhykkeellä asuvilla.



Kuva 1-10. Eri yhdyskuntarakenteen vyöhykkeillä asuvien kotimaan matkasuorite kulkutavoittain (Liikennevirasto 2018).

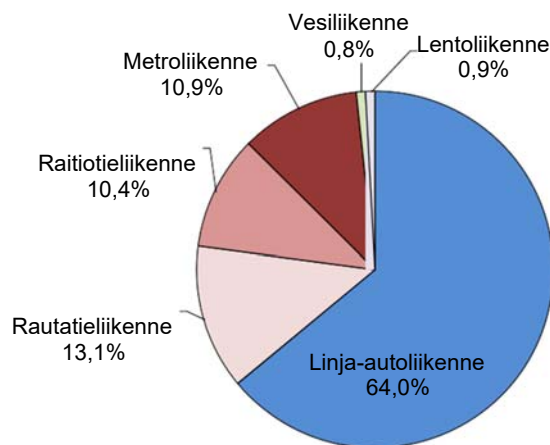
1.4.2 Kotimaan henkilöliikenne

Viime aikoina henkilöliikenteelle on ollut ominaista tieliikenteen jatkuva kasvu. Kun muut liikennemuodot ovat puolestaan kasvaneet selvästi vähemmän, on seurauksena ollut tieliikenteen suhteellisen osuuden nousu jo 93 %:iin koko henkilöliikennesuoritteesta eli henkilökilometreistä (hlökm = henkilön siirtyminen kilometrin matkan). Henkilöautoliikenne kattaa yksinäänkin jo 83 % henkilöliikenteestä. Myös linja-autoliikenteen osuus on rautatieliikenteen osuutta suurempi (kuva 1-11). Joukkoliikenteen matkustajamäärissä linja-autoliikenteen osuus on hallitseva (kuva 1-12).



**Kotimaan henkilöliikennesuorite vuonna 2010
yhteensä 78,0 mrd. hlökm**

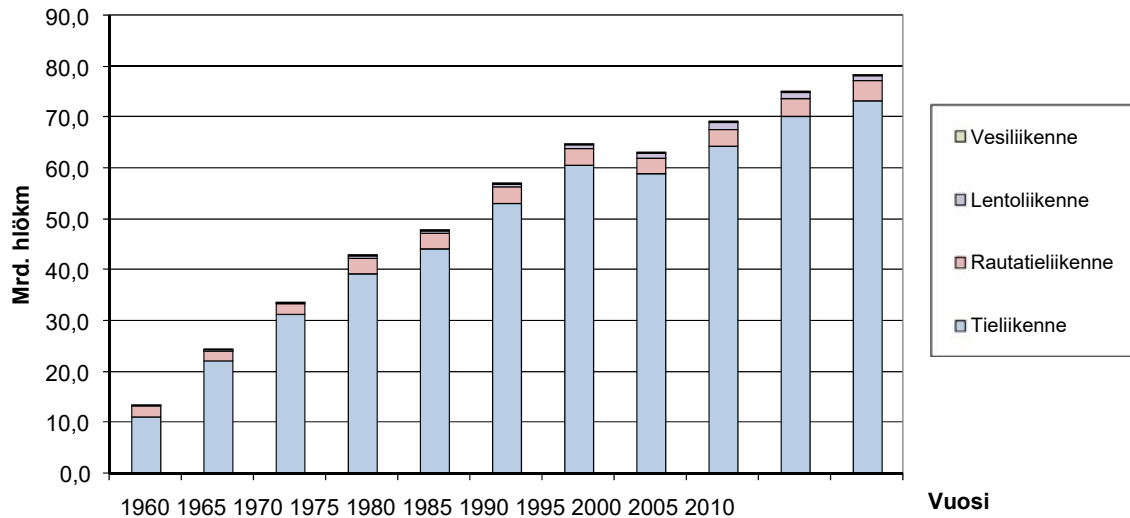
Kuva 1-11. Kotimaan henkilöliikennesuorite vuonna 2010 (Tilastokeskus 2011a).



**Kotimaan joukkoliikenteen matkustajat vuonna 2010
yhteensä 525,6 milj. matkustajaa**

Kuva 1-12. Kotimaan joukkoliikenteen matkustajat vuonna 2010, linja-autoliikenteen osalta ennakkotieto (Tilastokeskus 2011a).

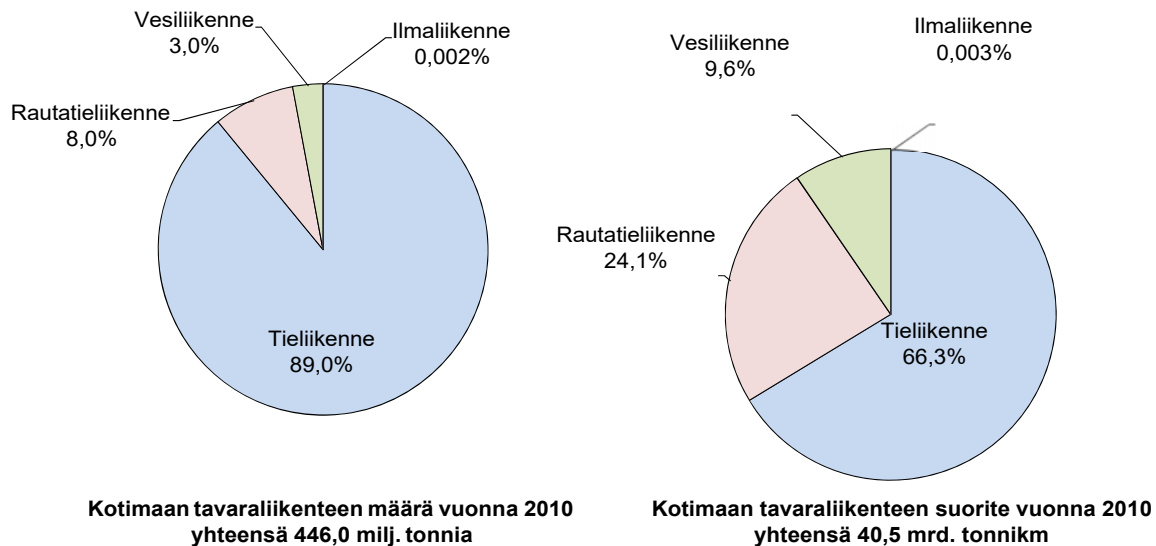
Henkilöliikenteen kokonaissuorite on kasvanut viime vuosikymmeninä erityisesti 1960-luvulla voimistuneen henkilöautoistumisen seurauksena. (kuva 1-13). Taloudelliset laskusuhdanteet ovat hetkellisesti hidastaneet kasvua, joka kuitenkin edelleen jatkuu.



Kuva 1-13. Kotimaan henkilöliikennesuoritteiden kehitys 1960–2010 (Tilastokeskus 2011a).

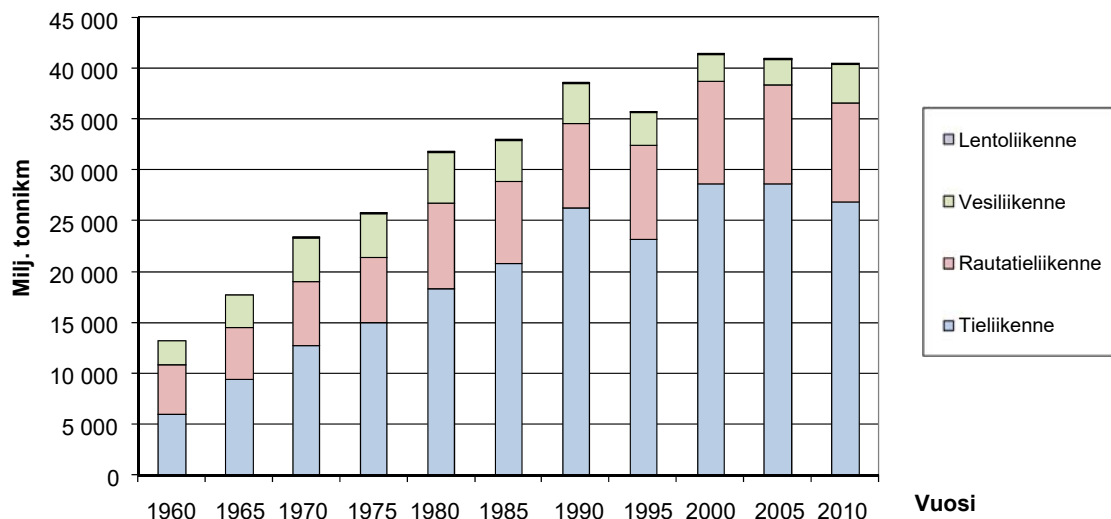
1.4.3 Kotimaan tavaraliikenne

Myös tavaraliikenteessä tieliikenteen osuus on kasvanut hallitsevaksi (kuva 1-14). Vuonna 2010 tieliikenteen osuus kuljetetusta tavaramäärästä eli tonneista oli 89 % ja tavarankuljetussuoritteesta eli tonnikipometreistä 66 % (tonnikm = tonnin suuruisen tavaramäärän siirtäminen kilometrin matkan). Tieliikenteeseen verrattuna sekä rautatie- että vesikuljetukset ovat menettäneet suhteellista osuuttaan vaikka volyymit ovatkin kasvaneet. Tieliikenteessä on täysperävaunullisten kuorma-autojen osuus kuljetuksista kasvanut.



Kuva 1-14. Kotimaan tavaraliikenteen määrä ja suorite vuonna 2010. Rautatieliikenne sisältää myös kansainvälisen liikenteen Suomen rajojen sisällä (Tilastokeskus 2011a).

Tavaraliikenteen kasvu on ollut jatkuvaa ja 1960-luvulla se oli erityisen nopeaa. Kasvu oli suurta myös 1970-luvun loppupuoliskolla (*kuva 1-15*). 1990-luvun alun taloudellinen lama kuitenkin käänsi kuljetussuoritteiden muutamaksi vuodeksi laskuun. Kasvu jatkui taas laman taituttua, mutta aivan viime vuosina suorite on hieman laskenut.



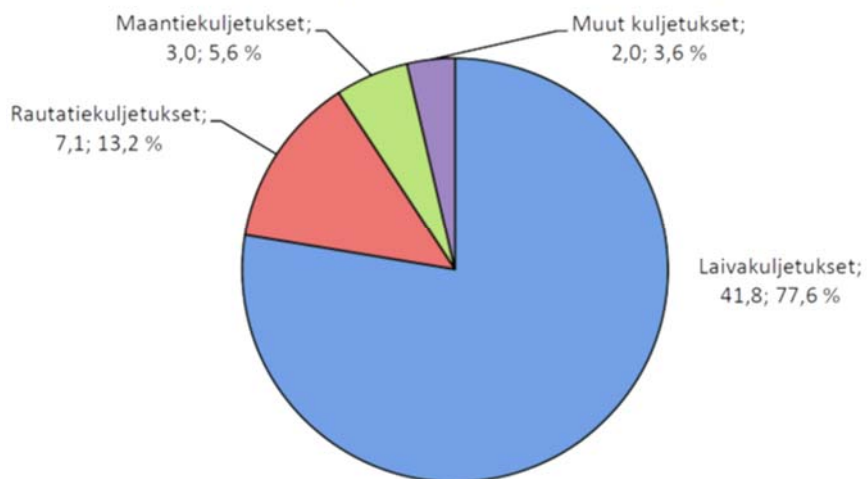
Kuva 1-15. Kotimaan tavaraliikenteen kuljetussuorite 1960–2010 (Tilastokeskus 2011a).

Kuljetusmuodot eivät juurikaan kilpaile keskenään, vaan ne toimivat ominaiskäyttöalueillaan. Useasti ne muodostavat toisiaan täydentäviä kuljetusketjuja. Kuljetusmuoto määräytyy osittain kuljetettavan tavarantoiminnan laadun ja matkan pituuden mukaan. Valtaosa kuorma- autokuljetuksista on alle 40 km pitkiä ja usein jakelu- tai keräilykuljetuksia. Suurivolyymiset raskaat massakuljetukset ja todella pitkämatkaiset kuljetukset tehdään rautateitse.

1.4.4 Kansainvälinen liikenne

Kansainvälinen liikenne kattaa Suomen ja ulkomaiden välisen liikenteen sekä kauttakululiikenteen (eli transiton). Henkilöliikenteessä kansainvälisen liikenteen matkoja tehdään eniten Suomen ja Ruotsin välillä maitse ja meritse. Kansainvälisen vesiliikenteen matkustajamäärä oli vuonna 2010 17,4 milj. matkustajaa. Lentoliikenteessä kansainvälisiä matkoja tehtiin 12,0 miljoonaa (saapuneet, lähteneet ja vaihtomatkustajat). Ulkomaan tavarankuljetukset tehdään pääosin vesitse (*kuva 1-16*), vuonna 2010 vesiliikenteen osuus tonneista oli 83 %. Lentoliikenteen osuus oli tonneista vain 0,09 %, mutta rahassa mitattuna 8 %. Vuonna 2010 Suomen kautta kulki tavaraa transitona maanteitse 2,1 milj. tonnia, rautateitse 4,8 milj. tonnia ja meritse 7,4 miljoonaa tonnia.

Kuvio 2. Tuontikuljetukset kuljetusmuodon mukaan (milj. tonnia; osuus %)



Kuvio 1. Vientikuljetukset kuljetusmuodon mukaan (milj. tonnia; osuus %)



Kuva 1-16. Tuonti ja vienti liikennemuodoittain vuonna 2015, ilman transitokuljetuksia. (Tullihallitus 2016).

2 LIIKENNEHALLINTO JA LIIKENNEPOLITIikka

2.1 Valtion liikennehallinto

2.1.1 Yleistä

Liikennehallinnossa on ylimpänä *eduskunta*, joka säätää lait ja päättää vuosittain valtion tulo- ja menoarviosta. Liikennelainsäädännössä määritellään tehtävät valtion liikennehallinnolle ja kunnille. Lisäksi määritellään, miten liikenneverkkoa tulee pitää, miten liikennettä tulee hoitaa, millaista kaluston tulee teknisesti olla, miten liikenteessä tulee toimia, mitä maksuja ja veroja voidaan periä jne. Myös muu lainsäädäntö, kuten rakennus- ja ympäristölainsäädäntö vaikuttaa liikenteeseen suoraan tai epäsuorasti. *Valtioneuvosto* antaa asetuksia, määräyksiä ja ohjeita sekä valmistelee tulo- ja menoarvioesityksen.

Liikennehallinnon yleisviranomainen on *liikenne- ja viestintäministeriö*. Ministeriö valmistelee lakeja, asetuksia ja päätöksiä, joita tehdään eduskunnassa, valtioneuvostossa ja presidentin esittelyssä. Ministeriö tekee myös itse säädöskokoelmassa julkaistavia päätöksiä ja määräyksiä sekä antaa ohjeita ja määräyksiä lakien soveltamisesta. Ministeriö osallistuu myös aktiivisesti EU-yhteistyöhön, sillä suuri osa alan säädöksistä valmistellaan EU:ssa. Myös muissa ministeriöissä tehdään liikennettä koskevia päätöksiä. Varsinkin kaavoitus- ja ympäristöasiat ovat tärkeitä liikennettä suunniteltaessa. Ne kuuluvat *ympäristöministeriön* hallinnonalaan.

2.1.2 Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala

Liikenne- ja viestintäministeriön toimialaan kuuluvat kaikki henkilö- ja tavaraliikenteen muodot sekä kohde- ja joukkoviestintä. Liikenne- ja viestintäministeriö ohjaa, valvoo ja yhteensovittaa maantie-, rautatie-, lento- ja sisävesiliikennettä sekä merenkulkua. Viestinnän puolella toimiala ulottuu teletoimintaan, postitoimintaan, Yleisradioon, paikallisradioihin, kaapelilähetys- ja satelliittitoimintaan sekä lehdistöön. Myös ilmatieteellinen tutkimus, sääpalvelu sekä merentutkimus kuuluvat ministeriön alaan.

Liikenne- ja viestintäministeriön tehtävänä on hallinnonalansa ylimpänä viranomaisena edistää yhteiskunnan toimivuutta ja väestön hyvinvointia huolehtimalla siitä, että kansalaisten ja elinkeinoelämän käytössä on laadukkaat, turvalliset ja edulliset liikenne- ja viestintäyhteydet sekä alan yrityksillä kilpailukykyiset toimintamahdollisuudet. Liikenne- ja viestintäministeriö ohjaa liikenne- ja viestintäpolitiikkaa. Keinoina sillä ovat säädösten kehittäminen, budjettipolitiikka, toimitukset, valtion tukien ja avustusten kohdentaminen, verojen ja maksujen painopisteiden asettaminen sekä alaistensa virastojen ja laitosten ohjaaminen.

Liikenne- ja viestintäministeriön ylintä päätösvaltaa käyttävät liikenneministeri ja viestintäministeri. Korkein virkamies on kansliapäällikkö. Ministeriössä on neljä osastoa: konserniohjausosasto, palveluosasto, tieto-osasto ja verkko-osasto.

Liikenne- ja viestintäministeriön alaisuudessa toimii nykyisellään kolme valtion virastoa ja laitosta ja ministeriö vastaa kolmen valtionyhtiön omistajaohjauksesta (kuva 2-1). Myös julkisoikeudellinen liikenneturvallisuustyön keskusjärjestö Liikenneturva on ministeriön valvonnassa. Virastojen ja laitosten tulot ja menot kulkevat valtion talousarvion kautta. Liikelaitokset ovat valtion budjettitalouden ulkopuolella. Liikelaitoksille valtio asettaa vuosittain palvelu- ja toimintatavoitteet, lainanoton ja investointien enimmäismäärän sekä asettaa tulos- ja tuloutustavoitteet. Joidenkin valtionyhtiöiden, esimerkiksi Posti Group Oyj:n, Finnair Oyj:n ja VR-Yhtymä Oy:n, omistajaohjaus on siirretty pois hallinnonalalta valtion omistajaohjausyksikköön.



Kuva 2-1. Liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonala 2019 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2019).

Virastot

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom edistää liikennejärjestelmän toimivuutta ja turvallisuutta sekä varmistaa, että Suomessa on käytettävissä laadukkaat, turvalliset ja kohtuuhintaiset viestintäyhteydet ja -palvelut. Virasto on liikenteen ja viestinnän lupa-, rekisteri- ja valvontaviranomainen.

Väylävirasto (Väylä) vastaa valtion tieverkon, rautateiden ja vesiväylien kehittämisestä sekä kunnossapidosta. Väylä huolehtii myös liikenteen palvelutasosta ja osallistuu liikenteen ja maankäytön yhteensovittamiseen.

Ilmatieteen laitos on palvelu- ja tutkimuslaitos, joka tuottaa tietoa ilmakehän tilasta yleisen turvallisuuden edistämiseksi sekä elinkeinoelämän ja yleisön tarpeita varten.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom aloitti toimintansa 1.1.2019. Virastoon yhdistyivät Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, Viestintävirasto sekä osa Liikennevirastosta. Virastossa työskentelee noin 900 henkilöä 15 paikkakunnalla. Päätoimipaikka sijaitsee Helsingissä.

Liikennevirasto muuttui *Väylävirastoksi* 1.1.2019. Virastosta ensisijaisesti käytettävä nimi Väylä.

Väylä on noin 400 hengen asiantuntijavirasto, joka keskittyy tie-, rata- ja meriliikenteen väyläverkon suunnitteluun, kehittämiseen ja kunnossapitoon sekä liikenteen ja maankäytön yhteensovittamiseen. Lisäksi se vastaa liikenteenohjauksen ja talvimerenkulun järjestämisestä. Väylä toimii liikennejärjestelmäsuunnittelussa maakuntien liittojen, kuntien, kaupunkiseutujen ja muiden toimijoiden ensisijaisena kumppanina.

Väylä huolehtii liikenteen palvelutasosta ja edistää näin yhteiskuntamme hyvinvointia ja elinkeinoelämän kilpailukykyä. Väylän tehtävänä on vastata liikkumisen muutoksen synnyttämiin asiakastarpeisiin tehokkaasti ja vastuullisesti sekä tuottaa yhteiskunnalle kasvun alustaa toimivan ja turvallisen infran muodossa. Lisäksi edistämme osaltamme infra-alan kehitystä ja vastuullista rakentamista.

Valtionyhtiöt

Tieliikenteen, rautatieliikenteen ja vesiväylien liikenteenohjaustehtävät yhtiöitettiin 1.1.2019 alkaen valtion erityistehtäväyhtiöksi *Traffic Management Finland Group*. *Traffic Management Finland Oy* on valtion kokonaan omistama erityistehtäväkonserni, joka toimii liikenne- ja viestintäministeriön omistajaohjauksessa. Konsernin tehtävänä on tarjota edistyksellisiä liikenteenohjaus- ja hallintapalveluita sekä varmistaa liikenteen turvallisuus ja sujuvuus vastuullisesti kaikissa liikennemuodoissa. Se vastaa myös ohjauspalveluihin liittyvän tiedon keruusta, hallinnasta ja hyödyntämisestä.

Traffic Management Finland Oy:n tytäryhtiöt ja niiden vastuualueet ovat seuraavat:

- *Finrail Oy* vastaa rautatieliikenteen ohjauksesta ja hallinnasta.
- *Intelligent Traffic Management Finland Oy (ITM Finland)* vastaa tieliikenteen ohjauksesta ja hallinnasta.
- *Vessel Traffic Services Finland Oy (VTS Finland)* vastaa meriliikenteen ohjauksesta ja hallinnasta.
- *Air Navigation Services Finland Oy (ANS Finland)* vastaa lennonvarmistuksesta.

Yleisradio Oy on valtakunnallinen julkisen palvelun viestintäyhtiö.

Cinia Oy tarjoaa älykkäitä verkko-, pilvi- ja ohjelmistopalveluita. Asiakkaiden joukossa on kotimaisia ja kansainvälisiä yrityksiä sekä yhteiskunnan elintärkeitä toimintoja.

Aluehallinto

Suomen aluehallinnon uudistaminen valtion aluehallinnon viranomaisten roolien, tehtävien, ohjauksen ja aluejakojen selkeyttämiseksi toteutettiin vuosina 2007–2010. Uudistuksessa lääninhallitukset, työ- ja elinkeinokeskukset, alueelliset ympäristökeskukset, ympäristölupavirastot, tiepiirit ja työsuojelupiirien työsuojelutoimistot lakkautettiin ja niiden tehtävät koottiin ja uudelleen organisoitiin kahteen uuteen viranomaiseen aluehallintovirastoon (AVI) ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukseen (ELY).

Aluehallintovirastoja perustettiin kuusi ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksia 15 ja ne aloittivat toimintansa 1.1.2010. Uudistuksessa vahvistettiin maakunnan liittojen toimivaltaa aluekehittämisen viranomaisena kokoamalla liittoihin alueellisia kehittämistehtäviä. Maakunnan liitot saivat lakisääteisen vetovastuun alueiden kehittämisen kannalta keskeisissä suunnittelu- ja ennakkointitehtävissä. Maakuntaohjelmien vaikuttavuutta valtion alueviranomaisiin nähden lisätään. Maakunnan liittojen yhteistoiminnan järjestämiseksi maa jaettiin maakuntien yhteistoiminta-alueisiin merkittävien ylimaakunnallisten asioiden käsittelemistä varten.

Aluehallintovirastot (AVI)

AVIn tehtävät ovat entisten lääninhallitusten, ympäristölupavirastojen, alueellisten ympäristökeskusten ja työsuojelupiirien tehtäviä. AVI toimii yhteistyössä kuntien kanssa ja sen alaisuudessa toimivat maistraatit. Viranomaisen tukee alueellista yhdenvertaisuutta hoitamalla lainsäädännön toimeenpano-, ohjaus- ja valvontatehtäviä alueilla. Se edistää perusoikeuksien ja oikeusturvan toteutumista, peruspalvelujen saatavuutta, ympäristönsuojelua, ympäristön kestävää käyttöä, sisäistä turvallisuutta sekä terveellistä ja turvallista elin- ja työympäristöä alueilla. Aluehallintovirastoja on kuusi ja niiden vastuualueet ovat peruspalvelut, oikeusturva ja luvat, työsuojelu, ympäristöluvat; pelastustoimi ja varautuminen sekä poliisi.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset (ELY)

Maakuntien liittojen kanssa yhteistyössä toimivia ELYjä on 15, joista yhdeksässä on kaikki kolme vastuualuetta, neljässä kaksi ja kahdessa yksi vastuualue. ELYn vastuualueet ovat elinkeinot, työvoima, osaaminen ja kulttuuri, liikenne ja infrastruktuuri sekä ympäristö ja luonnonvarat. ELYn tehtävät ovat entisten työ- ja elinkeinokeskusten, tiepiirien, alueellisten ympäristökeskusten ja lääninhallitusten tehtäviä. ELY toimii yhteistyössä maakunnan liittojen kanssa ja sen alaisina toimivat työ- ja elinkeinotoimistot. Viranomaisen tukee alueellista kehittämistä hoitamalla valtionhallinnon toimeenpano- ja kehittämistehtäviä alueilla. Se edistää yrittäjyyttä, työmarkkinoiden toimintaa, osaamista ja kulttuuria, liikennejärjestelmän toimivuutta ja liikenteen turvallisuutta, hyvää ympäristöä sekä luonnon ja luonnonvarojen kestävää käyttöä alueilla sekä maahanmuuttoa, maahanmuuttajien kotouttamista ja työllistymistä alueilla.

2.1.2 Ympäristöministeriön hallinnonala

Ympäristöhallinnon tehtävänä on edistää toiminnallaan ekologisesti kestävää taloudellista, yhteiskunnallista ja kulttuurista kehitystä. Ympäristöhallinnossa ylimpänä viranomaisena on *ympäristöministeriö*. Ympäristöministeriön hallinnonalaan kuuluvat Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). Ympäristöministeriö ohjaa omalla toimialallaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksia ja aluehallintovirastoja. Lisäksi ministeriö ohjaa ja rahoittaa Metsähallituksen luontopalveluja.

Ympäristöministeriö vaikuttaa myös liikenneasioihin. Se valvoo kaavoitusta ja muuta alueiden käytön suunnittelua sekä rakentamista, antaa näitä koskevia määräyksiä ja ohjeita ja huolehtii tutkimus- ja kehittämistoiminnasta. Liikenteen pakokaasu- ja melupäästöt ovat merkittävä ympäristöhaitta, jonka vähentämiseen ministeriössä pyritään. *Ympäristövaikutusten arvioinnilla* pyritään ehkäisemään ympäristöhaittoja ja sovittelemaan ristiriitoja ympäristölle merkittävien hankkeiden valmistelussa (*katso luku 6.5*).

2.2 Kuntien liikennehallinto

2.2.1 Organisaatio

Kunnassa päätösvaltaa käyttää *kunnanvaltuusto* ja asioiden valmistelu, täytäntöönpano ja muu hallinto on *kunnanhallituksen* ja sen valvonnan alaisena *lautakuntien, johtokuntien ja toimikuntien* sekä *viranhaltijoiden* asiana. Liikenneasioita käsitteleviä lautakuntia voivat kunnassa olla esim. kaavoituslautakunta, kaupunkisuunnittelulautakunta, tekninen lautakunta, liikennelautakunta ja satamalautakunta.

Luottamuselinten alaisen virasto-organisaation muoto ja laajuus vaihtelee kunnittain. Suurissa kaupungeissa eri toiminnolle on oma erikoistunut virastonsa, kun taas pienissä kunnissa toiminnot on keskitetty samaan virasto-organisaatioon. Kunnat voivat sopimuksen nojalla hoitaa tehtäviään myös yhdessä. Tehtävä voidaan antaa jonkin kunnan hoidettavaksi yhden tai useamman muun kunnan puolesta tai tehtävän hoitaa kuntayhtymä.

2.2.2 Tehtävät

Kuntalain mukaan kunta hoitaa itsehallinnon nojalla itselleen ottamansa ja sille laissa säädetyt tehtävät. Liikenteen kannalta merkittävimpiä kuntien tehtäviä ovat maankäytön suunnittelu ja rakentamisen valvonta sekä katujen ylläpito ja joukkoliikenteen järjestäminen. Yhteiskunta ohjaa kuntien liikenneasioita rakennuslainsäädännön, tielakien ja tieliikennelakien avulla.

Kaavoittamisessa kunnat ovat avainasemassa. Kunnalliseen itsehallintoon kuuluu kuntien oikeus itse laatia alueensa maankäyttöä koskevat suunnitelmat ja kaavat. Kaavoissa määrätään alueiden käyttö eri tarkoituksiin, siis myös liikenteen tarpeisiin (*katso luku 6.6*). Kunnissa on kaavoituksen suorittamista varten yleensä kaavoitus- tai kaupunkisuunnittelulautakunta sekä sen alaiset virastot. Suurimmissa kunnissa on erillinen liikennesuunnitteluosasto.

Kadunpidon järjestäminen (kadun suunnittelu, rakentaminen, kunnossa- ja puhtaanapito) kuuluu kunnalle. Osa kadunpitoon liittyvistä velvollisuuksista (mm. puhtaanapito sekä lumenpoisto ja liukkauden torjunta jalkakäytävällä) kuuluu kiinteistöille. Katu rakennetaan kunnan hyväksymän suunnitelman mukaisesti. Kadunpitovelvollisuus alkaa, kun asemakaavan mukaisen toteutuneen maankäytön liikennetarve sitä edellyttää eikä kadun rakentamisesta kunnalle aiheutuvia kustannuksia ole pidettävä kohtuuttomina kadun rakentamisella tyydytettävään liikennetarpeeseen verrattuna. Kadunpidon kustannukset kunta kattaa osittain perimälläan kiinteistöverolla. Kunta vastaa myös *liikenteen ohjauslaitteiden asettamisesta* kaduille, toreille ja muille vastaavanlaisille liikennealueille. Liikenneväylien ylläpitoasiat käsitellään kunnissa tavallisesti teknisessä lautakunnassa ja käytännön suunnittelu- ja toimeenpanotehtävät hoitaa teknisen viraston asianomainen osasto.

Kunnan tulee tarvittavilta osin suunnitella alueensa joukkoliikenteen palvelutaso. Kunnan tulee toimia yhteistyössä muiden kuntien, ELY-keskuksen ja liikenteenharjoittajien kanssa. *Joukkoliikenteen hoidon suunnittelu* tapahtuu teknisessä, kaupunkisuunnittelu- tai liikenne-lautakunnassa, suuremmilla kaupungeilla erillisessä joukkoliikennelautakunnassa. *Liikenne-luvan* linjaliikenteen harjoittamiseen myöntää ELY-keskus tai liikenne- ja viestintäministeriö. Asetuksella on säädetty niistä kunnista, joiden alueella harjoitettavaan linjaliikenteeseen luvan myöntää kunnan tai kuntayhtymän viranomaisen. Muutamilla kunnilla (Helsinki, Tampere, Turku) on *kunnallinen liikennelaitos*.

2.3 Liikennepolitiikka

2.3.1 Liikennepolitiikan määrittely

Liikennepolitiikka voidaan määritellä laajasti ja suppeasti. Laajan käsitteen mukaan sillä tarkoitetaan kaikkia niitä eri tahojen toimenpiteitä, joilla pyritään huolehtimaan liikennepalvelujen tuottamisesta ja hankinnasta tai vaikuttamaan niihin. Suppean käsitteen mukaan liikennepolitiikalla tarkoitetaan niitä julkisen vallan keinoja ja toimenpiteitä, jotka koskevat mm. liikenneverkkojen tekemistä, kunnossapitoa ja käyttöä (liikennevälineitä ja niiden käyttöä, liikenteen tariffeja, maksuja ja erityisverotusta sekä kuljetusrytyksiä ja laitoksia).

Liikenne on yhteiskunnan toiminnan ja kehittymisen tärkeimpiä perusedellytyksiä. Ilman hyviä liikenneyhteyksiä ei yleisesti hyväksytyjä taloudellisia ja sosiaalisia tavoitteita voida saavuttaa. Liikennepolitiikka on osa yleistä yhteiskuntapolitiikkaa ja sen tulee olla sopusoinnussa muun yhteiskuntapolitiikan kanssa. Erityisen läheisesti se liittyy alue- ja maankäyttöpolitiikkaan.

Liikennepolitiikan tulee perustua pitkän aikavälin tavoitteisiin, koska liikennealan toimenpiteet ja ratkaisut, erityisesti investoinnit, vaikuttavat kymmeniä vuosia eteenpäin. Liikenteeseen vaikuttavat tekijät, kuten alue- ja yhdyskuntarakenne, elinkeinoelämän rakenne ja ihmisten arvostukset ja toimintatavat muuttuvat suhteellisen hitaasti. Muutosten tunteminen ja arvioiminen on lähtökohta toimenpiteiden suuntaamiselle. Liikennepolitiikan tavoitteet ovat moniulotteisia, osin ristiriitaisiakin ja ne painottuvat eri aikoina ja eri osissa maata eri tavoin. Liikennepoliittisia ratkaisuja on jatkuvasti arvioitava uudelleen, jotta toimenpiteet ja liikenneolot mahdollisimman hyvin vastaavat yhteiskunnan muuttuvia rakenteita, tarpeita ja arvoja.

2.3.2 Liikennepolitiikan keinot

Liikennepolitiikan keinot voidaan jakaa välittömiin ja välillisiin keinoihin. *Välittömiä keinoja* ovat ne, joilla valtiovalta ja kunnat samoin kuin elinkeinoelämä ja kotitaloudet liikennepalvelusten tuottajina ja ohjaajina voivat kehittää liikennesektoria tavoitteellisesti. Välittömiä keinoja ovat:

- liikenneverkkojen tekeminen ja ylläpito
- liikennöintitoiminta
- vero-, maksu- ja tariffipolitiikka
- liikennelupapolitiikka
- liikenteen ohjaus ja valvonta
- tutkimukset, avustukset jne.

Välillisiä keinoja käyttävät yleensä muut kuin liikennepalvelusten tuottajat ja ne vaikuttavat liikennetarpeeseen, liikenteen suuntautumiseen ja ajoitukseen. Välilliset keinot ovat usein tärkeämpiä kuin välittömät keinot liikenneongelmien ratkaisemiseksi tai niiden syntymisen ehkäisemiseksi. Välillisiä keinoja ovat:

- kaavoitus
- tuotantolaitosten ja palveluiden sijainnin suunnittelu ja ohjaus
- työaikalainsäädäntö ja työaikojen porrastus
- tuotantotekniset ratkaisut, joilla voidaan vähentää kuljetusten tarvetta.

2.3.3 Euroopan unionin liikennepolitiikka

Suomi liittyi Euroopan unioniin vuonna 1995 ja sitoutui samalla toteuttamaan EU:n liikennepolitiikkaa. EU:n liikennepolitiikka määriteltiin ensimmäistä kertaa *valkoisessa kirjassa yhteisestä liikennepolitiikasta*, jonka EU:n komissio julkaisi joulukuussa 1992. Valkoinen kirja on asiakirja, jossa on ehdotuksia yhteisön toiminnasta jollakin erityisalalla. Jos neuvosto suhtautuu myönteisesti valkoiseen kirjaan, seurauksena voi olla kyseistä alaa koskeva unionin toimintaohjelma.

Vuoden 1992 liikennepolitiikan valkoisen kirjan tärkein anti koski liikennemarkkinoiden avaamista. Unionin liikennepolitiikan tavoitteeksi määriteltiin:

”saavuttaa integroitunut, turvallinen, tehokas, kilpailukykyinen ja ympäristöystävällinen liikennejärjestelmä, joka ottaa huomioon niin käyttäjien kuin elinkeinoelämän ja alalla työskentelevien tarpeet ja joka vastaa pitkän aikavälin liikkuvuuden ja yhteisön koheesion tarpeisiin.”

Euroopan komission hyväksymä uusin valkoinen kirja, *Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää*, on maaliskuulta 2011. Strategialla tähdätään kilpailukykyiseen liikennejärjestelmään, joka lisää liikkuvuutta ja poistaa merkittävimmät esteet avainaloilta sekä edistää kasvua ja työllisyyttä. Strategiassa pyritään vähentämään Euroopan riippuvuutta tuontiöljystä

ja leikkaamaan liikenteen hiilipäästöjä 60 % vuoteen 2050 mennessä. Tavoitteena on luoda yhtenäinen Euroopan liikennealue, jolla on enemmän kilpailua ja täysin yhdenmukainen, eri liikennemuodot yhdistävä liikenneverkosto, jonka avulla matkustaja- ja tavaraliikenteen liikennemalleja voidaan muuttaa perusteellisesti. Tavoitteisiin päästään komission mukaan käyttämällä vähemmän ja puhtaampaa energiaa, hyödyntämällä tehokkaasti ja tarkoituksenmukaisesti eri kuljetusmuotoja sekä panostamalla älykkääseen ja integroituun liikenneverkkoon. Etenemissuunnitelmaan sisältyy 40 konkreettista aloitetta seuraavan 10 vuoden ajaksi.

Komissio on lisäksi julkaissut *vihreitä kirjoja* mm. liikenteen hinnoittelusta ja joukkoliikenteen kehittämisestä. Vihreä kirja on asiakirja, jonka tarkoituksena on käynnistää keskusteluja unionitasolla.

2.3.4 Suomen valtakunnallinen liikennepolitiikka

Valtion osalta liikennepolitiikasta päättävät eduskunta, valtioneuvosto, liikenne- ja viestintäministeriö ja sen alaiset virastot ja laitokset sekä useat muut ministeriöt. Julkisen vallan liikennepolitiikassa laeilla ja asetuksilla on keskeinen merkitys. Nämä yhdessä viranomaisten päätösten ja hallintokäytännön kanssa toteuttavat liikennepolitiikan. Liikennepoliittinen päätöksenteko on osa valtion rahoituspäätöksentekoa, jossa valtion verotulot kohdennetaan yhteiskunnan eri sektoreille. Päätäjien on tehtävä valintoja ja verrattava liikenteen tarpeita muiden sektoreitten tarpeisiin.

Eduskunta ottaa kantaa liikennepolitiikkaan erityisesti sitä koskevien toimenpiteiden osalta antaessaan vuotuisen valtion tulo- ja menoarvion. Liikennepolitiikkaa koskevia linjauksia sisältyy myös hallitusohjelmiin ja valtioneuvoston periaatepäätöksiin. Liikennepolitiikan pitkän aikavälin painotuksia miettimään on aika ajoin asetettu myös parlamentaarisia liikennekomiteoita ja ministerityöryhmiä.

Liikenne- ja viestintäministeriö käsittelee liikennepolitiikkaa vuosittain laadittavien hallinnonalansa nelivuotisten toiminta- ja taloussuunnitelmien yhteydessä (TTS). Ne täsmentävät ministeriön pidemmän aikavälin strategisia suunnitelmia. Strategioita ja toimintalinjoja on laadittu erikseen monille liikennesektorin osa-alueille esim. joukkoliikenteelle, kävelyille ja pyöräilylle, älyliikenteelle, liikenneturvallisuudelle ja ympäristölle. Kaikki liikennemuodot kattavia pitkän aikavälin strategioita on viimeksi laadittu vuosina 2000 (*Kohti älykästä ja kestäväää liikennettä 2025*) ja vuonna 2007 (*Liikenne 2030, Suuret haasteet, uudet linjat*). Virastot laativat myös omia pitkän aikavälin visioita ja tarvekartoituksia, jotka toimivat samalla ministeriön strategioiden tausta-aineistoina.

Tuoreimmassa liikenne- ja viestintäministeriön strategisessa asiakirjassa *Liikenne 2030* tehtiin ehdotus Suomen uusiksi liikennepoliittisiksi linjauksiksi. Päätöksenteon pitkäjänteisyyden lisäämiseksi suunnitelmassa ehdotettiin, että liikennepolitiikan pitkävaikutteiset linjaukset

käsiteltäisiin jatkossa hallituskausittain valtioneuvoston liikennepoliittisessa selonteossa eduskunnalle. Vuonna 2012 valtioneuvosto laatikin liikennepoliittisen selonteon, jossa linjataan valtakunnallista liikennepoliittikkaa vuosille 2012–2022. Selontekoon liittyy myös liikenneverkon kehittämisohjelma. Selonteon valmistelussa olivat mukana myös kaikki liikennehallinnon keskeiset sidosryhmät. Selonteossa on huomioitu myös hallitusohjelman liikennepoliittikkaa koskevat linjaukset ja liikennepoliittikan kehitys kansainvälisellä ja EU-tasolla.

Maamme liikennepoliittikan päämääränä on turvata arjen matkojen toimivuus, pitää yllä elinkeinoelämän kilpailukykyä ja hillitä ilmastonmuutosta päästöjen vähentämisen avulla. Liikennepoliittisessa selonteossa on esitetty visio vuodelle 2030+. Vision ydinajatuksena on saavuttaa kilpailukykyä ja hyvinvointia vastuullisella liikenteellä. Vision pääkohdat ovat:

- *Liikennejärjestelmän palvelutaso perustuu asiakkaiden tarpeisiin, maan eri osien vahvuuksia tukien. Elinkeinoelämällä on edellytykset globaalisti kilpailukykyiseen toimintaan ja Suomen logistisella tehokkuudella on kompensoitu maantieteellistä asemaamme.*
- *Jokaisella on mahdollisuus toimivaan arkeen. Elinympäristö ja liikennepalvelut toimivat niin, että liikkuminen on turvallista, helppoa ja kestävää.*
- *Liikennejärjestelmä on toimintavarma ja ennakoitava. Kokonaisvaltainen yhteiskunnallinen ajattelu ja taloudellinen ohjaus varmistavat, että kasvun kestävyys taataan, liikenteen haitat minimoidaan ja resurssit käytetään tehokkaasti.*
- *Käyttäjillä on saatavilla erilaisiin liikkumistarpeisiin vaihtoehtoja ja edellytykset tehdä vastuullisia valintoja. Elinympäristön viihtyisyys ja puhtaus luovat hyvinvointia.*

Liikennepoliittisen selonteon mukaan liikennepoliittikkaa tulee suunnitella osana koko yhteiskunnan kehittämistä. Tiivis yhteistyö eri hallinnonalojen kesken luo edellytykset toimivalle liikennejärjestelmälle ja yhdyskuntarakenteelle. Selonteossa korostetaan, että tarvitaan uudenlaista ajattelua, jotta yhteiskunnan toimintoja voidaan tehostaa ja yhteisiä voimavaroja voidaan käyttää järkevästi. Liikennepoliittikkaa myös kehitetään palvelutasoajattelun suuntaan määrittelemällä matkojen ja kuljetusten erilaisten palvelutasotekijöiden (kuva 2-4) tavoitetaso. Palvelutasoa määriteltäessä tulee ottaa huomioon myös yhteiskunnalliset vaikutukset (mm. kestävyys ja tasa-arvo) sekä pyrkiä tasapainoiseen kokonaisuuteen.



Kuva 2-4. Matkojen ja kuljetusten keskeiset palvelutasotekijät (Liikenne- ja viestintäministeriö 2012a).

2.3.5 Kunnallinen liikennepoliittikka

Kuntien oma liikennepoliittikka sisältyy yleensä yleiskaavoihin. Se ei useinkaan ole kovin tavoitteellista. Tavoitteet ja yleensäkin liikennepoliittikan asema kunnassa riippuu sen ongelmista. Tietoista liikennepoliittikkaa toteutetaan lähinnä vain suurissa kaupunkikunnissa.

Seudullisen liikennejärjestelmäsuunnittelun yhteydessä on tarkoituksena määrittää koko seudulle yhteiset liikennepoliittiset tavoitteet. Yhteisen liikennepoliittikan avulla voidaan seudun kuntien mahdollisesti ristiriitaisetkin tavoitteet yhteensovittaa ja kehittää seudun liikennejärjestelmää ja maankäyttöä koordinoitusti. Liikennejärjestelmäsuunnitelmia tehdään nykyisin myös maakuntatasolla.

Pääkaupunkiseudulla on pisin perinne liikennejärjestelmäsuunnittelusta. Liikennejärjestelmäsuunnitelma laadittiin ensimmäisen kerran vuonna 1994. Työn yhteydessä hyväksyttiin seudulliset liikennejärjestelmän kehittämistavoitteet, joita on vuosien saatossa tarkistettu useaan kertaan. Tuorein suunnitelma on vuodelta 2015.

3 LIIKENNEVIRTA JA LIIKENTEEN-VÄLITYSKYKY

3.1 Liikennevirran ominaisuudet

3.1.1 Peruskäsitteet

Liikennevirtateoriassa liikennevirralla tarkoitetaan tarkastellulla väylällä liikkuvaa liikennettä. Liikennevirta voidaan jakaa osiin: liikenneyksiköiden mukaan (ajoneuvovirta ja jalankulkijavirta), ajosuuntien mukaan, kaistojen mukaan jne.

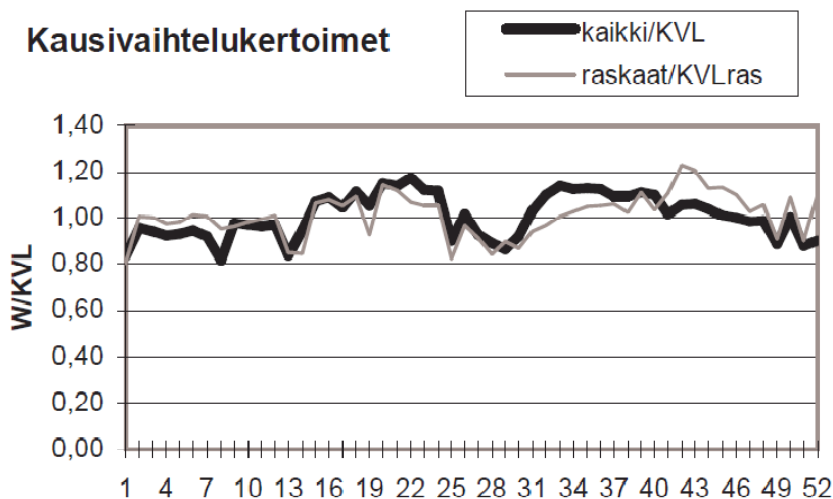
Liikennevirran keskeiset peruskäsitteet ovat liikennemäärä, liikennevirran keskinopeus ja liikennetiheys. *Liikennemäärä*, q , tarkoittaa tietyn väylänkohdan aikayksikössä ohittavaa liikenneyksikkömäärää (esimerkiksi ajoneuvoa tunnissa). *Liikennevirran keskinopeus*, \bar{v} , on tietyn tienkohdan ohittavien tai tietyllä tienosalla olevien liikenneyksiköiden keskinopeus (km/h). *Liikennetiheys*, d , tarkoittaa tietyllä tieosalla olevien liikenneyksiköiden määrää väylän pituusyksikköä kohti (esimerkiksi ajon/km). Liikennevirran yleiskuvaukset perustuvat tavallisesti väylän liikennemäärään ja nopeusjakaumaan.

3.1.2 Liikenteen vaihtelumuodot

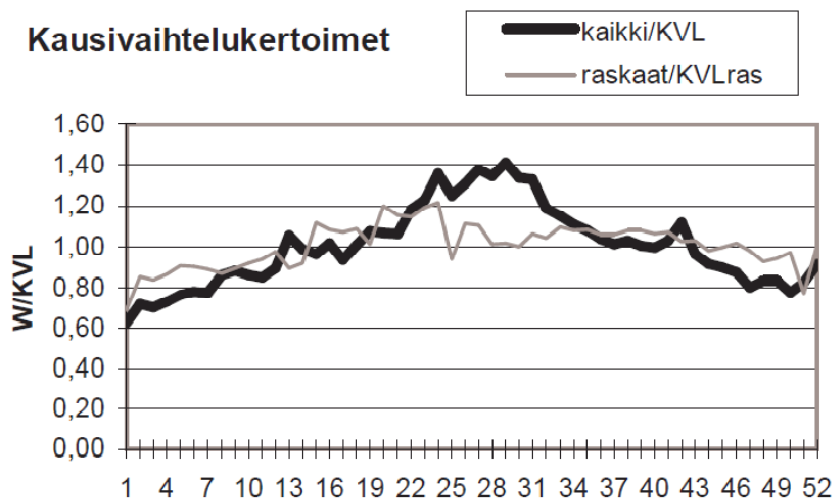
Liikenteen vaihtelumuodoilla tarkoitetaan liikennemäärien ajallisia, yleensä säännönmukaisia vaihteluita. Liikenteen vaihtelumuotoja ovat liikennemäärien yleiskehitys, kausi-, viikonpäivä-, tunti- ja minuuttivaihtelut sekä erikoistapahtumien aiheuttamat vaihtelut. Lisäksi liikennemäärissä tapahtuu satunnaisvaihtelua. Liikenteen vaihtelumuodot otetaan huomioon liikennelaskentatuloksia käsiteltäessä. Vaihtelukertoimien laskentakaavat on esitetty monisteen liikennetutkimuksia käsittelevässä *luvussa 4.2.2*.

Yleiskehityksellä tarkoitetaan liikennemäärän muutosta pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Ajoneuvoliikenteen yleiskehitykselle on ollut ominaista liikennemäärien jatkuva kasvu.

Kausivaihtelu tarkoittaa liikenteen vaihtelua eri vuodenaikoina. Kaupungeissa autoliikenne tavallisesti kasvaa jonkin verran tammikuun ja kesäkuun välisenä aikana. Heinäkuussa autoliikenne on pienimmillään. Elokuussa liikenne palautuu kesäkuun tasolle ja säilyy suunnilleen samanlaisena vuoden loppuun joulukuun vähentymistä lukuun ottamatta (kuva 3-1). Maaseututeillä autoliikennemäärät puolestaan kasvavat kohti kesää ja ovat huipussaan heinäkuussa (vilkkain lomakuukausi), minkä jälkeen määrät taas vähenevät kohti talvi-kuukausia (kuva 3-2).



Kuva 3-1. Ajoneuvoliikenteen kausivaihtelu Soukassa, kt 51:llä vuonna 2010 (Liikennevirasto 2011a).

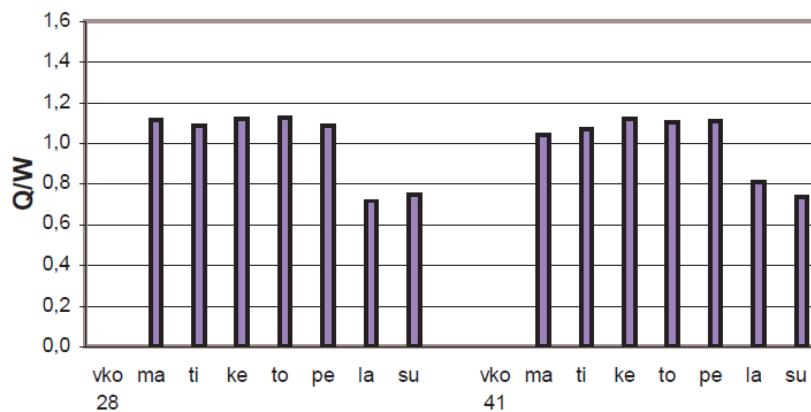


Kuva 3-2. Ajoneuvoliikenteen kausivaihtelu Koskuella, vt 3:lla vuonna 2010 (Liikennevirasto 2011a).

Liikenteen rytmi toistuu viikoittain samanmuotoisena *viikopäivävaihteluna*. Viikopäivävaihtelu ilmenee kaupungeissa siten, että liikenne on yleensä varsin tasaista maanantaista torstaihin. Perjantaina liikenne kasvaa hieman (kuva 3-3). Viikonloppuna autoliikenne on keskimäärin vain vähän yli puolet perjantain liikenteestä. Maaseututeillä puolestaan perjantain huippu on huomattavasti selvempi (menoliikenne), lauantainakin liikennettä saattaa olla enemmän kuin alkuvuokolla, toinen huippu on sunnuntaina (paluuliikenne) (kuva 3-4).

Viikopäivävaihtelut

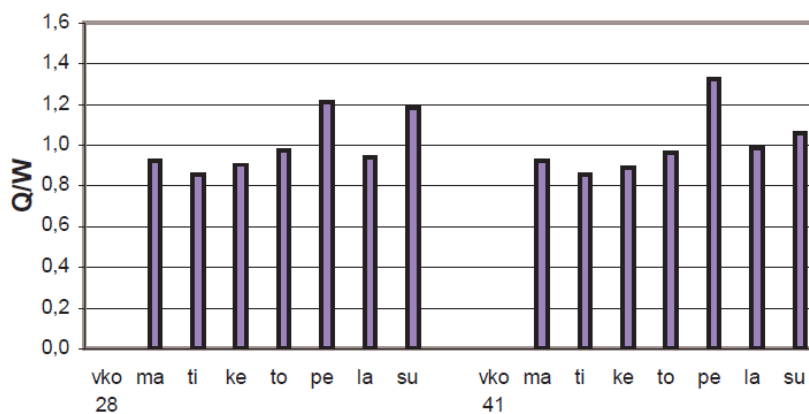
Heinäkuu (vko 28) ja lokakuu (vko 41)



Kuva 3-3. Ajoneuvoliikenteen viikopäivävaihtelu Soukassa, kt 51:llä vuonna 2010 (Liikennevirasto 2011a).

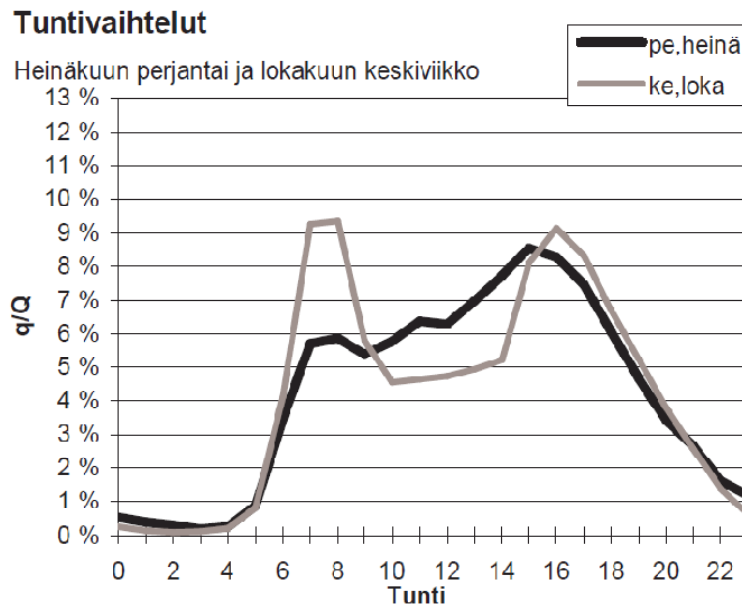
Viikopäivävaihtelut

Heinäkuu (vko 28) ja lokakuu (vko 41)

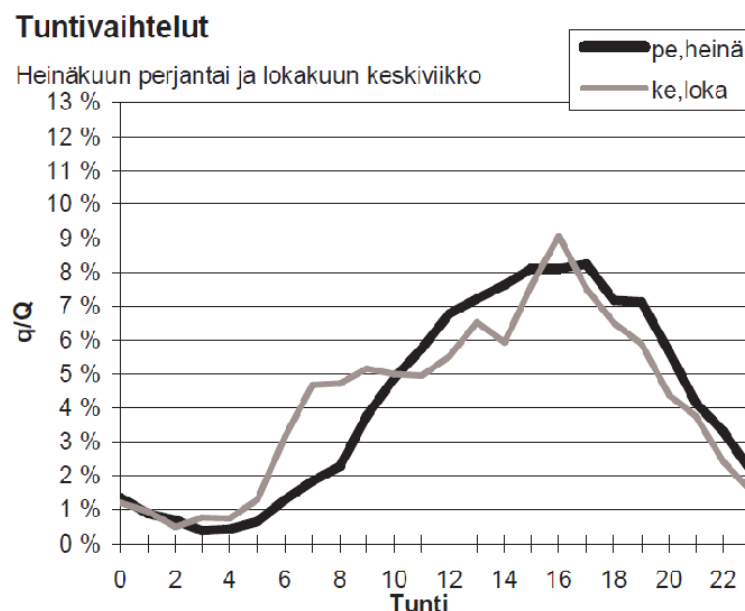


Kuva 3-4. Ajoneuvoliikenteen viikopäivävaihtelu Koskuella, vt 3:lla vuonna 2010 (Liikennevirasto 2011a).

Liikenteen *tuntivaihtelu* syntyy ihmisten vuorokautisen työ-, lepo- ja vapaa-ajan vaihtelusta. Liikenteen tuntivaihtelu on erilaista erikokoisissa kaupungeissa. Suurissa kaupungeissa on autoliikenteellä selvä aamu- ja iltapäivän ruuhka-aihe (kuva 3-5). Pienemmissä kaupungeissa aamun ruuhka-aihe on vähäinen. Maaseututeilla perjantaisin liikenne kasvaa varsin tasaisesti kohti iltahuippua, arkisin havaittavissa on myös pieni aamuhuippu (kuva 3-6).



Kuva 3-5. Ajoneuvoliikenteen tuntivaihtelu Soukassa, kt 51:llä vuonna 2010 (Liikennevirasto 2011a).



Kuva 3-6. Ajoneuvoliikenteen tuntivaihtelu Koskuella, vt 3:lla vuonna 2010 (Liikennevirasto 2011a).

Välityskykytarkasteluissa on tarpeen tuntea myös liikennemäärien lyhytaikaiset eli minuuttivaihtelut. Urheilukilpailut tai muut erikoistapahtumat voivat aiheuttaa liikennemäärissä tavallisuudesta poikkeavia vaihteluita.

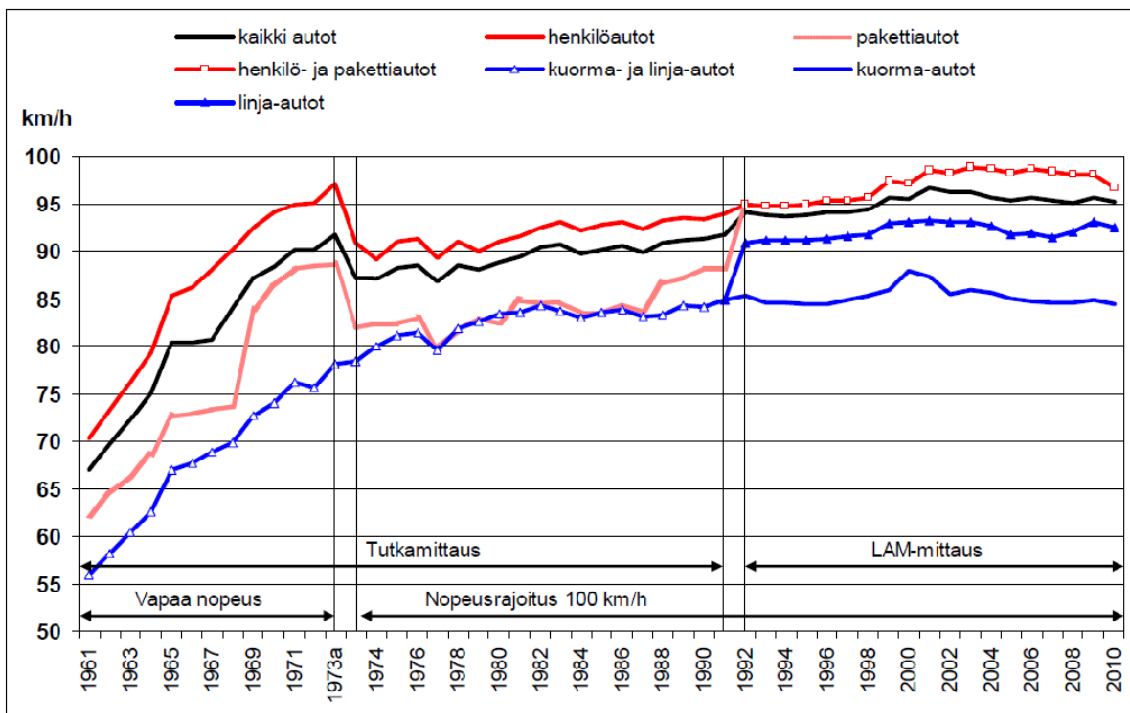
3.1.3 Liikenteen nopeudet

Liikennevirran yleiskuvauksessa käytettävät nopeuskäsitteet ovat pistenopeus ja matkanopeus. *Pistenopeudella* tarkoitetaan liikenneyksikön nopeutta tietyssä tienkohdassa. *Matkanopeus* on puolestaan liikenneyksikön keskinopeus tietyllä tiejaksolla (kuljettu matka jaettuna käytetyllä ajalla) ja sisältää näin ollen myös liikenteestä johtuvat pysähdykset.

Liikennevirta on liikenneyksiköiden muodostama kokonaisuus, joten yksittäisten liikenneyksiköiden nopeudet yhdistetään koko virran kuvaukseksi. Koska liikenneyksiköiden nopeudet vaihtelevat, käytetään nopeuksien jakaumaa ja sen tunnuslukuja. Pistenopeuksien tunnuslukuja ovat keskiarvo, keskihajonta sekä persenttiilit v_{15} ja v_{85} . Persenttiilit osoittavat nopeusarvoja, joita hitaammin ajaa 15 (85) % liikennevirrasta. Matkanopeuden tunnuslukuna käytetään yksittäisten liikenneyksiköiden matkanopeuksien keskiarvoa.

Tieliikenteen nopeuksia kuvataan yleensä pistenopeuksien avulla. Koko liikennevirran nopeudella on havaittavissa samanlaiset aikavaihtelut kuin liikennemäärälläkin.

Tieliikenteen keskinopeuksien kasvu oli 1960- ja 1970-luvuilla hyvin nopeaa aina vuoteen 1973 asti, jolloin otettiin käyttöön koko maan kattava nopeusrajoitusjärjestelmä. Nopeusrajoitusten myötä nopeustaso laski vuodessa n. 5 km/h. Nopeudet kääntyivät vuonna 1975 uuteen joskin hitaampaan nousuun (kuva 3-7). Nopeuksien keskihajonta on laskenut 1970-alun lähes 20 km/h:sta noin 10 km/h:iin.



Kuva 3-7. Autojen keskinopeuksien kehitys vapaan nopeuden aikana ja sen jälkeen 1-ajorataisilla teillä 100 km/h nopeusrajoitusalueella. Huomaa ajoneuvo-luokituksen muuttuminen vuonna 1992 (Ylönen 2011).

Katuliikenteen nopeuksia kuvataan yleensä matkanopeuksien avulla. Yleisiä kehityslinjoja nopeuksien muutoksessa on vaikea todeta. Pääkaupunkiseudulla matkanopeuksia on mitattu vuodesta 1970 alkaen päätieverkolla ja joukkoliikenneverkolla ja tänä aikana joukkoliikenne on muuttunut ruuhka-aikoina yksityisautoilua nopeammaksi etenkin keskustassa. Tähän ovat syynä joukkoliikennekaistat ja joukkoliikenteen liikennevaloetudet. Joukkoliikenteen matkanopeus on keskustassa ruuhka-aikoina 15–20 km/h ja päiväliikenteessä 30–35 km/h. Henkilöauton matkanopeus on ruuhka-aikoina samaa tasoa tai alempi kuin joukkoliikenteen, päiväliikenteessä selvästi korkeampi. Polkupyöräilijän matkanopeus kaupunkialueella on noin 18 km/h ja jalankulkijan noin 5 km/h.

3.2 Liikennevirtateoriat

Liikennevirtaa käsitellään jatkuvana (kokoonpuristuvana) virtauksena. Teorian perussuureet ovat liikennemäärä, q (esim. ajon/h), liikennetiheys, d (esim. ajon/km) ja liikennevirran keskinopeus, \bar{v} (km/h). Jos kaikilla liikenneyksiköillä on sama nopeus ja yksiköiden väli, s , ovat yhtä suuret, voidaan kirjoittaa:

$$\begin{aligned} \text{Yksiköiden matkaväli: } & s, \\ \text{Yksiköiden aikaväli: } & t = \frac{s}{v}. \end{aligned} \quad (3-1)$$

Koska

$$d = \frac{1}{s}, \quad (3-2)$$

saadaan

$$q = \frac{v}{s} = vd. \quad (3-3)$$

Yhtälö

$$\boxed{q = vd} \quad (3-4)$$

on liikennevirran perusyhtälö.

Voidaan osoittaa, että liikennevirran perusyhtälö on yleispätevä, eli ajoneuvovälit ja ajoneuvojen nopeudet voivat vaihdella. Liikennevirran perusyhtälössä käytettävä nopeus on ns. matkajakauman keskiarvo. *Nopeuksien matkajakauma* on tieosalla olevien liikenneyksiköiden nopeuksien jakauma (liikennetiheyden nopeusjakauma). *Nopeuksien aikajakauma* on tietyn poikkileikkauksen ylittävien liikenneyksiköiden nopeuksien jakauma (liikennemäärän nopeusjakauma).

Aikajakauman nopeuskeskiarvo, \bar{v}_t , on suurempi kuin matkajakauman, \bar{v}_s , ja yleisesti pätee:

$$\bar{v}_t = \bar{v}_s \left(1 + \frac{\sigma^2}{\bar{v}_s^2} \right), \text{ jossa} \quad (3-5)$$

$\sigma^2 = \text{matkajakauman nopeuksien keskihajonta.}$

Perusyhtälön suureiden väliset riippuvaisuudet

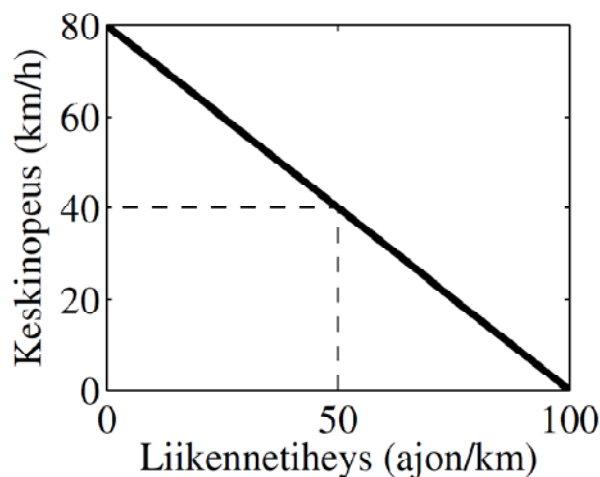
Perusyhtälön mukaan suuri liikennemäärä saavutetaan nostamalla liikennevirran keskinopeutta ja kasvattamalla liikennetiheyttä. Nopeus ja tiheys eivät kuitenkaan ole toisistaan riippumattomia. Jos toista muutetaan, myös toinen muuttuu. Syynä tähän on inhimillinen toiminta eli kuljettajien tarve säilyttää turvallisena pitämänsä ajoneuvoväli, joka on riippuvainen nopeudesta. Perusoletus on, että *nopeus on tiheyden funktio*:

$$\begin{aligned} v &= v(d) \\ \Rightarrow q &= vd = v(d)d = q(d) \end{aligned} \quad (3-6)$$

Liikennetiheys on siis suure, joka ensisijaisesti määrää liikennevirran tilan.

Nopeus-tiheysriippuvaisuus

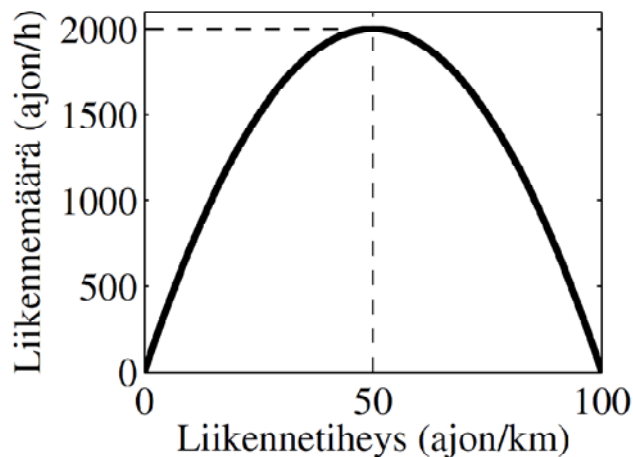
Jos liikennetiheys on pieni, ei ajoneuvojen välillä ole vuorovaikutusta ja liikennevirran nopeus on ns. *vapaa nopeus*. Liikennetiheyden kasvaessa vuorovaikutus lisääntyy, joten nopeus turvallisuussyistä alenee. Liikennetiheyden kasvaessa suurimpaan mahdolliseen arvoonsa nopeus laskee nollaan. Amerikkalainen Greenshields oletti riippuvaisuuden suoraviivaiseksi (kuva 3-8).



Kuva 3-8. Liikennevirran nopeuden ja liikennetiheyden välinen riippuvaisuus Greenshieldsin mukaan, kun $v_v=80$ km/h ja $d_{max}=100$ ajon/km (Luttinen ym. 2005).

Tiheys-liikennemääräriippuvaisuus

Korkea nopeus on mahdollista vain pienellä liikennetiheydellä. Tällöin liikennemäärä on pieni. Nopeus lähestyy nollaa, kun tiheys lähestyy maksimiarvoaan ja liikennemäärä lähestyy nollaa. Keskisuurilla nopeuksilla liikennetiheys on myös keskinkertainen. Lineaarinen nopeus-tiheysfunktio johtaa paraboliseen tiheys-liikennemääräfunktioon (kuva 3-9). Liikennemäärällä on olemassa maksimi, jota kutsutaan *välityskyvyksi* eli *kapasiteetiksi*.

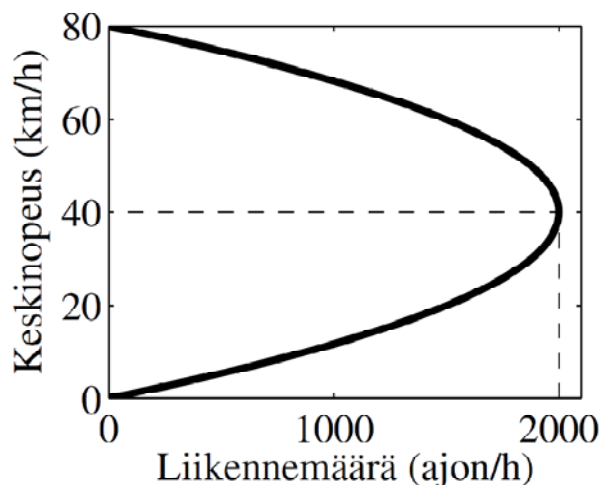


Kuva 3-9. Liikennevirran tiheyden ja liikennemäärän välinen riippuvaisuus Greenshieldsin mukaan, kun $v_v=80$ km/h ja $d_{max}=100$ ajon/km (Luttinen ym. 2005).

Nopeus-liikennemääräriippuvaisuus

Koska korkea nopeus on mahdollista vain pienellä liikennetiheydellä, siitä seuraa, että myös liikennemäärä jää pieneksi. Toisaalta alhainen nopeus suuresta liikennetiheydestä huolimatta laskee myös liikennemäärää (kuva 3-10). Lineaarinen nopeus-tiheysfunktio johtaa paraboliseen liikennemäärä-nopeusfunktioon.

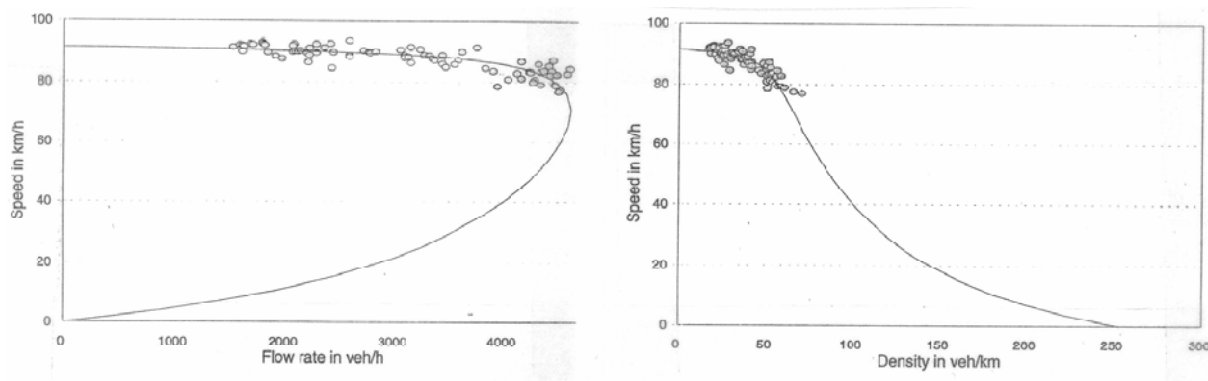
Liikennetiheys välityskyvyn ollessa maksimissaan on nimeltään *kriittinen tiheys*, koska sitä suuremmilla tiheyksillä liikennemäärä alkaa laskea ja käytännössä liikenne tulee usein epävakaaksi ja ruuhkautuu. Vastaava nopeus on nimeltään *kriittinen nopeus*. Näitä tiheys- ja nopeusarvoja kutsutaan joskus myös optimiarvoiksi, koska ne vastaavat suurinta liikennemäärää.



Kuva 3-10. Liikennevirran nopeuden ja liikennemäärän välinen riippuvaisuus Greenshieldsin mukaan, kun $v_v=80$ km/h ja $d_{max}=100$ ajon/km (Luttinen ym. 2005).

Mittaustuloksia

Nopeuden, tiheyden ja liikennemäärän välinen yhteys vaihtelee väylän mukaan, joskin peruspiirteet eri väylillä ovat samat. Nykyisin on todettu nopeuden ja tiheyden yhteys melko loivaksi alhaisilla liikennemäärillä. Lähellä kriittistä tiheyttä nopeus laskee äkkinäisesti (kuva 3-11).



Kuva 3-11. Havaitut nopeus-liikennemäärä- ja nopeus-liikennetiheysriippuvaisuudet.

Liikennemäärän jakauma

Jos liikenne voi muodostua häiriöttä, se on satunnaista. Silloin ajoneuvomäärien vaihtelu kullakin liikennemäärätasolla noudattaa Poisson-jakaumaa (kuva 3-12) eli

$$P(x) = \frac{e^{-m} m^x}{x!} = \frac{e^{-qt} (qt)^x}{x!}, \text{ missä} \quad (3-7)$$

$P(x)$ = todennäköisyys, että ajassa t tarkastelukohtaan saapuu täsmälleen x ajoneuvoa,

$m = qt$ = keskimääräinen ajassa t saapuva ajoneuvomäärä,

q = liikennemäärä (ajoneuvoa/aikayksikkö).

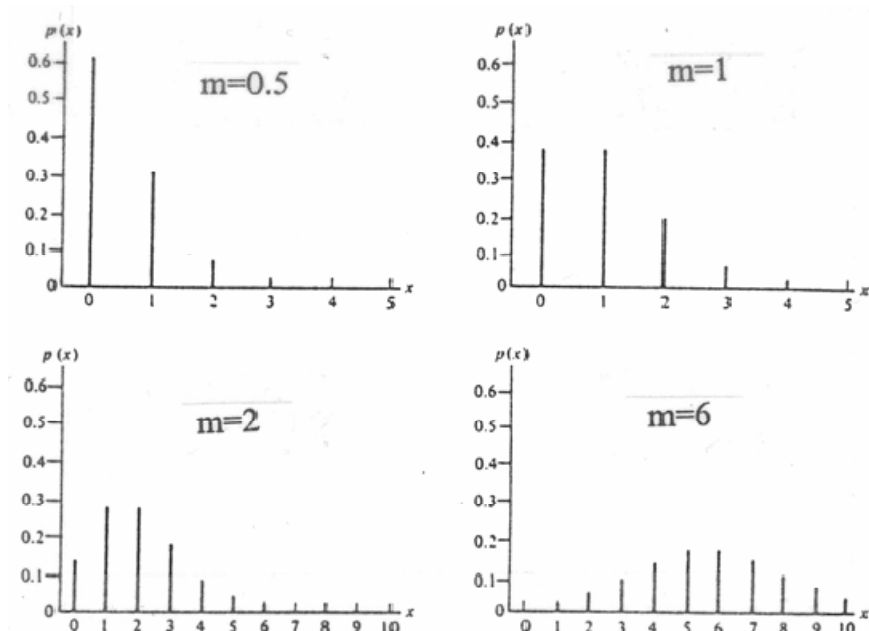
Poisson-jakauma on diskreetti, ja Poisson-jakautuneen satunnaismuuttujan keskiarvo ja varianssi ovat yhtä suuret eli

$$\sigma_x^2 = m$$

Poisson-jakaumalle on ominaista, että

$$P(x+1) = \frac{m}{x+1} P(x). \quad (3-8)$$

Poisson-jakaumaa voidaan approksimoida normaalijakaumalla.

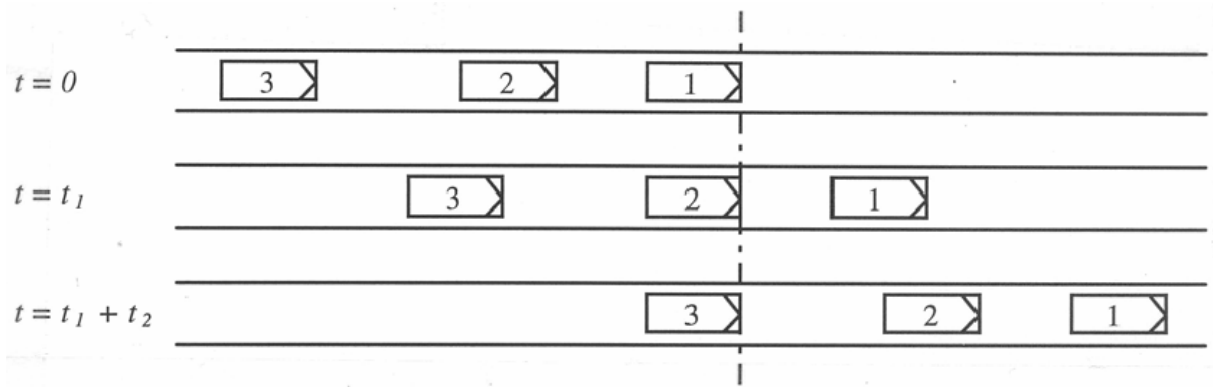


Kuva 3-12. Poisson-jakaumia eri m :n arvoilla.

Aikavälit

Aikaväli on peräkkäisten liikenneyksiköiden aikaero niiden sivuuttaessa tietyn tienkohdan (kuva 3-13). Liikennemäärä on keskimääräisen aikavälin käänteisarvo:

$$q = \frac{1}{\bar{t}}; \bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (3-9)$$



Kuva 3-13. Aikavälin määrittelmä.

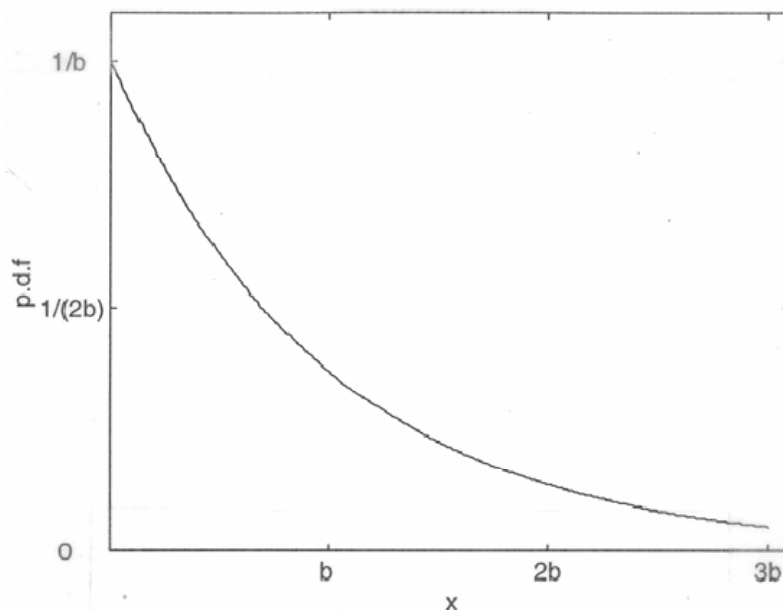
Jos liikennemäärä noudattaa Poisson-jakaumaa, saadaan

$$P(x=0|t) = P(T > t) = \frac{e^{-m}}{x!} m^x = \frac{e^{-m}}{0!} m^0 = e^{-m} = e^{-qt} \quad (3-10)$$

Aikavälijakauma on siis negatiivinen eksponentiaalijakauma (kuva 3-14).

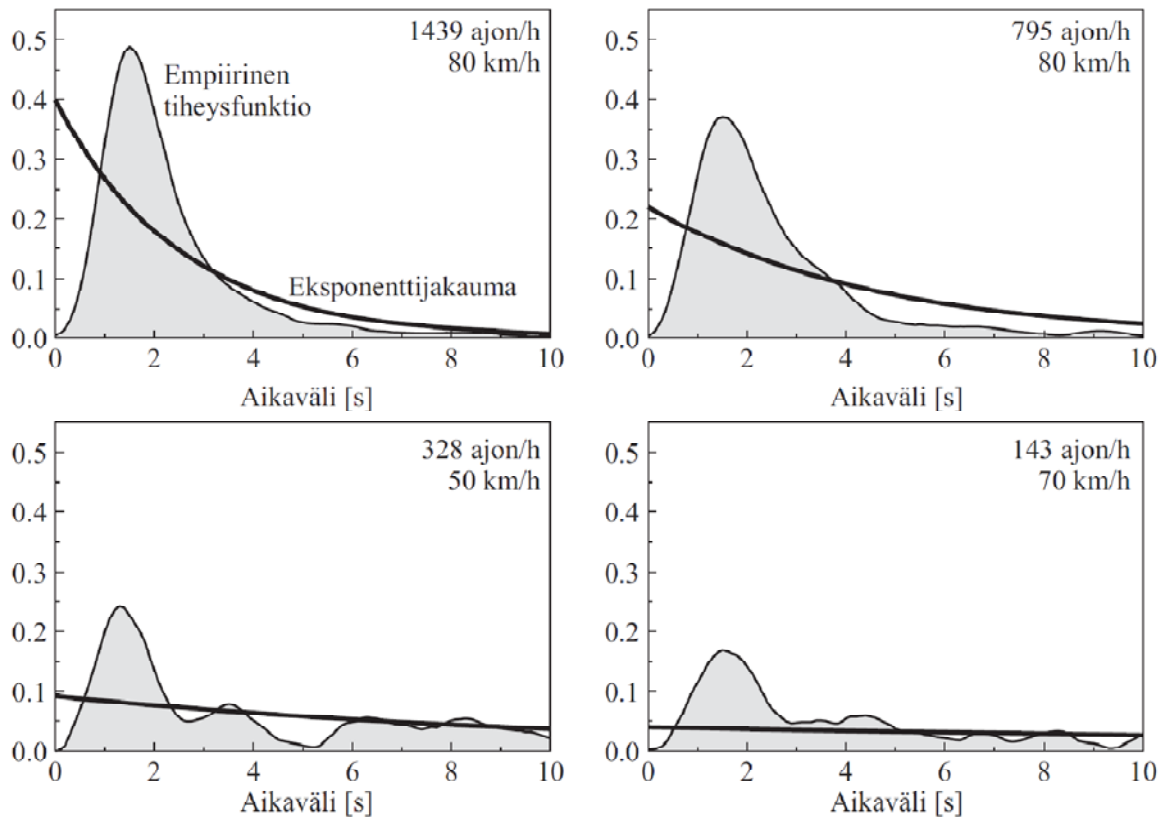
$$\left. \begin{aligned} P(T > t) &= e^{-qt} \\ P(T \leq t) &= 1 - e^{-qt} \end{aligned} \right\} \text{Kertymäfunktio}$$

$$p(t) = \frac{d}{dt}(P(T \leq t)) = qe^{-qt} = \frac{1}{\bar{t}} e^{-\frac{t}{\bar{t}}}, \text{ sillä } \bar{t} = \frac{1}{q}. \quad (3-11)$$



Kuva 3-14. Negatiivisen eksponentiaalijakauman tiheysfunktio $p(t) = qe^{-qt}$ ($b = \bar{t}$).

Negatiivinen eksponentiaalijakauma soveltuu vain sellaisen liikenteen kuvaukseen, jossa aikavälit voivat muodostua vapaasti. Käytännössä ajoneuvot eivät voi seurata toisiaan mielivaltaisen lyhyin välein eivätkä ohitukset ole aina mahdollisia. Aikavälijakauma poikkeaa todellisuudessa negatiivisesta eksponentiaalijakaumasta (kuva 3-15). Liikennemäärästä riippumatta havaittujen aikavälijakaumien huippu on välillä 1–2 s. Huipun korkeus kasvaa liikennemäärän kasvaessa.



Kuva 3-15. Todellisia aikavälijakaumia eri liikennemäärillä (Luttinen ym. 2005; alkuperäinen lähde: Luttinen 1996). Kuviin on piirretty myös negatiivisen eksponentiaalijakauman kuvaaja.

Jonot

Jonoja syntyy, kun aikavälit eivät pääse muodostumaan vapaasti, eli kun vastaan tuleva liikenne tai näkemäesteet estävät ohittamisen. Jono on vähintään kahden ajoneuvon muodostama ryhmä, jossa ajoneuvojen aikaväli on pienempi kuin 3 s. Ajoneuvoryhmän (jonon) ensimmäinen ajoneuvo voi valita nopeutensa vapaasti, joten edellä olevan määritelmän mukaan se ei kuulu jonoon. Aikaväliin perustuvasta jonokriteeristä seuraa, että liikenteessä (myös häiriöttömässä) on aina jonoja eli

$$P(t < 5 \text{ s}) = 1 - e^{-qt} = 1 - e^{-q \cdot 5} \quad (3-12)$$

Jonoja on siis sitä enemmän, mitä suurempi on liikennemäärä.

Ohitukset

Liikennevirrassa on kahdenlaisia ohituksia. *Aktiivisella ohituksella* tarkoitetaan sitä, kun ajoneuvo ohittaa itse ja *passiivisella ohituksella* sitä, kun ajoneuvo tulee ohitetuksi.

Koko liikennevirta

Liikennevirran ohitustiheys on ohitusten määrä aikaa ja väylän pituusyksikköä kohti (ohituksia/km/h). *Keskimääräinen ohitustiheys ajoneuvoa kohti* on ohitusten määrä pituusyksikköä ja ajoneuvoa kohti eli liikennevirran ohitustiheys jaettuna liikennemäärällä. Satunnaisessa liikennevirrassa, missä ohittaminen voi vapaasti tapahtua, ohitusten määrä on riippuvainen liikennevirran nopeuksien jakaumasta.

Yksittäinen ajoneuvo

Aktiivisten ja passiivisten ohitusten määrä riippuu ajoneuvon nopeudesta suhteessa muun liikenteen nopeuteen. Ohitusten kokonaismäärä on minimissään, kun ajetaan liikennevirran matkajakauman keskinopeutta. Tällöin myös aktiivisia ja passiivisia ohituksia on yhtä paljon.

3.3 Liikenteenvälityskyky

3.3.1 Yleistä

Liikenteenvälityskyvyllä eli *kapasiteetilla* tarkoitetaan suurinta ajoneuvomäärää, joka voi vallitsevissa olosuhteissa ohittaa tietyn tienkohdan aikayksikössä. Yleensä kapasiteetti on nykyisin 15 minuutin jaksosta laskettu tuntiliikennemäärä. Olennaista on, että välityskyky on sidottu vallitseviin olosuhteisiin. Se riippuu siten tiestä, liikenteestä (esimerkiksi raskaan liikenteen määrä), liikenteen ohjauksesta (valo-ohjaus ym.), kelistä jne.

Välityskykylaskelmat pohjautuvat laajojen perustutkimusten antamiin keskimääräistietoihin välityskyvystä ja siihen vaikuttavista tekijöistä. Suomalaiset laskentamenetelmät pohjautuvat paljolti amerikkalaiseen Highway Capacity Manual 2000 (HCM 2000) -välityskykykirjaan ja ruotsalaiseen CAPCAL-menetelmään.

3.3.2 Käsitteitä

Mitoitusliikenne

Väylien suunnittelu edellyttää arviota sille tulevasta liikenteestä. Mitoitus perustuu huippuliikennettä koskevaan arvioon. Jos huippu arvioidaan liian korkeaksi, tulee väylä ylimitoituksi (resurssien tuhlausta). Jos taas huippu arvioidaan liian matalaksi, väylällä esiintyy paljon ruuhkia (resurssien tuhlausta). Ongelma onkin oikean tason valitseminen. On päätet-

tävä, onko kahden tunnin ruuhka kesäviikonloppuisin riittävä peruste kapasiteetin lisäykselle, kun vuodessa on yhteensä 40 ruuhkatuntia. Yksikäsitteistä vastausta tai selkeää menettelytapaohjetta mitoituksiliikenteen valintaan ei ole, koska kysymys on yksilöiden ja yhteiskunnan arvostuksesta.

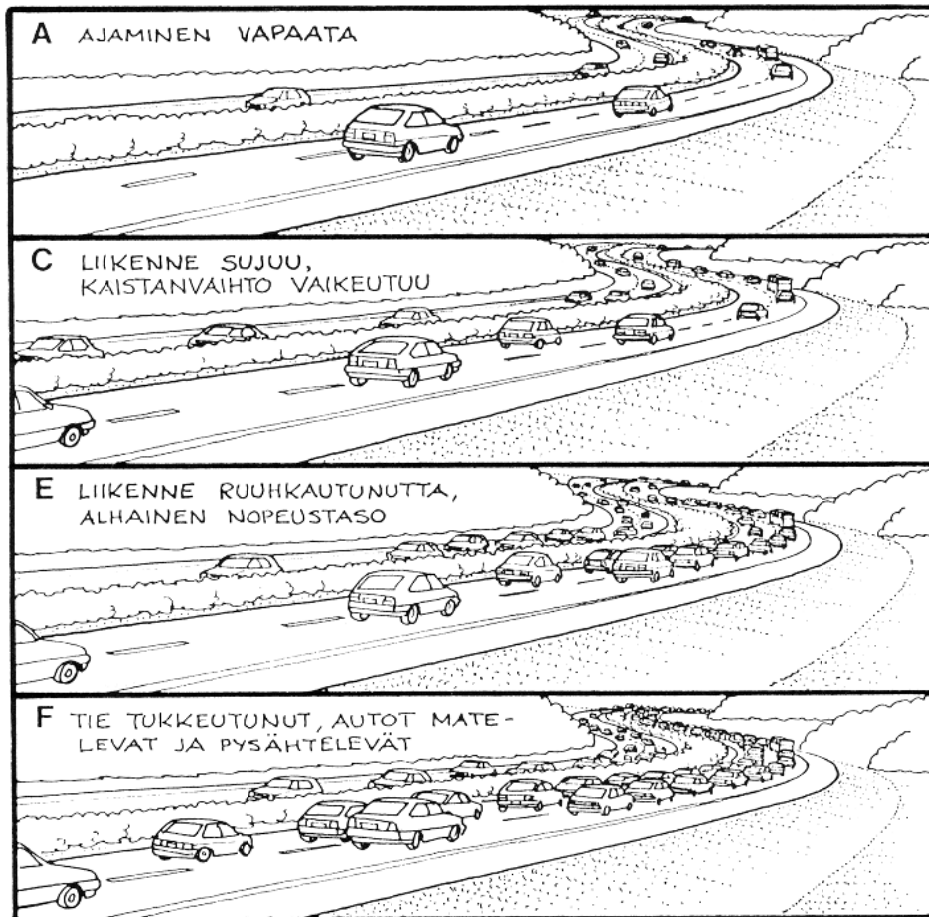
Palvelutaso

Palvelutasolla kuvataan tietyn liikennevirran toiminnallista tilaa. Palvelutaso on laadullinen HCM-käsikirjassa käytetty mitta, joka kuvaa tien ajo-olosuhteita eli ajomukavuutta, ajovapautta, liikenteen häiriöitä ja turvallisuutta. Palvelutason käsitettä käytetään sekä tielinjoilla että liittymissä. Tielinjalla palvelutason arviointi perustuu liikennetiheyteen tai jonoutumiseen. Liittymissä arviointiperusteena on viivytysten suuruus.

Väylien suunnittelussa ei kapasiteettiolosuhteita voida käyttää lähtökohtana, koska liikenteen satunnaisvaihtelut edellyttävät tiettyä varmuutta ruuhkautumista vastaan ja ajaminen kapasiteettiolosuhteissa on raskasta (pakkotahtista). Suunnittelun lähtökohtana on tietty palvelutaso huippuliikenteen aikana. Kun palvelutaso on hyvä, on ajaminen helppoa, turvallista ja joustavaa. Kun palvelutaso on huono, on ajaminen rasittavaa, hidasta ja kallista. Palvelutasoluokkia on kuusi:

- A = erittäin hyvä,
- B = hyvä,
- C = tyydyttävä,
- D = välttävä
- E = huono; välityskykyä vastaava liikennetilanne
- F = erittäin huono; ruuhkautunut liikennetilanne.

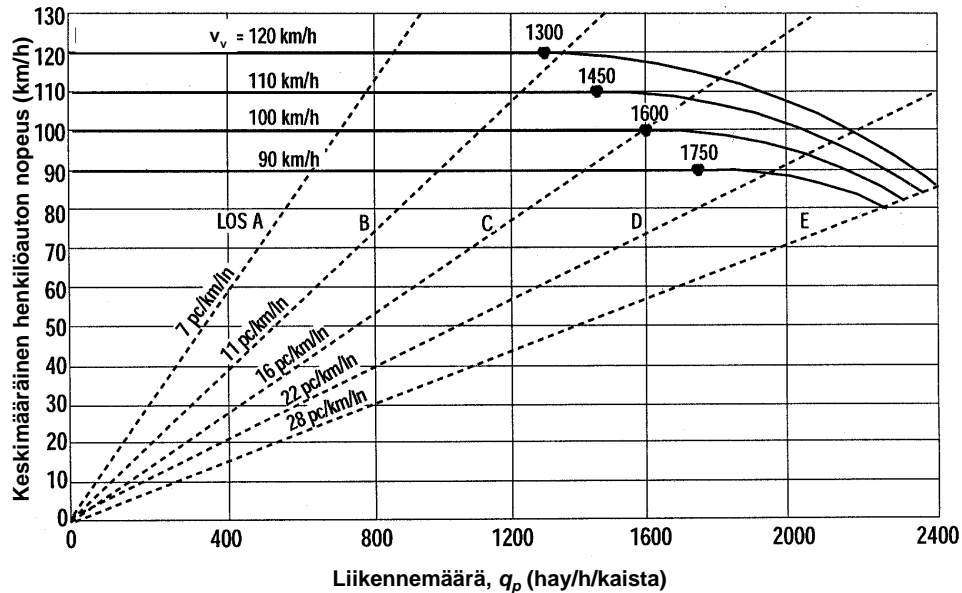
Palvelutaso on sidoksissa tien luonteeseen. Tyydyttävä palvelutaso on moottoritieellä erilainen kuin tavallisella kaksikaistaisella tiellä. Heikko palvelutaso aiheuttaa turhaa polttoainekulutusta, ajanhukkaa ja stressiä sekä kuljetusten viivästymistä. Jos liikennettä ei voida vähentää, palvelutason nostaminen vaatii korkealuokkaisemman tien rakentamista. Palvelutason parantamisesta on siis maksettava. Palvelutaso vaikuttaa ajomukavuuteen (kuva 3-16).



Kuva 3-16. Palvelutason vaikutus ajomukavuuteen (Tielaitos 1990).

3.3.3 Moottoritien linjauksen välityskyky ja palvelutaso

Moottoritien linjaosuuden palvelutason määrittäminen perustuu ensi sijassa liikennetiheyteen. Kutakin palvelutason vastaa oma maksimiliikennetiheytensä, josta seuraa maksimiliikennemäärä ja miniminopeus (kuva 3-17).



Kuva 3-17. Nopeus-liikennemääräkäyrät ja palvelutaso moottoritien linjaosuuksille (Transportation Research Board 2000).

Todelliset liikenne- ja tieolosuhteet vaikuttavat moottoritien nopeus-liikennemäärä-liikennetiheys-riippuvaisuuksiin.

Palvelutason määrittämiseksi moottoritien linjaosudelle määritetään ensin ns. vapaa nopeus, joka tarkoittaa henkilöautojen keskinopeutta, kun liikennemäärä on pieni tai kohtalainen. Todellisten olosuhteiden poiketessa ihanteellisista tehdään tarvittavat korjaukset.

Tämän jälkeen määritetään laskennallinen kaistakohtainen liikennemäärä, johon otetaan huomioon ajoneuvo- ja kuljettajakoostumuksesta, kaistamäärästä ja liikennemäärän lyhytaikaisesta vaihtelusta aiheutuvat korjaukset.

Lopuksi määritetään henkilöautojen keskimääräinen nopeus ja lasketaan liikennetiheys, joka määrää palvelutason.

3.3.4 Kaksikaistaisen tien välityskyky ja palvelutaso

Kaksikaistaisten teiden välityskyvyn perusarvo on 1 700 ajon/h/suunta. Pitkillä kaksikaistaisilla tieosuuksilla suuntien yhteenlaskettu välityskyky ei ylitä arvoa 3 200 ajon/h. Välityskyky on riippuvainen maastosta, tiegeometriasta ja liikenneolosuhteista.

Välityskykylaskelmissa tarvitaan lähtötietoina tien tuntiliikennemäärä, huipputuntikerroin, liikenteen suuntajakauma ja raskaiden ajoneuvojen osuus.

Palvelutason arvioimiseksi määritetään ensin ns. *vapaa nopeus*. Se määritetään yleensä maastomittauksin, mutta voidaan arvioida myös laskennallisesti.

Tämän jälkeen määritetään laskennallinen liikennemäärä, johon otetaan huomioon ajoneuvo-koostumuksesta, mäkisyydestä ja liikennemäärän lyhytaikaisesta vaihtelusta aiheutuvat korjaukset.

Keskimääräinen matkanopeus arvioidaan vapaan nopeuden, henkilöautoekvivalenttiliikennemäärän ja ohituskieltoalueista aiheutuvan korjauksen avulla.

Viivytettyä ajamisen osuus arvioidaan liikennemäärän ja sen koostumuksen, liikenteen suuntajakauman ja ohituskielto-alueiden osuuden avulla.

Kaksikaistaisen päätien palvelutaso määritetään viivytettyä ajamisen osuuden ja keskimääräisen matkanopeuden perusteella ja alempiluokkaisen kaksikaistaisen tien palvelutaso viivytettyä ajamisen osuuden avulla.

3.3.5 Tasoliittymien välityskyky ja palvelutaso

Yleistä

Liittymien välityskykylaskelmissa tarkastelun kohteena on tietyn tulosuunnan liikenne ja tavoitteena on selvittää ajoneuvomäärä, joka voi ylittää risteävän tien tai liittyä sen liikennevirtaan. *Valo-ohjauksisessa* liittymässä jokaisen tulosuunnan olosuhteet on tarkasti määritetty ja välityskyky voidaan laskea. *Valo-ohjauksettomassa* liittymässä tarkastellaan vain väistämisvelvollisia suuntia eli sivusuuntia.

Välityskyky käytetään täysin hyödyksi, jos liittymän kaikilla tulosuunnilla on jatkuva jono. Välityskyvyn ohella ollaan kiinnostuneita liikenteelle aiheutuvista viivytyksistä ja jonojen pituuksista. Viivytykset ja jonot kuvaavat palvelutasoa. Jononpituustietoja tarvitaan myös lisäkaistojen (esimerkiksi vasemmalle kääntyvien kaista) tarpeen ja kaistojen pituuksien arviointiin.

Valo-ohjauksisen tasoliittymän välityskyky ja palvelutaso

Valo-ohjauksen peruskäsitteet on esitelty luvussa 8.3. Valo-ohjauksisessa tasoliittymässä kaistan välityskyky (C) on vihreän ajan osuuden (g/c) ja ominaisvälityskyvyn (s) tulo:

$$C = \frac{g}{c} s, \text{ jossa} \quad (3-13)$$

- g = kaistan tehollinen vihreä aika (s)
 c = jakson pituus (kiertoaika) (s).

Ominaisvälityskyky (purkautumisliikennemäärä) tarkoittaa keskimääräistä jonosta purkautuvan liikenteen määrää (ha/h), jonka kaista kykenee välittämään, kun sille näytetään koko ajan vihreää opastinkuvaa. Suoraan ajaville tarkoitetun kaistan ominaisvälityskyvyn oletusarvo *perustilanteessa* (kaistan leveys vähintään 3,5 m, ei pituuskaltevuutta, vain henkilöautoliikennettä, ei pysäköintiä tai pysäkkiä, valoisa aika, kuiva keli) on 1940 ha/h. Muissa tilanteissa oletusarvoa korjataan korjauskertoimilla. Ominaisvälityskyky riippuu kaistatyyppistä ja ohjaustavasta (ajetaanko kaistalta vain suoraan vai saako siltä myös kääntyä). Lisäksi ominaisvälityskykyyn vaikuttavat ajoneuvokoostumus (raskaan liikenteen määrä), liittymän geometria ja keli.

Välityskyky riippuu myös vaiheiden lukumäärästä. Vaihemäärän kasvaessa hukka-ajan määrä kasvaa, mutta liikkumisen esteettömyys lisääntyy. Lisäksi tietyissä vaiheissa liikenne saattaa olla vähäistä.

Viivytys valo-ohjauksisessa liittymässä

HCM 2000:ssa valo-ohjauksisen liittymän palvelutasokriteerinä on *ohjausviive* eli valo-ohjauksesta ja siihen liittyvistä väistämissäännöistä ajoneuvoille aiheutuva lisäaika verrattuna tilanteeseen, jossa ajoneuvon ei tarvitse pysähtyä tai hidastaa valo-ohjauksen tai väistämisvelvollisuuden takia. Keskimääräinen ohjausviive ajoneuvoa kohti määritetään jokaiselle kaistaryhmälle ja tulosuunnalle sekä liittymälle kokonaisuudessaan.

Valo-ohjauksisen liittymän palvelutaso

HCM 2000:ssa valo-ohjauksisen liittymän palvelutaso määritellään liikennevaloista ajoneuvoille aiheutuvan viivytyksen perusteella (*taulukko 3-1*). Keskimääräinen viivytys ajoneuvoa kohti arvioidaan jokaiselle kaistaryhmälle ja tulosuunnalle sekä liittymälle kokonaisuudessaan.

Taulukko 3-1. *Palvelutasokriteerit valo-ohjauksisille liittymille (Transportation Research Board 2000).*

Palvelutaso	Keskimääräinen ohjausviive [s/ajon]
A	≤ 10
B	10–20
C	20–35
D	35–55
E	55–80
F	> 80

Valo-ohjauksettoman tasoliittymän välityskyky ja palvelutaso

Ohjauksettoman tasoliittymän välityskykytarkastelut pelkistetään yleensä aikavälitarkaste-
luiksi: liittymässä kunkin väistämisvelvollisen ajoneuvon on odotettava, kunnes siihen nähden
etuajo-oikeutetussa liikennevirrassa on kyllin pitkä ajoneuvoväli (aikaväli), johon voi
turvallisesti liittyä. Kuljettajien keskimäärin turvallisena pitämää aikaväliä sanotaan *kriittiseksi*
aikaväliksi, k . Jos päätien ajoneuvoväli on kyllin suuri, voi siihen liittyä useita sivutien
ajoneuvoja. Jonosta purkautuvat ajoneuvot lähtevät liikkeelle *lähtöaikavälein*. *Seuranta-*
aikaväli b on liikkuvan ajoneuvojonon ajoneuvojen välinen aikaväli määrättyssä pisteessä.

Kriittisen aikavälin arvo riippuu

- operaatiosta (kääntyminen oikealle tai vasemmalle, ajo suoraan)
- ohjaustavasta (väistämisvelvollisuus, pysähtymispakko)
- liittymästä (nopeusrajoitukset, kaistamäärät)
- ajoneuvotyypistä (kevyt/raskas)
- kuljettajasta.

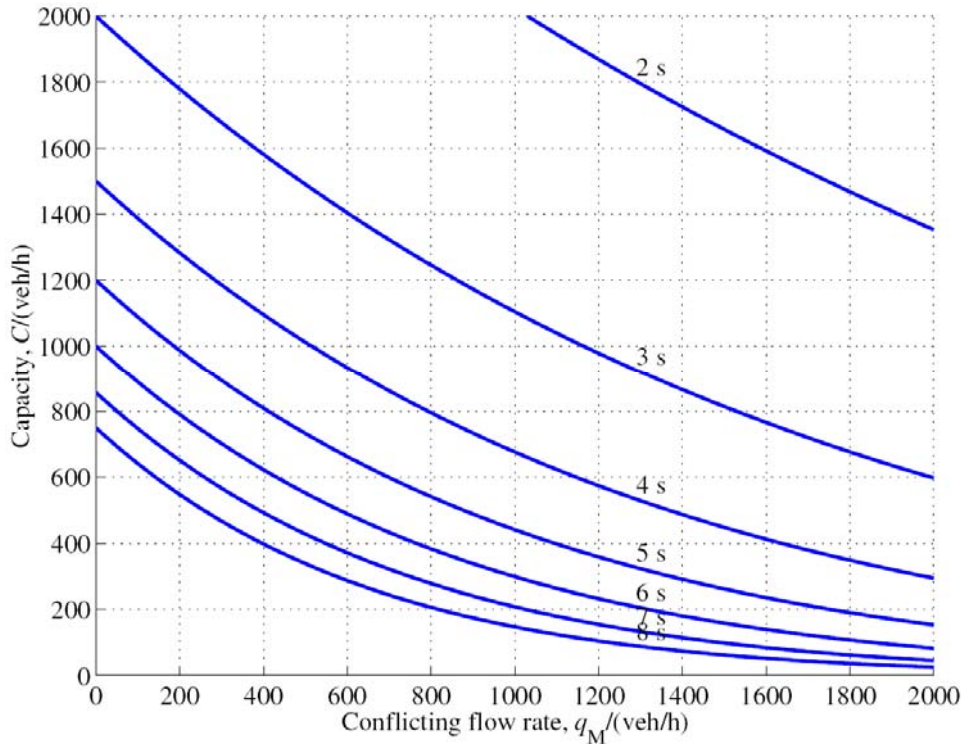
Seuranta-aikaväli on valo-ohjaamattomissa liittymissä yleensä noin $0,6 \times$ kriittinen aikaväli eli
 $b = 0,6k$.

Sivutien välityskyky (= suurin purkautuva liikennemäärä) saavutetaan, kun sivutiellä on
jatkuva jono, eli kaikki päätien riittävän pitkät aikavälit käytetään täysin hyväksi. Välityskyky
voidaan arvioida päätien liikenteen erisuuruisten aikavälien määrän ja kunkin suuruiseen
aikaväliin purkautuvien sivutien ajoneuvojen lukumäärän avulla seuraavasti:

Jos päätien liikenne on satunnaista, saadaan:

$$K = \frac{e^{-kq}}{1 - e^{-bq}} q, \quad (3-14)$$

Sivutien välityskyky riippuu siis päätien liikennemäärästä q_p (kuva 3-20).



Kuva 3-20. Sivuvirran välityskyvyn riippuvuus päävirran liikennemäärästä q_M erilaisilla kriittisillä aikaväleillä k , $h=0,6k$ (Luttinen 2004).

Viivytytys ja jononpituus valo-ohjauksettomassa tasoliittymässä

Viivytysten laskeminen valo-ohjauksettomassa liittymässä perustuu jonoteoriaan, eli ajoneuvojen tuloaikoihin (Poisson-jakautuneita) ja liittymän ”palvelu-aikaan”, eli siihen, kuinka kauan ajoneuvon on odotettava ennen liittymistä. Lisäksi viivytyksiin vaikuttaa jonoteorian mukaan palvelupaikkojen lukumäärä, joka on tässä tapauksessa liittyvien kaistojen lukumäärä. Liittymän kuormitusaste on sivutien liikennemäärän ja kapasiteetin suhde:

$$B = \frac{q_s}{K} \leq 1,0. \quad (3-15)$$

Kuormitusaste kuvaa liittymän toimintaa ja sen avulla voidaan laskea myös viivytykset. On huomattava, että kapasiteetti voidaan saavuttaa vain, jos sivutiellä on jatkuva jono, ts. kaikki aikavälit käytetään optimaalisesti hyväksi.

Palvelutaso valo-ohjauksettomassa liittymässä

HCM 2000:ssa valo-ohjauksettoman liittymän palvelutaso määritellään laskennallisen tai mitatun viivytyksen perusteella ja se määritellään vain väistämisvelvollisille liikennevirroille, ei koko liittymälle.

4 LIIKENNETUTKIMUKSET

4.1 Johdanto

Liikennetutkimuksilla tarkoitetaan kenttätutkimuksia, joilla hankitaan erilaisia tietoja liikenteestä. Tavallisimpia tutkimuksia ovat liikennelaskennat, määräpaikka-, nopeus-, ajoaika-, pysäköinti-, välityskyky-, melu- ja joukkoliikennetutkimukset. Tutkimusmenetelmien ja -laitteistojen tekninen kehitys on mahdollistanut tutkimusten tekemisen ja tietojen käsittelyn yhä nopeammin, helpommin ja monipuolisemmin. Liikenteen simulointi tarjoaa mahdollisuuden tutkia liikennettä laboratorio-olosuhteissa jo ennen kuin liikennejärjestelyjä käytännössä toteutetaan. Viime aikoina ovat yleistyneet myös monipuoliset haastattelututkimukset, joilla pyritään selvittämään ihmisten arvoja ja asenteita sekä toiveita ja odotuksia liikennejärjestelyjen suhteen. Aiemmin haastattelut ovat palvelleet lähinnä matkatiedostojen keräämistä.

4.2 Liikennelaskennat

4.2.1 Yleistä

Liikennelaskennoilla selvitetään tietyn tienkohdan sivuuttaneiden liikenneyksiköiden lukumäärä aikayksikössä eli *liikennemäärä*. Liikennemäärätiedot muodostavat perustiedon liikenneverkkojen kehittämistä ja kunnossapitoa koskeville ratkaisuille.

Laskentapisteet, laskentajakson pituus sekä laskentateknikka valitaan liikennelaskentojen tavoitteen perusteella. Tavoitteena voi olla esimerkiksi

- liikennemäärien yleisen kehityksen seuraaminen
- liikenteen vaihtelumuotojen selvittäminen
- liikennesuoritteiden määrittäminen
- liikenneverkon liikennemäärien inventointi tieosittain
- lähtötietojen hankinta suunnittelua varten (mm. liittymäjärjestelyt, valo-ohjauksen suunnittelu)
- otantaan perustuvien liikennetutkimusten tulosten tarkentaminen tai tarkistaminen.

Laskennat voidaan ryhmitellä esimerkiksi *laskennan keston* mukaan:

- lyhytaikainen
- pitkäaikainen
- jatkuva

laskentatekniikan mukaan:

- käsinlaskenta
- konelaskenta

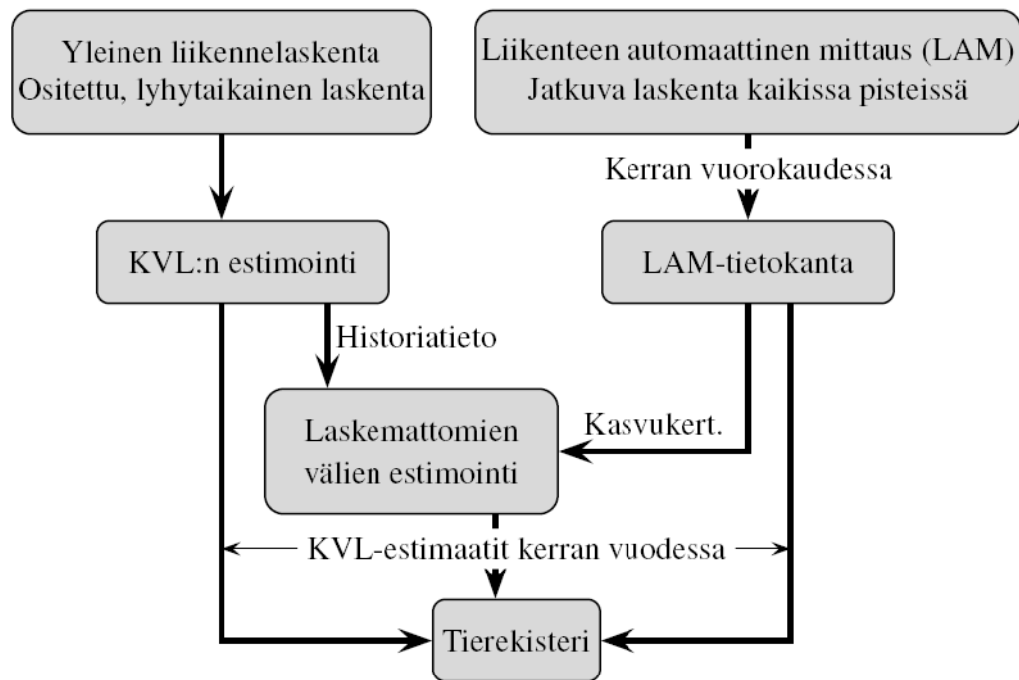
laskettavien liikenneyksiköiden tyyppin mukaan (esim. moottoriajoneuvo, jalankulkija jne.)

liikenteen suunnan mukaan:

- poikkileikkauslaskennat
 - tien poikkileikkaus yhteensä
 - tien poikkileikkaus suunnittain
- liittymien liikennevirtalaskennat
 - liittymän liikennevirrat kääntymissuunnittain.

4.2.2 Liikennelaskennat Suomessa

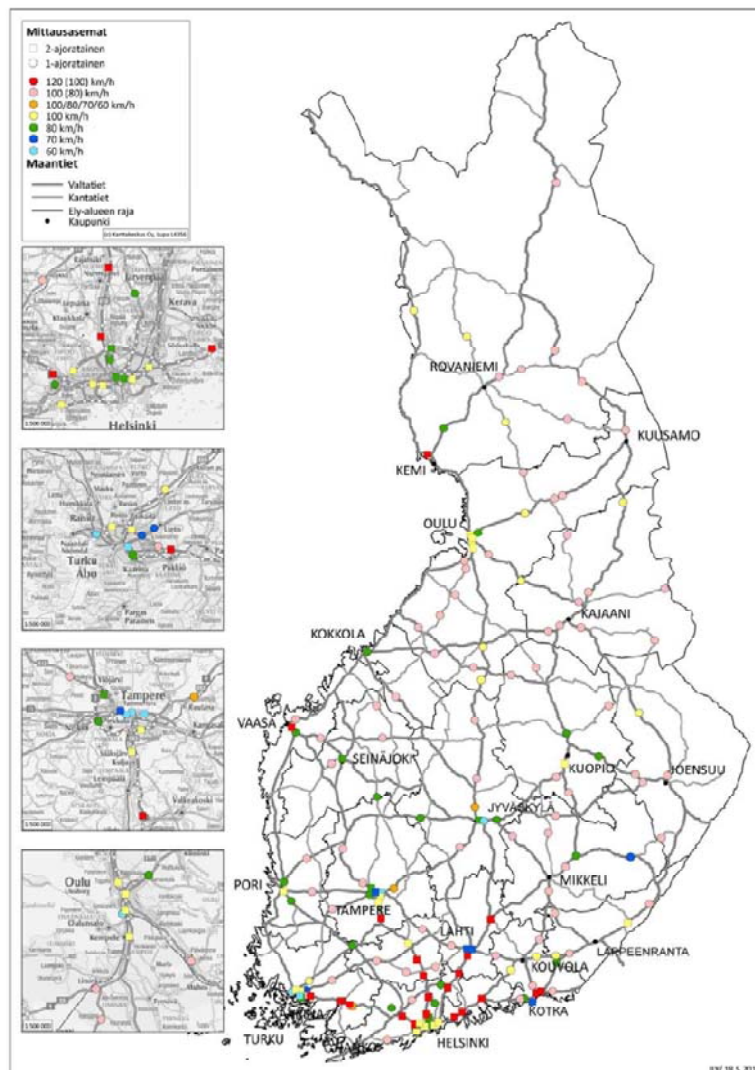
Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmän tavoitteena on tuottaa luotettavaa tietoa maanteiden liikenteestä, sen kehityksestä ja vaihtelusta mahdollisimman vähin kustannuksin täyttäen liikennetiedon käyttäjien vaatimukset ja toiveet. Järjestelmä on avoin siten, että sen tuottamia tietoja voidaan käyttää hyväksi päätöksentekojärjestelmissä. *Kuvassa 4-1* on esitetty laskentojen toimintokaavio. Laskentajärjestelmä koostuu kahdesta alajärjestelmästä: kiinteästä laskennasta ja yleisestä laskennasta.



Kuva 4-1. Liikenneviraston liikennelaskentajärjestelmä.

Suomen tieverkolla on *kiinteä laskentajärjestelmä*, joka käsittää hieman yli 400 liikenteen automaattista mittauspistettä (vuonna 2011), joista suurin osa sijaitsee pääteillä (*kuva 4-2*). Alunperin mittauspisteiden paikat valittiin tilastollisten menetelmien avulla siten, että niiden tuottamat tiedot edustivat koko päätieverkon liikenteen määriä, ajoneuvokoostumusta, kehitystä ja ajallista vaihtelua. Nykyisin monet uusista pisteistä on sijoitettu paikkoihin, jotka ovat tärkeitä liikenteen hallinnan kannalta. Laskentapisteen mittauslaite rekisteröi ohiajavista ajoneuvoista ohitusajan, nopeuden ja pituuden, ajosuunnan ja kaistan sekä ajoneuvotyypin. Ajoneuvojen tunnistus tapahtuu tiehen upotettujen kahden peräkkäisen induktiosilmukan avulla.

Järjestelmä tuottaa jatkuvaa ja reaaliaikaista tietoa tieliikenteestä ja monenlaiset analyysit esim. lyhyt- ja pitkäaikaisista liikenteen vaihteluista ovat mahdollisia. Tietoja käytetään hyväksi mm. tien- ja kunnossapidon suunnittelussa, liikennesuunnittelussa, liikenneturvallisuuksitutkimuksissa, tienkäyttäjille suunnatussa liikennetiedottamisessa, liikenteen ohjauksessa ja liikennevirran ominaisuuksien selvittämisessä. Tiedot ovat myös perustana yleisen liikennelaskennan mallien kehittämisessä.



Kuva 4-2. Liikenteen automaattiset mittauspisteet vuonna 2010 (Ylönen 2011).

Yleisellä laskennalla tarkoitetaan laskentamenetelmää, jossa liikennettä lasketaan järjestelmään kuuluvissa pisteissä tietyn ohjelman ja aikataulun mukaisesti. Yleisen laskennan tavoitteena on tuottaa tienosittaiset tiedot keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä. Mukana on myös alemman luokkaisia teitä. Laskentaa varten tieverkko on jaettu noin 15 000 liikenteellisesti samanlaiseen tienosuuteen. Jokainen tienosa lasketaan neljän vuoden kierrossa. Kausivaihtelun vuoksi laskentajaksoja on kaksi tai kolme (aina syksy ja lisäksi talvi ja/tai kesä). Jokaisella jaksolla laskenta kestää 5–7 päivää/piste. Laskennassa käytetään mikroaaltolaskimia tai siirrettäviä silmukkalaskimia.

Liikenteen automaattisen mittausjärjestelmän tuottamien tietojen avulla on kehitetty tilastolliset menetelmät tärkeimpien tunnuslukujen laskemiseksi (*KVL* = vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne, *KAVL* = keskimääräinen arkivuorokausiliikenne, *KKVL* = kesän keskimääräinen vuorokausiliikenne). Sellaisten tienosien liikennemäärät, joita ei ko. vuonna ole laskettu, saatetaan ajantasalle automaattisesta laskennasta saatavilla kehityskertoimilla. Keskimääräiset vuorokausiliikennetiedot (myös raskaan liikenteen osalta) tallennetaan tierekisteriin. Rekisteriin tulevat myös tiedot tienosan kausi-, viikontähtä- ja tuntivaihteluluokasta sekä huipputuntiliikenteestä. Tierekisteristä tietoja siirretään edelleen erilaisiin tienpidon käyttämiin järjestelmiin.

Liikennelaskentatuloksia käsiteltäessä liikenteen vaihtelumuodot (*katso luku 3.1.2*) otetaan huomioon muuntamalla laskennasta saadut liikennemäärät halutuiksi liikennemääriksi suhteellisten vaihtelukertoimien avulla.

- Yleiskasvukerroin: $f' = \frac{KVL_i}{KVL_j}$ (4-1)

- Kesäliikennekerroin: $d' = \frac{KKVL}{KVL}$ (4-2)

- Kausivaihtelukerroin: $c' = \frac{V}{KVL}$ (4-3)

- Viikontähtävaihtelukerroin: $b' = \frac{Q}{V}$ (4-4)

- Tuntivaihtelukerroin: $a' = \frac{q}{Q}$ (4-5)

Kaavoissa

V = viikon keskivuorokausiliikenne

Q = vuorokausiliikenne

q = tunnin tai tuntiryhmän liikenne.

Mielivaltaisen vuoden KVL ja KKVL voidaan laskea liikennemäärän q ja vaihtelukertoimien avulla seuraavasti:

$$KVL = \frac{q}{a' b' c' f'} \quad (4-6)$$

$$KKVL = d' KVL. \quad (4-7)$$

Liikennesuorite (ajoneuvokm) lasketaan rekisteristä kertomalla liikenteellisesti samankaltaisen tieosan keskimääräinen vuorokausiliikenne tieosan pituudella. *Henkilöliikennesuorite* (henkilökm) tie- ja katuverkolta saadaan henkilöautojen osalta kertomalla henkilöautojen ajoneuvosuorite keskimääräisellä kuormituskertoimella, mikä puolestaan on saatu haastattelututkimusten perusteella. Linja-autojen henkilöliikennesuorite saadaan kertomalla linja-autojen ajoneuvosuorite keskimääräisellä matkustajaluvulla. Juna-, lento- ja laivamatkustajien määrä ja kuljetut kilometrit saadaan näiden liikennemuotojen tilastoista. *Kuljetetun tavaran määrä* tieverkolla selvitetään kuorma-auton omistajille suunnatulla kyselyllä. Juna-, laiva-, lentokuljetukset sekä uitto saadaan ao. kuljetusmuotojen tilastoista.

Liikenneviraston laskennat eivät ulotu taajamien katuverkolle eivätkä yksityisteille, vaan niiden liikennelaskennoista vastaavat kaupungit ja kunnat. Osa kaupungeista laskeekin liikennettään säännöllisesti. Tiehallinto arvioi kuitenkin kokonaissuoritteen sekä katujen ja yksityisteiden liikennesuoritteen asiantuntijalausuntojen perusteella. Arviossa pääpaino on suurimpien kaupunkien liikenteenkehitystiedoilla. Yleisten teiden suoritteen kehitys indikoi myös katujen suoritteen kehitystä.

4.3 Määräpaikka- ja liikkumistottumustutkimukset

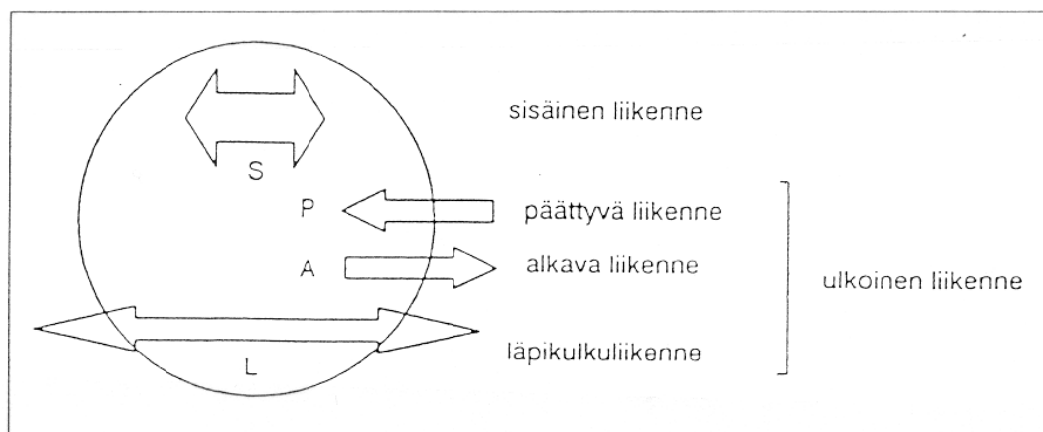
Määräpaikkatutkimus on yleisnimitys liikennetutkimuksille, joilla hankitaan tietoja liikenteen suuntautumisesta (matkojen lähtö- ja määräpaikat), liikennekäyttäytymisestä (matkojen määrä, kulkutapa, tarkoitus, reitinvalinta) ja liikennekäyttäytymisen taustamuuttujista (ruokakuntien sosioekonomiset ominaisuudet). Näiden tietojen tunteminen nykytilanteessa on tarpeellista monien lyhyen aikavälin liikennesuunnittelutehtävien kannalta. Erityisesti tietoja käytetään kuitenkin pidemmän aikavälin liikennesuunnittelussa tarvittavien liikenteen kysyntä- eli ennustemallien kehittämiseen. Määräpaikkatutkimuksessa koottujen tietojen (= kysyntä) lisäksi ennustemallien laatimiseksi tarvitaan myös tietoja tarjonnasta eli liikennejärjestelmän ominaisuuksista (esim. nopeudet) ja maankäytön ominaisuuksista (mm. asukas- ja työpaikkamäärät alueittain). Määräpaikkatutkimuksesta puhuttaessa käytetään nykyisin myös termiä *liikkumistottumustutkimus*, kun halutaan korostaa, että tutkimuksella kartoitetaan ihmisten liikennekäyttäytymistä laajemmin kuin vain liikennevirtojen ja niiden suuntautumisen selvittämiseksi.

Määräpaikkatutkimus voidaan tehdä tienvarsihaastatteluna, rekisteritunnustutkimuksena, postikyselynä tai koti- tai puhelinhaastatteluna. Postikyselyn ja kotihaastattelun tulosten tarkistamiseksi tehdään *tarkistuslinjalaskentoja* ja *-haastatteluja*, sillä usein esim. postikyselyssä jätetään suuri osa matkoista ilmoittamatta. Vertaamalla maastossa saatuja tuloksia haastatteluissa saatuihin tietoihin voidaan tehdä tarvittavat korjaukset.

Koska täydelliset tutkimukset eivät yleensä kustannussyistä ole mahdollisia, tehdään tutkimukset yleensä *otantaan* perustuen. Jo verrattain pienilläkin otoksilla on mahdollista saada riittävän tarkkoja tuloksia. Otannassa voidaan käyttää useita eri menetelmiä mm. yksinkertaista satunnaisotantaa, systemaattista otantaa, ositettua otantaa, ryväotantaa ja suhde-estimointia. Sopiva otoskoko ja tulosten laajennuskertoimet voidaan määrittää todennäköisyyslaskennan kaavojen avulla.

Määräpaikkatutkimusten yhteydessä *matkalla* tarkoitetaan yksisuuntaista siirtymistä lähtöpaikasta määräpaikkaan. Esimerkiksi opiskelija, joka aamulla menee kouluun ja illalla kotiin tullessaan poikkeaa lähikauppaan, tekee kaikkiaan kolme matkaa: koti–koulu, koulu–kauppa, kauppa–koti.

Tutkimusalueen kannalta liikenne voidaan jakaa *ulkoiseen* ja *sisäiseen liikenteeseen*. Ulkoinen liikenne voidaan puolestaan jakaa edelleen alkavaan, päättyvään ja läpikulkuliikenteeseen (*kuva 4-3*). Yhdyskunnan koon kasvaessa alkava ja päättyvä liikenne yleensä absoluuttisesti kasvaa, mutta sen osuus sisäiseen liikenteeseen verrattuna pienenee ja läpikulkuliikenteen osuus ulkoisesta liikenteestä pienenee.



Kuva 4-3. Ulkoinen ja sisäinen liikenne.

4.4 Nopeus- ja viivytystutkimukset

4.4.1 Yleistä

Nopeustiedot kuuluvat liikennejärjestelmien toimintaa kuvaaviin perussuureisiin. *Pistenopeusmittausten* avulla seurataan tieverkon nopeuksien yleiskehitystä ja nopeusrajoitusten sopivuutta. Nopeusmittauksia käytetään myös liikennevalvonnassa. Pistenopeuksia tarvitaan myös välityskykytutkimuksissa. *Matkanopeus- ja viivytystietoja* käytetään liikennejärjestelmän eri osien palvelutasotutkimuksissa sekä liikenne-ennuste- ja sijoittelumallien lähtötietona. Matkanopeus- ja viivytysmittauksia tarvitaan myös liikennejärjestelmän toiminnan seurannassa ja ongelmakohtien paikallistamisessa.

4.4.2 Mittausmenetelmiä

Pistenopeuksia mitataan nykyisin lähinnä tutkalla, lasermittauslaitella tai liikenneanalyysointilaitteella.

Tutkan toiminta perustuu äänitaajuisten mikroaaltosäteiden ja lasermittauslaitteen toiminta korkeataajuisen infrapuna-laservalopulssien lähettämiseen ja takaisinheijastumiseen. Tutka määrittää nopeuden ajoneuvosta heijastuneen aallon taajuudenmuutoksen avulla (ns. Dopplerin ilmiö) ja lasermittauslaite heijastumisaikojen ja valonnopeuden perusteella laskettujen etäisyysmuutosten avulla.

Tutkan etuina ovat mittaustekniikan helppous, nopeus ja tarkkuus. Tutka soveltuu hyvin nopeusvalvontaan ja nopeuksien seurantaan. Tutkan käyttömahdollisuudet heikkenevät pysähtelevässä liikennevirrassa ja vilkkaassa liikenteessä varsinkin useampikaistaisilla teillä.

1990-luvulla induktiosilmukoiden käyttö nopeustutkimuksissa yleistyi. On kehitetty liikenneanalyysointilaitteita, jotka ilmaisinten avulla keräävät ja tallentavat monipuolista liikennetietoa. Nopeusmittaus perustuu kahden peräkkäisen silmukan välisen matka-ajan mittaamiseen. Silmukat voivat olla kiinteästi päällysteeseen asennettuja tai ne voivat sisältyä pienikokoisiin päällysteen pinnalle kiinnitettäviin mittauslaitteisiin. Liikenneanalyysointilaitteen etuna on tarkka mittaus myös vilkkaassa liikenteessä sekä automaattinen toiminta ja tiedontallennus.

Matkanopeuksien mittaaminen perustuu kuljetun matkan ja siihen käytetyn ajan mittaamiseen. Yleisimmät menetelmät ovat rekisteritunnusmenetelmä ja liikkuvan auton menetelmä. Muita mittaustapoja ovat erilaiset seurantamenetelmät, kuten matkapuhelinpaikannus.

Rekisteritunnusmenetelmässä tutkittavan tiejakson molemmissa päissä havainnoidaan ajoneuvojen rekisteritunnus (tai osa siitä), ohitusajankohta ja ajoneuvotyyppi. Havainnoista saadaan lasketuksi liikennemäärä sekä matka-aika ja matkanopeus ajoneuvotyyppittäin tunnistamalla ajoneuvot pistepareittain. Liikenteen ollessa hiljaista voidaan mittaushavainnot

kirjata ylös käsin, vilkkaammassa liikenteessä ne kannattaa videoida. Kun tutkimus suoritetaan samanaikaisesti useassa pisteessä, saadaan tietoja myös ajoneuvojen reiteistä.

Kaupunkialueilla matkanopeuksien mittaamiseen käytetään usein ns. liikkuvan auton menetelmää, jossa mittausauto liikkuu muun liikenteen seassa ja pyrkii ajamaan liikennevirran keskinopeutta. Kiintopisteiden ohittamisajankohdista voidaan laskea kuhunkin reittiin käytetty matka-aika. Toistamalla mittaus useita kertoja samoissa olosuhteissa saadaan arvio reitin ja sen osien keskimääräisestä matka-ajasta, viivytysten lukumäärästä, kestoista, syistä ja tapahtumapaikoista. Ajoanalysointia käyttämällä saadaan samalla tietoja myös esim. ajoneuvon hetkellisistä nopeusvaihteluista ja polttoaineen kulutuksesta.

4.5 Muut tutkimukset

Pysäköintitutkimukset voidaan ryhmitellä käyttötarkoituksensa perusteella käyttötutkimuksiin sekä tavoitetutkimuksiin. Käyttötutkimuksia tarvitaan välitöntä pysäköinnin suunnittelua ja autopaikkatarpeen arvioimista sekä pysäköinnin hinnoittelun ja liikenteen ohjauksen suunnittelua varten. Tavallisimpia tutkittavia asioita ovat pysäköintipaikkojen tarjonta, käyttöaste, pysäköintikertymä, kesto ja kierto. Tavoitetutkimukset palvelevat liikennepoliittisten vaihtoehtojen suunnittelua ja sekä maankäyttöä että liikennejärjestelmää koskevaa päätöksentekoa.

Joukkoliikenteen suunnittelua varten tarvitaan *joukkoliikennetutkimuksia*. Järjestelmä- ja linjastosuunnittelua varten tarvittavat tiedot matkustajien käyttäytymisestä kerätään haastatteluilla ja kyselyillä. Liikennöinnin suunnittelun lähtökohtana ovat matkustajalaskentoihin ja matkanopeustutkimuksiin perustuvat tiedot. Lisäksi yksittäisiä suunnittelutarkoituksia varten tehdään erillistutkimuksia esim. pysäkkioperaatioiden kestosta ja matkustajien odotusajoista.

Kevyen liikenteen tutkimuksista yleisempiä ovat reittitutkimukset, joilla selvitetään esimerkiksi koulu- ja työmatkojen reittejä. Tutkimuksen yhteydessä voidaan tehdä myös kysely esim. reittien tarpeesta ja ongelmakohdista.

Liittymien välityskykytutkimuksissa tutkitaan mm. palveluaikoja, kriittisiä aikavälejä, jonomuodostusta ja viivytyksiä, jotta saadaan selville, miten hyvin liittymä toimii ja onko se turvallinen. Tutkimusten perusteella voidaan suunnitella tarvittava liikenteen ohjaus. Mittaus toteutetaan yleensä videoimalla liittymää ja tekemällä varsinainen havainnointi laboratorio-olosuhteissa. Videoinnin etuna on se, että mittaustulokset saadaan ylös tarkasti.

Liikenneturvallisuustutkimuksia tehdään esimerkiksi yksittäisten onnettomuuksien syiden selvittämiseksi ja tiettyjen onnettomuustyyppien tai onnettomuuksille alttiiden tienkohtien tutkimiseksi. Ennen-jälkeen tutkimuksilla voidaan selvittää liikenneympäristöön kohdistuneita

den toimenpiteiden vaikutusta liikenneturvallisuuteen. Konfliktitutkimuksissa tarkastellaan liikennetilanteita, joista voi olla seurauksena liikenneonnettomuus. Yksittäisten onnettomuuksien syitä tutkitaan tutkijalautakunnissa.

Melu on merkittävä liikenteen aiheuttama ympäristöhaitta. *Liikennemelututkimuksella* tarkoitetaan liikenneväylän aiheuttaman melutason kartoitusta sekä melun voimakkuutta ja häiritsevyyttä kuvaavien tunnuslukujen määrittämistä. Mittaus tehdään melumittarilla.

4.6 Liikenteen simulointi

Tietotekniikan kehitys on mahdollistanut simuloinnin käytön yleistymisen myös liikennetekniikassa. *Simuloinnilla* tarkoitetaan jonkin todellisuuden ilmiön jäljittelemistä tietokoneelle ohjelmoidun mallin avulla. Simulointimallille olennaista on dynaamisuus, eli sen avulla seurataan tarkasteltavan ilmiön muutoksia ajan funktiona. Simulointi ei sisällä matemaattista ratkaisua, vaan analyysi tapahtuu seuraamalla mallin toimintaa ja tilastoimalla tuloksia. Simulointi on siis valvotussa ympäristössä suoritettu koe, jossa muuttujia voidaan hallita.

Yleisimmät syyt simuloinnin käyttämiselle ovat, että sen avulla voidaan tutkia järjestelmän toimintaa ilman sen toteuttamista tai vertailla eri järjestelmiä täsmälleen samoissa olosuhteissa (sillä tilanteet eivät luonnossa koskaan toistu täysin samanlaisina). Simuloinnin avulla voidaan välttää kalliit koejärjestelyt sekä liikenteelle niistä mahdollisesti aiheutuvat häiriöt ja turvallisuusriskit.

Simuloinnissa liikennevirtaa voidaan kuvata mikro- tai makrotasolla. *Mikrosimuloinnissa* tarkastellaan yksittäisten ajoneuvojen käyttäytymistä. Kiinnostuksen kohteena voivat olla esim. aikavälit, kaistanvaihdot, ohitukset ja ajonopeudet. *Makrosimuloinnissa* selvitetään liikennevirran yleisiä piirteitä kuten keskinopeutta ja liikennetiheyttä.

Teknillisen korkeakoulun (nyk. Aalto-yliopiston) liikennelaboratoriossa on vuodesta 1985 lähtien kehitetty ja käytetty HUTSIM-simulointiohjelmaa. HUTSIM on alunperin liikennevalosuunnittelijoille ja tutkijoille tehty apuväline erilaisten liittymien, erityisesti valo-ohjauksisten liittymien simulointiin. HUTSIMin sovellusalue on laajennettu myös eri liikenneympäristöihin (moottoritiet, muut korkealuokkaiset väylät, raideliikenne ja terminaalit) ja kaupunkiympäristössä erilaisten joukkoliikennelinjojen simulointiin. Lisäksi on kehitetty simulointimalleja liikenneturvallisuusnäkökohtien tarkasteluun. HUTSIM oli aikanaan tunnettu simulointiohjelma, ja sillä oli käyttäjiä eri puolilla maailmaa. Tällä hetkellä HUTSIMiä ei kuitenkaan enää aktiivisesti kehitetä.

5 LIIKENNE-ENNUSTEET

5.1 Yleistä

5.1.1 Ennusteiden tarve

Liikenteen ja maankäytön suunnittelua varten tarvitaan arvioita liikenteen tulevasta kehityksestä eli on laadittava liikenne-ennusteita. Ennusteita voidaan laatia valtakunnallisesti, seudullisesti, paikallisesti tai vain tiettyä erillishanketta varten. Ennusteita laaditaan sekä lyhyelle että pitkälle aikavälille. Lyhyen aikavälin ennusteita tarvitaan esim. arvioitaessa suunniteltujen joukkoliikennetariffien alentamisen välittömiä vaikutuksia matkustajamääriin. Pitkän aikavälin ennusteita taas tarvitaan esimerkiksi strategisessa kaupunkiseudun liikennejärjestelmäsuunnittelussa. Ennusteita liikenteen kehittymisestä tarvitaan myös suunniteltavien liikennehankkeiden teknisen mitoittamisen lähtötiedoiksi sekä arvioitaessa maankäyttöä, liikennejärjestelmää ja liikennepolitiikkaa koskevien ratkaisujen vaikutuksia.

Vaikka ennusteet ovat lähes välttämättömiä liikennesuunnittelussa, on aina muistettava että ne ovat vain nykyhetken projektioita tulevaisuuteen, jotka perustuvat olettamuksiin liikennetottumuksista, maankäytöstä, taloudellisesta kehityksestä, liikennepolitiikasta ja liikennejärjestelmästä. Jos yksikin lähtötieto kehittyy eri tavalla kuin ennustetta laadittaessa on oletettu, pettää myös ennuste mitä todennäköisimmin. Ennusteisiin on siis aina suhtauduttava kriittisesti, ja on varauduttava myös toisenlaiseen kehitykseen.

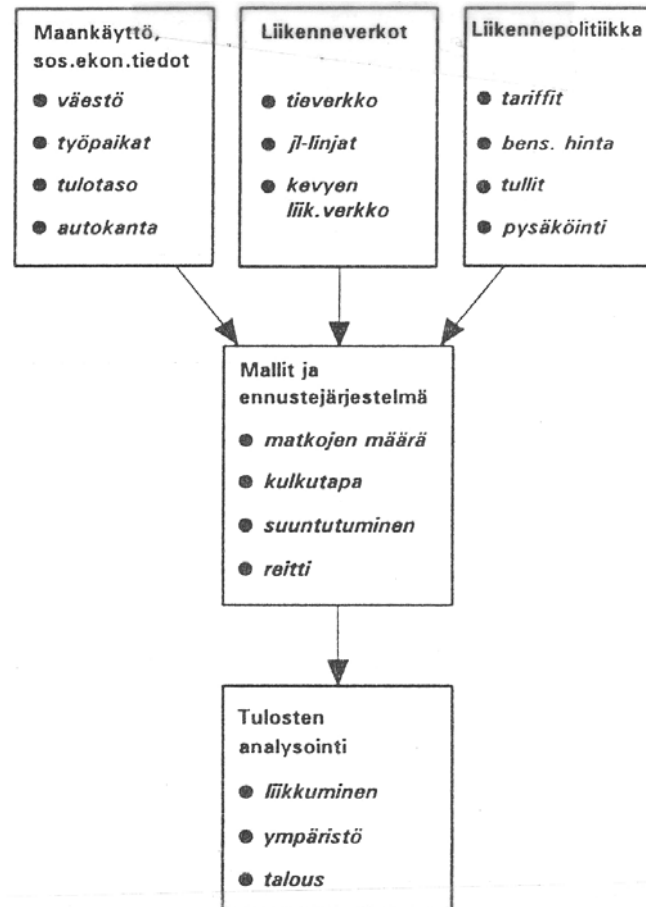
5.1.2 Ennusteprosessi

Liikenne-ennusteprosessin kulkua on havainnollistettu *kuvassa 5-1*. Prosessi alkaa nykytilanteen kartoituksella, mikä tarkoittaa esim. määräpaikka- tai liikkumistottumustutkimuksen tekemistä. Siinä selvitetään nykyiset liikkumistottumukset ja niihin liittyvät sosioekonomiset taustamuuttujat (*katso luku 4.3*). Samoin nykyisen maankäytön ja liikennejärjestelmän ominaisuudet on selvitettävä. Saatuja tuloksia analysoimalla voidaan kehittää liikennekäyttäytymisen eri osavaiheita kuvaavia matemaattisia malleja, joita käytetään ennusteen laatimisessa.

Liikenne on seurausta yhteiskunnan toiminnoista. Liikenteen määrään ja luonteeseen vaikuttavat siten mm. maankäyttö, talous-, työllisyys-, autoistumiskehitys, liikennejärjestelmien ominaisuudet sekä monet erilaiset liikennepoliittiset tekijät, kuten autoilun kustannukset, pysäköintipolitiikka, joukkoliikenteen tariffit jne. Liikenne-ennustetta laadittaessa on osattava arvioida myös näiden kaikkien eri osatekijöiden kehittyminen. Mallien selittävät muuttujat saadaankin juuri maankäyttöä, autoistumista ja liikennejärjestelmän ominaisuuksia koskevista ennusteista. Kun ne sijoitetaan malleihin, saadaan selville suunniteltujen liikennejärjestelmävaihtoehtojen liikennemäärät. Liikennemäärätietojen

perusteella voidaan edelleen laskea muita tunnuslukuja mm. vaihtoehtojen liikenteellisistä, ympäristöllisistä ja taloudellisista vaikutuksista.

Liikennemalleja kehitetään yleensä vain suurehkojen kaupunkien liikenne-ennusteita varten. Pienemmissä kaupungeissa ennusteet tehdään yksinkertaisemmin käyttämällä kasvukerroin-ennusteita tai muiden kaupunkien liikennetutkimusten yhteydessä kehittyjä malleja.



Kuva 5-1. Liikenne-ennusteprosessi (YTV 1992).

5.1.3 Ennustemenetelmien jaottelu

Liikenne-ennustemenetelmät voidaan jakaa suoriin ennusteisiin ja epäsuoriin ennusteisiin. *Suoria ennusteita* ovat kasvukerroinennusteet ja suorat kysyntämallit. *Epäsuorat liikenne-ennusteet* tehdään yleensä neliporrasmalleina, joissa matkan tekemisen eri vaiheet ennustetaan omilla malleillaan, joko ryhmä- tai yksilömalleilla.

Kasvukerroinmenetelmä on yksinkertainen ennustemenetelmä. Siinä tietyn ajankohdan tunnetut liikennemäärät ekstrapoloidaan vastaamaan tulevia olosuhteita. Kasvukertoimet voidaan määrittää esimerkiksi väestö- ja työpaikkaennusteiden ja autokantaennusteiden avulla. Yksinkertaisen pistekohtaisen tarkastelun lisäksi kasvukerroinmenetelmiä voidaan soveltaa myös laajoihin matkamatriiseihin (vrt. F-malli luku 5.3.3).

Suorat kysyntämallit antavat tuloksenaan suoraan osa-alueiden välisen matkamäärän kullakin kulkumuodolla. Ne perustuvat yleensä maankäyttötietoihin ja osa-alueiden matkavastuksiin (etäisyys, matka-aika, matkan hinta). Suorat kysyntämallit ovat yleensä tulo-
muotoisia.

Kasvukerroinmenetelmiä voidaan käyttää verraten stabiileissa olosuhteissa, kun muutokset nykytilanteeseen ovat pieniä. Kokonaan uusien alueiden liikenne-ennusteita laadittaessa on yleensä käytettävä analyttisiä *mallimenetelmiä*. Yleensä mallimenetelmiä käytetään yhdyskunnan sisäisen henkilöliikenteen ennustamisessa ja kasvukerroinmenetelmiä ulkoisen liikenteen ja tavaraliikenteen ennustamisessa.

5.1.4 Ryhmämallit ja yksilömallit

Liikenteenkysyntämallit voidaan jakaa ryhmämalleihin ja yksilömalleihin. *Yksilömallit* perustuvat yksittäisten ihmisten valintoihin, kun taas *ryhmämallit* pohjautuvat valintaosuuksiin ja valintoja selittävien muuttujien keskimääräisiin arvoihin. Esim. kulkutavan valintamalleissa yksilömalli vastaa kysymykseen, millä todennäköisyydellä yksilö käyttää tiettyä kulkumuotoa. Ryhmämalli vastaa kysymykseen kuinka suuri osa osa-alueen asukkaista käyttää tiettyä kulkumuotoa.

Liikenne-ennusteissa on 1980-luvulta lähtien käytetty yleisemmin yksilömalleja (esim. logittimalleja). Niissä tarvitaan parametrien määrittämiseksi vähemmän tutkimusaineistoa kuin ryhmämalleissa. Yksilö valitsee vaihtoehdon tietyllä todennäköisyydellä, joka riippuu vaihtoehdon hyödystä muihin vaihtoehtoihin verrattuna. Malleilla on siten käyttäytymis- ja talousteoreettinen perusta.

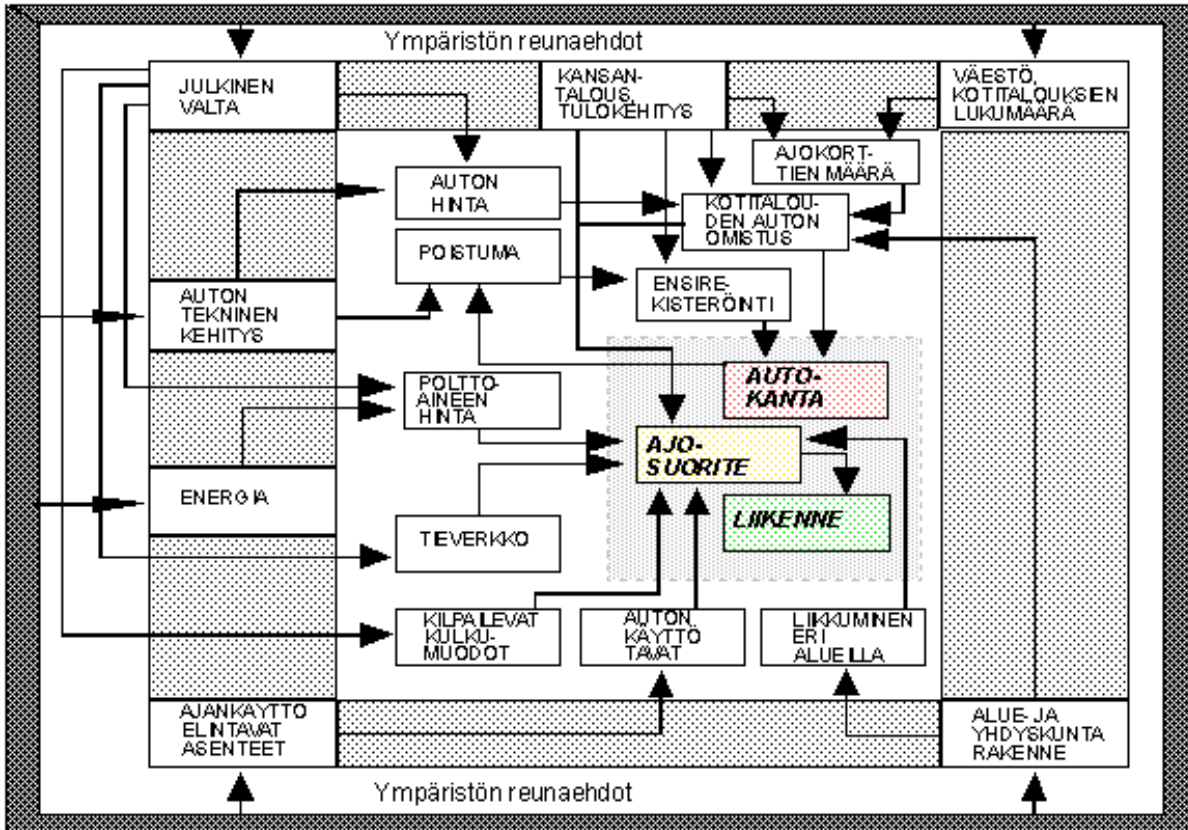
Yksilömallit tarjoavat mahdollisuuden monipuolisen muuttujavalikoimaan varsinkin nykytilannetta koskevissa tarkasteluissa. Käytännössä yksilö- ja ryhmämallit eivät poikkea toisistaan radikaalisti, sillä yksilömalleihin perustavan ennusteen teko edellyttää osittain osaluotason tietojen käyttöä, sillä kaikkien muuttujien tulevia arvoja ei kyetä ennustamaan yksilötasolla.

5.2 Autokantaennusteet

Koska liikenteen kasvu aiheutuu ensisijaisesti henkilöautokannan kasvusta, on autoistumista koskevilla ennusteilla keskeinen merkitys liikenne-ennusteiden lähtökohtana. Henkilöautokantaennusteet perustuvat kotitalouksien autotiheyden (henkilöautoja/1 000 asukasta tai autollisten kotitalouksien osuus) kehityksen arviointiin. Väestöennusteiden avulla arvioidaan erityyppisten kotitalouksien lukumäärän kehitys ja taloudellisen kehityksen perusteella kotitalouksien tulokehitys. Henkilöautokantaennuste saadaan kertomalla kotitalouksien tulo-

ja ikäryhmittäiset autotiheysluvut vastaavilla kotitalouksien lukumäärillä.

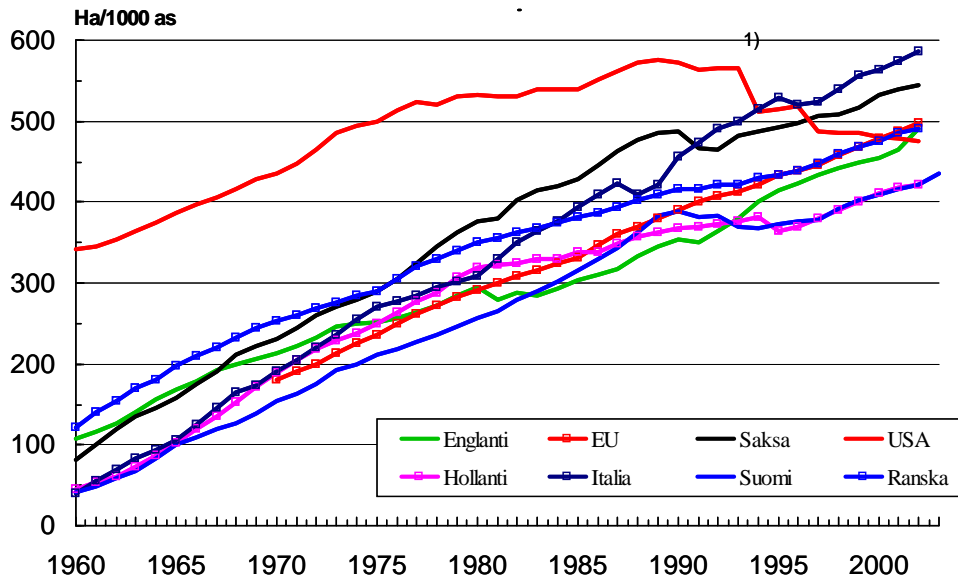
Kuvassa 5-2 on esitetty henkilöautokannan ja -liikenteen ennustamisen tarkastelukehikko. Siitä käyvät ilmi olennaisimmat autokannan ja liikenteen kehitykseen vaikuttavat tekijät.



TELAIOS - Tutkimuskeskus 1995

Kuva 5-2. Henkilöautoennusteen tarkastelukehikko (Tielaitos 1996).

Henkilöauto on hyvin haluttu hyödyke kaikissa maissa. Henkilöautotiheydet ovat jatkuvasti kasvaneet, poikkeuksena joidenkin maiden, kuten Suomen, 90-luvun alun lamakausi (kuva 5-3). 2000-luvun lopussa henkilöautotiheys oli korkein Monacossa (771 ha/1 000 as.) ja Luxemburgissa (666 ha/1 000 as.). Myös Islannissa (644), Uudessa-Seelannissa (603), Italiassa (596), Maltalla (565), Australiassa (550), Sloveniassa (522), Itävallassa (521), Sveitsissä (519), Saksassa (510), Liettuassa (508) ja Ranskassa (496) tiheys oli korkea. Yhdysvalloissa henkilöautotiheys on noin 439 ha/1 000 as. ja Kanadassa 420. Suomen henkilöautotiheys oli vuoden 2009 lopussa 519 ha/1 000 as eli varsin korkea. Suomessa oli vuonna 2009 noin 2 776 700 henkilöautoa ja noin 469 800 muuta autoa.



Lähteet: IRF, kans. tietilastot

1) Tilastointi muuttunut

Tiehallinto 2004

Kuva 5-3. Henkilöautotiheyden kehitys eräissä maissa 1960–2002 (Kokkarinen 2004).

Tienpidon ja liikennesuunnittelun kannalta on lopullinen tavoite ennustaa liikenteen eikä autokannan kehitystä. Aikaisemmin oletettiin usein, että liikenne kasvaa autokannan kasvun suhteessa, mikä merkitsisi olettamusta, että autojen vuosisuorite pysyy samana. Autotiheyden kasvaessa on keskimääräinen ajosuorite kuitenkin jatkuvasti pienentynyt, joten liikenne kasvaa autokannan kasvua hitaammin. On ymmärrettävää, että kun esim. perheeseen hankitaan toinen auto, sillä ajetaan vähemmän kuin ainoalla autolla. Henkilöautojen keskimääräinen vuosisuorite on nykyisin (2010) noin 16 200 km.

5.3 Nelivaiheinen ennusteprosessi

5.3.1 Yleistä

Liikenne-ennustemetodiikassa on vakiintunut nelivaiheinen menettelytapa (kuva 5-4).

Neliporrasmalli merkitsee olettamusta peräkkäisestä päätöksenteosta eli ensiksi tehdään matkapäätös, sitten valitaan määräpaikka jne. Todellisuudessa kuitenkin päätöksenteko perustuu harkinnanvaraisten matkojen osalta eri vaiheiden samanaikaisuuteen tai takaisin-kytkentään (esim. rautakauppaan lähdetään, jos on henkilöauto käytettävissä ja kauppa riittävän lähellä, muuten hankintaa siirretään ja suoritetaan se myöhemmin jonkun muun matkan yhteydessä). Menettelytapa on kuitenkin selkeä, eikä parempiakaan lähestymistapoja ole kehitetty.

Ennustevaihe

1. Osa-alueiden matkatuotosten määrittäminen
2. Osa-alueiden välisten liikennevirtojen määrittäminen
3. Kulikutapajakauman määrittäminen
4. Liikenteen sijoittelu liikenneverkolle

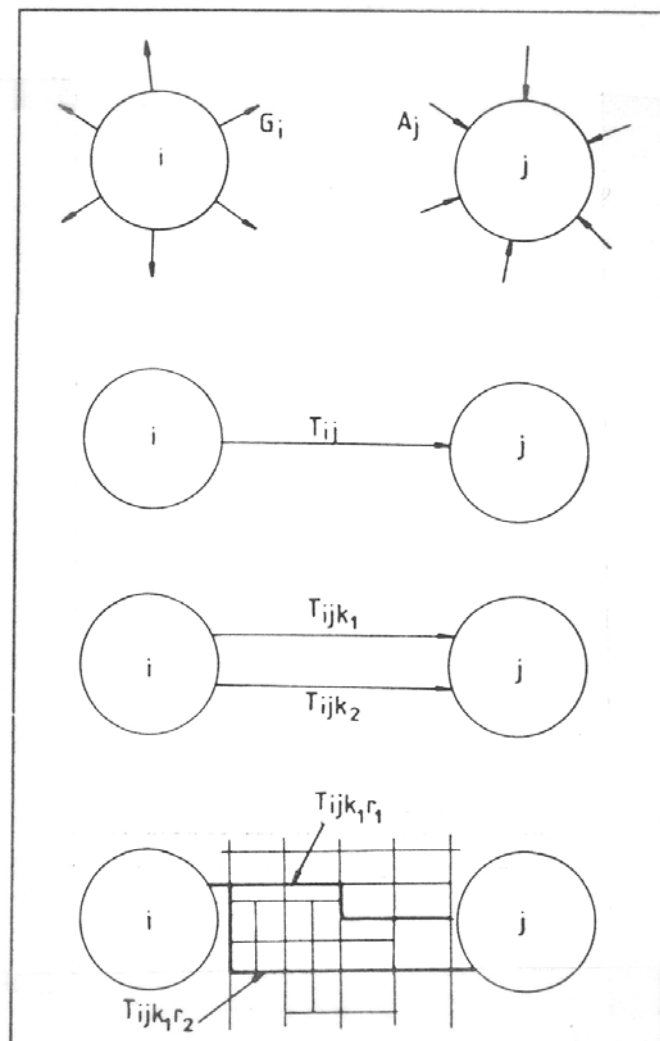
Vastaa kysymykseen

Montako matkaa tehdään?

Minne matka suuntautuu?

Millä kulkumuodolla matka tehdään?

Mikä reitti valitaan?



Kuva 5-4. Neliporrasmallin eri vaiheet. G = synnytettyt matkat, A = vastaanotetut matkat, T = osa-alueiden välinen liikennevirta (i, j = osa-alue, k = kulkumuoto, r = reitti).

Ennusteprosessin eri vaiheita varten on kehitetty malleja nykyistä liikennekäyttäytymistä koskevien tietojen eli määräpaikka- tai liikkumistottumustutkimuksen tulosten perusteella. Mallit voidaan esittää matemaattisten yhtälöiden tai graafisten käyrien muodossa.

Käsitteitä:

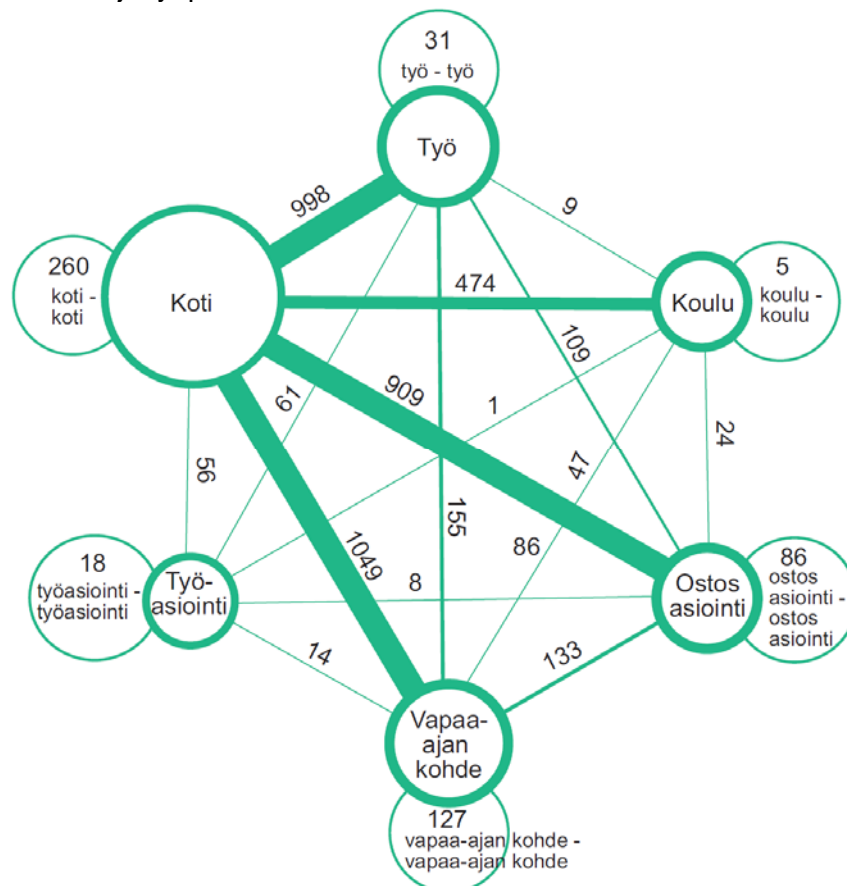
<i>Matka</i>	suunnattu siirtyminen paikasta toiseen
<i>Kulkutapa</i>	liikennemuoto, jolla matka tehdään
<i>Lähtöpaikka</i>	paikka, josta matka alkaa (tai sen ajatellaan alkavan)
<i>Määräpaikka</i>	paikka, johon matka päättyy (tai sen ajatellaan päättyvän)
<i>Matkamatriisi</i>	matriisi, joka kertoo eri lähtö- ja määräpaikkojen välisten matkojen lukumäärän
<i>Osa-alue</i>	tarkasteltavan kokonaisalueen (esim. kaupunkiseutu) pienempi osa, jonka avulla matkojen lähtö- ja määräpaikat määritellään
<i>Maankäyttötieto</i>	osa-alueen asukas- ja työpaikkamäärä tai muu alueen toimintaa kuvaava tieto
<i>Verkko</i>	liikennejärjestelmän tai sen osan kuvaus liikennemallia varten (joukkoliikenneverkko, ajoneuvoliikenteen verkko)
<i>Vastus</i>	matkan suorittamiseen liittyvää vaivaa kuvaava muuttuja, kuten matka-aika, matkan kustannus jne. tai näiden yhdistelmä (yleistetty matkavastus tai yleistetty kustannus)
<i>Liikenne-ennuste</i>	arvio liikenteen kehittymisestä tiettyjen lähtöoletusten vallitessa ennuste voi olla arvaus tai systemaattisin menetelmin tuotettu kehitysarvio matkamääristä, käytetyistä kulkutavoista, reiteistä ja suuntautumisesta (yksityiskohtaisuus riippuu käyttötarkoituksesta)
<i>Suuntautuminen</i>	matkan lähtö- ja määräalueiden yhteenkytkentä, joka ilmenee matkamatriisista
<i>Matkan tarkoitus (-ryhmä)</i>	syy, miksi matka tehdään; tavanomaisia tarkoitusryhmiä ovat työmatka (työssäkäynti), ostos-matka, virkistysmatka jne.
<i>Ryhmämalli</i>	liikennemalli, joka perustuu ihmisten keskimääräiseen käyttäytymiseen
<i>Yksilömalli</i>	liikennemalli, joka lähtee yksittäisten ihmisten käyttäytymisestä

5.3.2 Osa-alueiden matkatuotosten määrittäminen

Matkaryhmät

Liikkuminen ei ole itsetarkoitus vaan jokaisen matkan on aiheuttanut jokin syy. Siksi onkin perusteltua tarkastella matkoja niiden tarkoituksen mukaan (kuva 5-5). Eri tarkoituksissa tehdään eri määrä matkoja ja matkan tarkoitus vaikuttaa myös sen ajankohtaan, suuntautumiseen ja kulkutapaan. Asian hallitsemiseksi on matkat ryhmiteltävä mielekkäällä tavalla. On osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi tarkastella omana ryhmänään kotiperäisiä matkoja eli matkoja, joiden lähtö- tai määräpaikka on koti, koska niiden osuus on yleensä n. 80 % kaikista matkoista. Esim. kotiperäinen työmatka on matka kotoa työhön ja työstä kotiin. Pääkaupunkiseudulla vuosien 1988, 1995 ja 2000 liikennetutkimuksissa oli 4 matkaryhmää: kotiperäiset työmatkat, kotiperäiset koulumatkat, muut kotiperäiset matkat sekä ei-kotiperäiset matkat. Tuoreimmassa vuoden 2008 tutkimuksessa matkaryhmiä oli kuusi:

- kotiperäiset työmatkat
- kotiperäiset koulumatkat
- kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat
- muut kotiperäiset matkat
- muut työperäiset matkat
- muut kuin koti- ja työperäiset matkat.



Kuva 5-5. LITU-alueen asukkaiden matkat eri toimintojen välillä (1000 matkaa/arkivrk) Helsingin seudun työssäkäyntialueen laajan liikennetutkimuksen (LITU 2008) mukaan (HSL 2010).

Generointi-attrahointiperiaate

Ennustemalleissa omaksutun periaatteen mukaan ajatellaan, että ruokakunnat eli asuinalueet *generoivat* eli synnyttävät kotiperäisiä esim. työ- ja ostosmatkoja, joita taas työpaikat ja ostoskeskukset *attrahoivat* eli vastaanottavat. Samoja matkoja tarkastellaan siten tavallaan kahteen kertaan sekä synty- että vastaanottopään kannalta. Ei-kotiperäisten matkojen generointipaikkana pidetään lähtöpaikkaa.

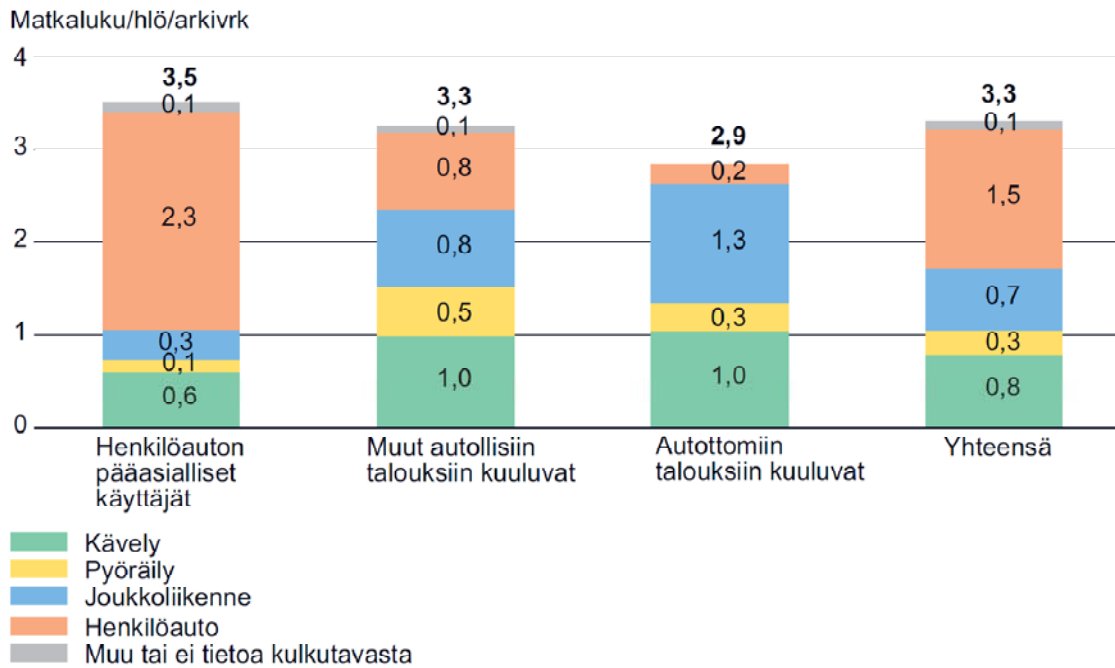
Matkatuotos (*trip production*) on yleisnimitys osa-alueen tuottamalle liikenteelle. Tuotosluku tai -kerroin taas kuvaa matkojen määrää perusyksikköä kohti (matkaa/henkilö, matkaa/kotitalous, matkaa/työpaikka jne.). Tuotos voi olla lähtevien matkojen tuotos (*generation*) tai päättävien matkojen tuotos (*attraction*). Osa-alueen matkatuotos on kaikkien osa-alueeseen kuuluvien perusyksiköiden määrän ja tuotosluvun tulojen summa. Osa-alueen matkatuotos voidaan laskea myös muodostamalla suoraan osa-alueen kokonaistuotoksen malli.

Ennustamista varten laaditaan mallit sekä synnytyille (generointituotos) että vastaanotetuille (attrahointituotos) matkoille pyrkimällä löytämään matkamääriin vaikuttavat tekijät eli selittävät muuttajat.

Matkatuotoksiin vaikuttavia tekijöitä

Henkilöauton omistus. Liikennesuunnittelun tarpeisiin on selvitettävä, miten autoistuminen vaikuttaa liikennekäyttäytymiseen. Auton hankkiminen ei merkitse, että ne matkat, jotka aikaisemmin tehtiin joukko- tai kevytliikenteellä, tehtäisiin nyt autolla. Toisaalta henkilöauton hankinnan jälkeen tehdään paljon sellaisia matkoja, joita aikaisemmin ei tehty lainkaan. Vaikka auto on usein yhden perheenjäsenen pääasiallisessa käytössä, hyötyvät yleensä myös muut perheenjäsenet joko auton kuljettajina tai matkustajina liikkuvuuden kasvusta. Henkilöauton pääasiallinen käyttäjä tekee moottoriajoneuvomatkoja yli 70 % enemmän kuin autoton. Henkilöauton pääasiallinen käyttäjä tekee edelleen myös hieman joukkoliikennematkoja (esim. keskustaan suuntautuvilla työmatkoilla) sekä kevyen liikenteen matkoja (*kuva 5-6*).

Ennustemallien yleisen ajattelutavan mukaisesti oletetaan, että tulevaisuudessa auton hankkivat käyttäytyvät kuten autolliset tutkimustilanteessa. Matkatuotosten ennustaminen siirtyy siten autotiheyttä sekä asukaslukuja ja muita selittäviä muuttujia koskeviksi ennusteiksi.



Kuva 5-6. LITU-alueen asukkaiden matkaluku henkilöä kohden henkilöauton käyttömahdollisuuden mukaan LITU 2008 -tutkimuksessa (HSL 2010).

Tulotaso. Yleisesti on todettu, että matkaluvut henkeä kohti kasvavat tulotason kasvaessa. Ilmiö on luonnollinen, koska autonomistus, joka lisää liikkuvuutta, kasvaa tulotason mukaan.

Tulotason vaikutus voidaan ainakin karkeasti huomioida määrittämällä matkaluvut erikseen henkilöauton pääasiallisille käyttäjille (HAP) ja niille, joilla ei yleensä ole henkilöautoa käytettävissään (EHAP).

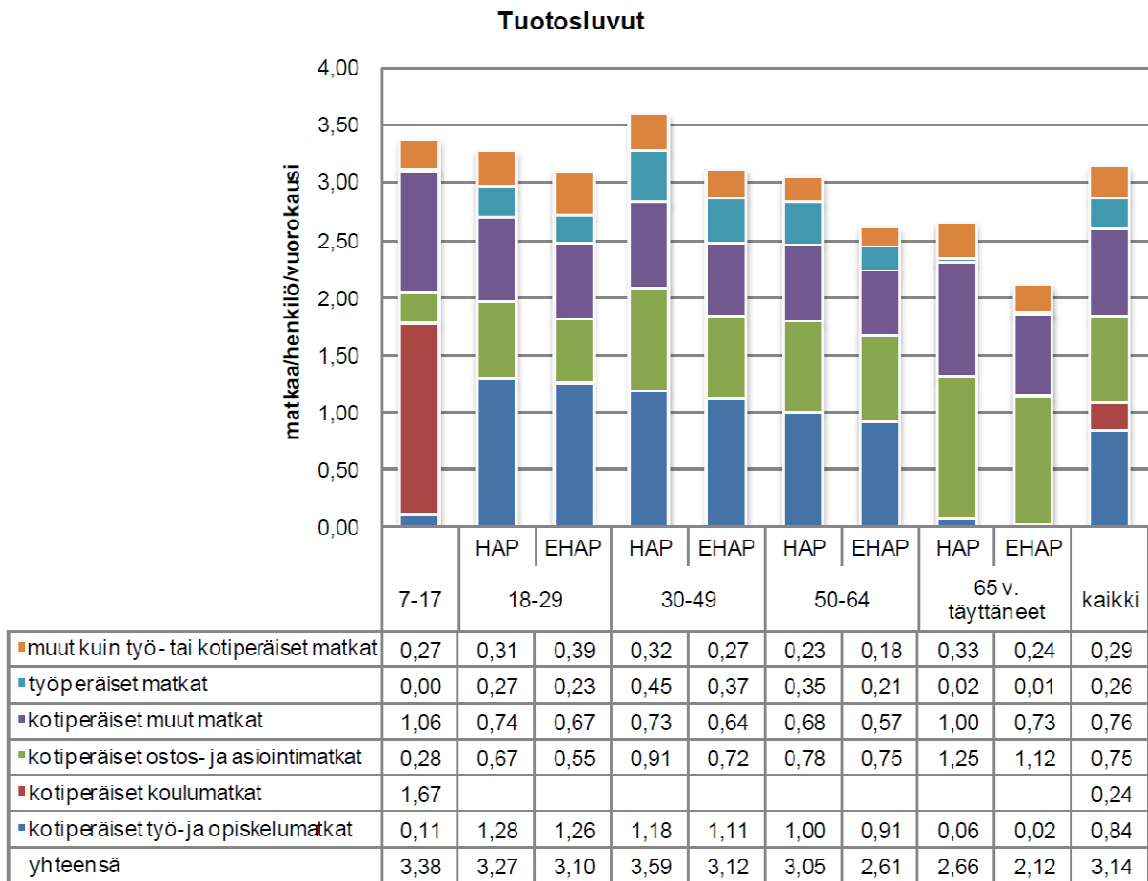
Maankäytön laatu. Vastaanotettujen matkojen arvioimiseksi on tunnettava eri maankäyttötyyppien matkaluvut esim. työpaikkaa, kerrospinta-alaa, oppilaspaiikkaa jne. kohti.

Matkatuotosten laskeminen

Matkatuotosmallit perustuvat useimmiten kysely- tai haastatteluaineiston ristiintaulukointiin tai regressioanalyysiin. Mallit voidaan laatia erikseen synnytyille ja vastaanotetuille matkoille, mutta jos matkatuotokset lasketaan aineistosta ristiintaulukoimalla ja generointi-attraahointisuunnattuina, ei vastaanotettujen matkojen malleja välttämättä tarvita. Synnytettyjen matkojen malleissa on selittävinä muuttujina yleensä edellä kuvattuja ruokakuntien sosioekonomisia ja sijaintitekijöitä. Vastaanotettujen matkojen malleissa on selittävinä muuttujina maankäytön laatua osoittavia tekijöitä.

Helsingin seudulla tuotosmallit ovat tuotoslukuja. Tuotosluku kertoo, kuinka monta matkaa keskimäärin määrättyyn väestöryhmään kuuluva henkilö tekee vuorokaudessa arkisin. Kuvassa 5-7 on esitetty vuoden 2008 LITU-aineistosta lasketut tuotosluvut. Tuotoslukuja määrätymisperusteiksi valittiin henkilöauton käyttömahdollisuus ja ikäryhmä (ei alle 7-

vuotiaille). Tuotosluvut on laskettu erikseen kuudelle matkaryhmälle (kotiperäiset työ- ja opiskelumatkat, kotiperäiset koulumatkat, kotiperäiset ostos- ja asiointimatkat, kotiperäiset muut matkat, työperäiset matkat, muut kuin työ- tai kotiperäiset matkat). Koska ennusteet laaditaan erikseen aamuruuhkalle, iltaruuhkalle ja päivä-, ilta- ja yöliikenteelle, on tuotosluvut jaettu vielä ajankohdan mukaan. Ennustejärjestelmässä käytetään näitä arvoja.



Kuva 5-7. Pääkaupunkiseudun ja kehyskuntien seitsemän vuotta täyttäneiden asukkaiden matkojen koko vuorokauden tuotosluvut Helsingin seudulla arkena (HSL 2011b).

5.3.3 Osa-alueiden välisten liikennevirtojen määrittäminen

Kasvukerroinmenetelmät

Jos on suoritettu määräpaikkatutkimus, voidaan ryhtyä ekstrapoloimaan havaittuja liikennevirtoja.

Sama kasvukerroin

Kaikki liikennevirrat kerrotaan samalla, koko alueen yleiskasvukertoimella. Tällöin ei voida ottaa huomioon eri osa-alueiden erilaista kehitystä.

Keskimääräinen kasvukerroin

Osa-alueiden väliset liikennevirrat kerrotaan osa-alueiden matkatuotosten kasvukertoimien keskiarvolla

$$f_i = \frac{T_i}{t_i}, \text{ jossa} \quad (5-1)$$

f_i = osa-alueen i kasvukerroin

T_i = osa-alueen i ennustettu matkatuotos

t_i = osa-alueen i nykyinen matkatuotos.

Kun vastaavalla tavalla määritetään osa-alueen j kasvukerroin saadaan

$$T_{ij} = \frac{f_i + f_j}{2} t_{ij}, \text{ jossa} \quad (5-2)$$

T_{ij} = osa-alueiden i ja j välinen ennustettu liikennevirta

t_{ij} = osa-alueiden i ja j välinen nykyinen liikennevirta.

Mallimenetelmät

Vetovoimamallit

Yleisimmät liikennevirta- eli matkojen suuntautumis- tai jakelumallit ovat gravitaatio- eli vetovoimamalleja, jotka ovat saaneet nimensä Newtonin vetovoimamallia muistuttavista piirteistään. Yleisesti voidaan päätellä, että kahden osa-alueen välisen liikennevirran suuruuden täytyy kasvaa alueiden suuruuden eli liikennettä synnyttävän potentiaalin (P_i esim. asukasluku, työpaikkamäärä) kasvaessa ja vähentyä etäisyyden (d) kasvaessa.

$$T_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d^n} \quad (5-3)$$

Generointi-attrahtointiperiaatetta soveltamalla saadaan vetovoimamalli, jota erityisesti Suomessa sanotaan *Voorhees-malliksi* erään käyttäjänsä mukaan. Mallin mukaan osa-alueiden i ja j välinen liikennevirta on verrannollinen alueen i synnyttämien (G_i) ja alueen j vastaanottamien matkojen (A_j) kokonaismäärään. Etäisyyden matkojen vähentävää vaikutusta osoittaa matkavastus- eli etäisyysfunktio $f(d)$.

$$T_{ij} = \frac{f(d_{ij})A_j}{\sum_j f(d_{ij})A_j} G_i. \quad (5-4)$$

Mallin sisältö on looginen: Alueen i synnyttämät esim. työmatkat jakautuvat muille alueille niiden etäisyydestekijällä painotettujen attrahoitujen matkojen suhteessa. Nimittäjän lauseke on ns. *tavoitettavuusindeksi*.

Kun kaikkien osa-alueiden synnyttämät matkat (G_i) jaetaan liikennevirroiksi (T_{ij}), ei matka-

matriisiin pystyvien eli vastaanotettujen matkojen summa välttämättä täsmää. Iteroimalla voidaan saada molemmat reunasummat täsmäämään riittävän hyvin.

Etäisyysfunktiot

Alkuperäisen vetovoimamallin etäisyysfunktio on $1/d^2$. Eksponentti riippuu kuitenkin mm. matkan tarkoituksesta, kulkumuodosta ja aluetyypistä. On myös todettu, että monet muut funktiotyypit sopivat paremmin tutkimusaineistoon. Ajoneuvomatkoille on syytä käyttää matkavastusfunktioita, jotka antavat pieniä arvoja pienillä d :n arvoilla, mikä merkitsee, että hyvin lyhyet matkat tehdään kävellen. Etäisyyden sijasta on myös tavallisempaa käyttää matka-aikaa (parhaimmillaan yleistettyä matkavastusta), koska se ilmaisee liikennejärjestelmän palvelutasoa käyttäjän kannalta paremmin.

Logittimallit

Myös logittimalleja (*katso luku 5.3.4*) voidaan käyttää matkojen jakamiseen osa-alueiden välisiksi liikennevirroiksi. Näin on tehty mm. pääkaupunkiseudun sisäisten henkilöliikennematkojen mallijärjestelmässä vuosina 1988, 1995, 2000 ja 2008. Logittimalliin perustuvissa määräraikanvalintamalleissa käytetään yleensä osa-alueiden attraktion kuvaajina asukas- ja työpaikkamääriä. Tämä ns. *maankäytön kokotekijä* on tavallisesti eri maankäyttötyyppien työpaikkamäärien painotettu summa.

5.3.4 Kulkutapajakauman määrittäminen

Yleistä

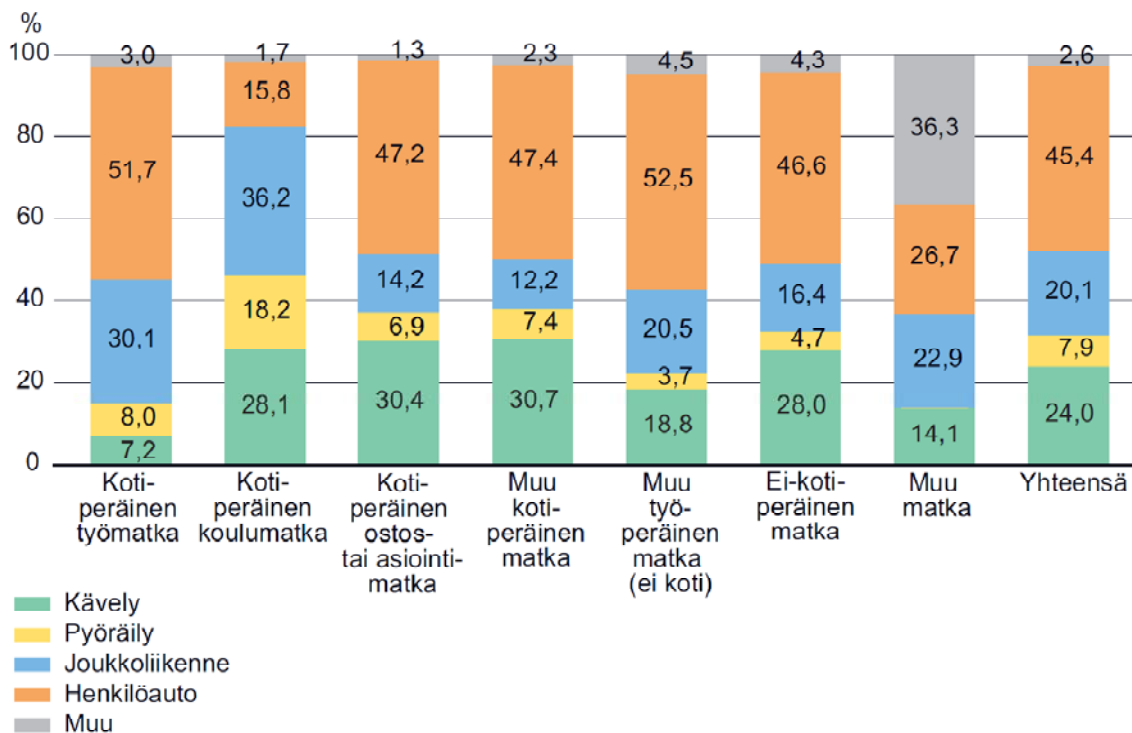
Kulkutapajakaumaa käsiteltäessä oletetaan usein, että ensiksi tehdään matkapäätös ja vasta sitten valitaan käytettävissä olevista kulkutavoista sopivin. Todellisuudessa järjestys voi kuitenkin olla päinvastainen. Jokin harkinnanvarainen matka päätetään tehdä vain, jos henkilöauto on käytettävissä. Jos toisaalta on kysymys pakollisista työmatkoista, ei autottomilla usein ole muuta mahdollisuutta kuin käyttää joukkoliikennettä, koska pitkillä matkoilla ei kevyttä liikennettä voi pitää vaihtoehtona. Liikennetutkimuksissa onkin käynyt ilmi, että suurin osa joukkoliikenteen matkustajista on ns. pakkokäyttäjiä eli sellaisia, joilla ei ole ollut muuta valinnan mahdollisuutta.

Liikennetutkimusten tulosten perusteella voidaan matkojen kulkutapajakauma määrittää eri ryhmittelyperustein, joista tärkeimmät ovat matkan tekijään, matkaan ja liikennejärjestelmään liittyvät ominaisuudet.

Matkan tekijän ominaisuuksista on tärkein henkilöauton käyttömahdollisuus. Siitä syystä usein tarkastellaan erikseen autollisten ja autottomien ruokakuntien, jopa henkilöauton pääasiallisen käyttäjän ja muiden perheenjäsenten kulkutapajakaumia (*kuva 5-6*).

Matkan ominaisuuksista kulkutapaan vaikuttaa matkan tarkoitus, pituus ja suuntautuminen.

Joukkoliikenteen osuus on suuri kotiperäisillä työmatkoilla ja henkilöautoliikenteen osuus ei-kotiperäisillä matkoilla. Kevytliikenne on hallitsevaa lyhyillä koulu-, ostos- ja asiointi-matkoilla (kuva 5-8).



Kuva 5-8. Kulikutapajakaumat matkaryhmittäin (matkojen lukumäärästä laskettuna) LITU-alueen asukkaiden tekemillä matkoilla LITU 2008 -tutkimuksessa (HSL 2010).

Liikennejärjestelmän ominaisuuksista kulikutapajakaumaan vaikuttaa liikennejärjestelmän palvelutaso. Se taas riippuu monista osatekijöistä, kuten matkanopeus, kustannus, mukavuus, kävely- ja odotusajat, pysäköintimahdollisuudet jne. Yleensä henkilöauto on ylivoimainen joukkoliikenteeseen verrattuna suurten kaupunkien keskusta-alueille suuntautuvia matkoja lukuun ottamatta. Joukkoliikenteen suuri osuus keskustamatkoilla, erityisesti työmatkoilla, johtuu pysäköintipaikkapulasta ja -kustannuksista sekä hyvistä joukkoliikenne-yhteyksistä.

LITU 2008 -tutkimuksessa joukkoliikenteen osuus Helsingin kantakaupungin sisäisistä moottoriajoneuvomatkoista oli 75 % ja Espoon sisäisistä matkoista vain 21 %.

Kulikutapamallit

Kulikutavanvalintaa voidaan mallintaa logittimalleilla tai suorilla kysyntämalleilla. Kulikutapamallien määrittämiseksi on selvitettävä kulikutavan tilastollisia riippuvaisuuksia matkaryhmittäin, ruokakunnan ja liikennejärjestelmän ominaisuuksien mukaan. Yleensä kulikutapamallien keskeisiä muuttujia ovat henkilöautonkäyttömahdollisuus ja matkan kesto ja kustannukset eri kulutavoilla. Kesto ja kustannukset riippuvat matkan reitistä ja reitin

liikennekuormituksesta. Neliporrasmalliin perustuvassa ennusteprosessissa näitä ns. matkavastustietoja ei tiedetä ennen kuin matkat on jaettu kulkutavoille ja reiteille oletettujen matkai- ja kustannustietojen perusteella. Koska lähtöoletukset eivät yleensä vastaa lopputulosta, on prosessi iteratiivinen ja alkaa suuntautumisesta.

Logittimalli on todennäköisysteoreettinen malli, joka kertoo, millä todennäköisyydellä tietty yksilö valitsee tietyn vaihtoehdon, kun yksilön ja vaihtoehtojen ominaisuudet tunnetaan. Logittimalli laskee vaihtoehtojen valinnan todennäköisyyden ns. hyötyfunktion avulla. Hyötyfunktiolla kuvataan eri vaihtoehtojen ominaisuudet yksilön kannalta. Se vaihtoehto, jonka tuottama hyöty on suurin, valitaan. Hyötyfunktio U_i on muotoa

$$U_i = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n, \text{ jossa} \quad (5-5)$$

$\beta_i =$ kertoimia
 $x_i =$ vaihtoehtojen ja yksilön ominaisuuksia kuvaavia muuttujia.

Vaihtoehdon i valintatodennäköisyys P_i saadaan kaavasta

$$P_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_{j=1}^n e^{U_j}}. \quad (5-6)$$

5.3.5 Liikenteen sijoittelu

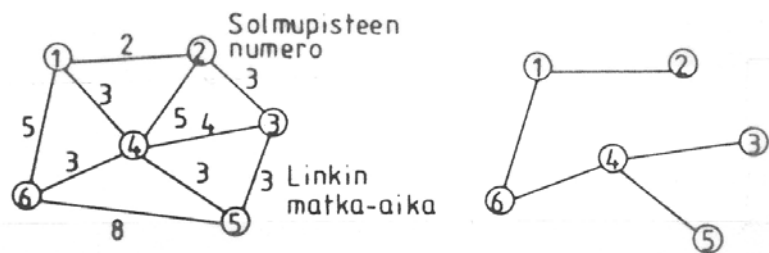
Yleistä

Neliosaisen ennusteprosessin viimeisenä vaiheena on väyläkohtaisten liikennemäärien määrittäminen eli osa-alueiden väliset liikennevirrat on sijoitettava liikenneverkolle reitinvalinnasta tehtyjen oletusten perusteella. Henkilömatkavirrat muutetaan ajoneuvovirroiksi ottamalla huomioon ajoneuvojen kuormausaste.

Sijoittelun kannalta tie- ja katuverkon ajatellaan koostuvan linkeistä ja solmupisteistä. Linkit edustavat väyläosuuksia ja solmupisteet liittymiä tai kohtia, joista liikenteen oletetaan tulevan verkolle. Erityisiä solmupisteitä ovat osa-alueita kuvaavat syöttöpisteet, joista kaikkien osa-alueen generoimien ja attrahoimien matkojen oletetaan alkavan tai päättyvän. Osa-alueet liittyvät verkkoon kuvitteellisia syöttölinkkejä pitkin.

Sijoittelua varten on etsittävä minimireitit eli puut jokaiselta osa-alueelta kaikille muille osa-alueille (kuva 5-9). Reitinvalinnan perusteena olevaa *reittivastusta* voidaan mitata matkajan, matkan pituuden tai yleistetyin matkakustannuksen avulla. Minimireittien etsimiseksi on kehitetty menetelmiä, joista yksi tunnetuimpia on Mooren algoritmi.

Tavallisimmat sijoittelumenetelmät ovat *muuttumattoman reittivastuksen menetelmiä*. Kun halutaan ottaa huomioon liikenneväylien kapasiteettirajoitus, on kysymys *muuttuvan reittivastuksen menetelmistä*.



Kuva 5-9. Minimireittipuu solmupisteestä 6 muihin solmupisteisiin (Lyly 1987).

Muuttumattoman reittivastuksen menetelmät

Näissä menetelmissä oletetaan, että reittivastus ei muutu sijoittelun kuluessa. Linkkien vastukset eivät siten riipu liikennemäärästä.

Kaikki yhdelle -menetelmä on yleisin menetelmä ja siinä oletetaan, että kaikki liikenne hakeutuu käytetyn kriteerin mukaiselle minimireitille, kuten nopeimmalle, lyhimmälle tai halvimmalle (matkakustannukset + aikakustannukset). *Kahden reitin menetelmää* on sovellettu erityisesti uudelle tieyhteydelle siirtyvän liikennemäärän arvioimiseksi. On käynyt ilmi, että oletamus "kaikki nopeimmalle" ei vastaa todellisuutta, vaan liikenteen jakautuminen eri reittien kesken tapahtuu vaihtoehtojen matka-aikasuhteen perusteella. *Usean reitin menetelmässä* oletetaan, että kahden osa-alueen välinen liikenne (T_{ij}) jakautuu vaihtoehtoisille reiteille (T_{ijr}) niiden matkavastusten (R_r) käänteisarvojen suhteessa.

Muuttuvan reittivastuksen menetelmät

Muuttuvan reittivastuksen menetelmä voi perustua kaikki yhdelle -menetelmään tai monireittimenetelmään. Menetelmässä otetaan huomioon se, että reittivastus riippuu liikennemäärästä, koska liikennemäärän kasvaessa liikenne alkaa hidastua ja ruuhkautua. Reittivastus siis muuttuu sijoittelun kuluessa. Jos ensimmäinen sijoittelu on tehty tietyillä oletuksilla linkkien nopeuksista, voi sijoittelun jälkeen käydä ilmi, että joillekin linkeille on tullut niin paljon liikennettä, että nopeus ruuhkautumisen vuoksi on pienempi kuin mitä reittipuita määritettäessä oletettiin. Siitä syystä etsitään uudet minimireitit lähtökohtana liikennemäärien perusteella määräytyvät nopeudet. Näin iteroiden etsitään verkon tasapainotilaa.

Ns. *Wardropin periaatteiden* mukaan tasapainotila voi määräytyä joko käyttäjän optimiin tai systeemin eli liikennejärjestelmän optimiin perustuen. *Käyttäjän optimi* tarkoittaa sitä, että jokainen kuljettaja pyrkii minimoimaan oman matka-aikansa tai kustannuksensa (vastaa talusteoriassa keskikustannusten periaatetta). *Systeemi-optimi* puolestaan tarkoittaa reitinvalintaa, jossa pyritään minimoimaan koko liikennejärjestelmän matka-aika tai -kustannus (vastaa talusteoriassa rajakustannusten periaatetta). Näistä käyttäjäoptimiperiaate on

realistisempi kuin systeemioptimiperiaate, sillä on vaikeaa kuvitella, että autoilijat valitsisivat reittinsä koko systeemiä silmälläpitäen.

5.4 Liikenne-ennusteiden tarkkuus

Liikenne-ennusteiden laatiminen on monitahoinen ja lukuisia osaennusteita käsittävä prosessi. Tämän takia tuloksiin liittyy aina huomattava määrä epävarmuutta. Mitä pidemmän aikavälin ennusteesta on kyse, sitä epävarmempaa ennustaminen on. Ennusteeseen liittyvä epävarmuus johtuu siitä, että

- nykytilanteen tiedot sisältävät virheitä,
- liikennemallit eivät pysty täysin selittämään ihmisten käyttäytymistä ja
- tulevaisuus on luonnostaan tuntematon.

Liikenne-ennusteen epätarkkuuteen vaikuttaa ylivoimaisesti eniten viimeksi esitetty seikka. Ajan kuluessa olosuhteet muuttuvat, ihmisten asenteet muuttuvat ja sen myötä myös ihmisten käyttäytyminen muuttuu. Liikenne-ennusteiden taustaennusteisiin (asukasmäärät, autotiheys, työpaikkamäärät, tulotaso jne.) liittyy myös huomattavia virhelähteitä. Esim. talouskehityksessä on viime aikoina tapahtunut huomattavan nopeita muutoksia, joiden takia monet laaditut ennusteet ovat pettäneet. Liikenteen kehitykseen vaikuttavat merkittävästi myös teknologian kehitys ja globaalit ongelmat, joiden syntyä on erittäin vaikea ennustaa. Lähtötietojen keruuseen ja mallien kehittämiseen ei pitkän aikavälin ennusteita laadittaessa kannatakaan käyttää ylenmäärin aikaa ja rahaa, sillä tarkkuus tuskin parantuu. Lyhyen aikavälin ennusteita laadittaessa lähtötietojen tarkkuudella ja mallien kalibroinnilla on luonnollisesti suuri merkitys.

Usein jo nykytilanteen kuvaaminen malleilla on vaikeaa ja nykytilanteen tietoihin liittyy epätarkkuutta. Liikennetutkimustuloksiin ja maankäyttö- ym. tiedostoihin liittyy lähes aina virheitä, jotka ovat satunnaisia tai systemaattisia mittausvirheitä tai satunnaisluonteisia otantavirheitä. On myös muistettava, että malli on aina vain yksinkertaistettu kuvaus todellisuudesta. Siinä on mukana vain osa asiaan vaikuttavista tekijöistä ja käytetyt funktiomuodot voivat olla virheellisiä tai liian yksinkertaisia. Ihmisten käyttäytymisen ja olosuhteiden muuttuessa muuttuvat yleensä myös mallien parametrit.

Ennusteen tarkkuutta voidaan toki arvioida tilastomatemaattisin keinoin ja havaittuja virheitä korjata eri menetelmin. Kaikkein tärkeintä ennusteita laadittaessa ja hyödynnettäessä on kuitenkin se, että epävarmuus myönnetään ja näytetään. Epävarmuutta voidaan havainnollistaa laatimalla vaihtoehtoisia ennusteita tai tekemällä herkkyytarkasteluja (tutkitaan yhden tekijän muutoksen vaikutusta ennusteeseen). Tarkastelujen tulokset tulee esittää avoimesti kaikille osapuolille ja niistä on keskusteltava julkisesti. Liikennehankkeita suunniteltaessa tulee myös aina pyrkiä ratkaisuihin, jotka kestävät lähtökohdissa tapahtuvia muutoksia.

6 LIIKENNESUUNNITTELU

6.1 Mitä on liikennesuunnittelu?

Suunnittelu voidaan määritellä hyvin monella eri tavalla. Yleisemmin käytetty määritelmä on, että suunnittelu (*planning*) on organisaation päätöksenteon ja toiminnan etukäteen tapahtuvaa valmistelua. Suunnittelun tavoitteena on tarkoituksenmukaisten toimintavaihtoehtojen kehittäminen ja valinta tasapainoisella ja hallitulla tavalla. Siten suunnittelu on jatkuva järjestelmällinen ohjausprosessi. Suunnittelulle on siis ominaista, että

- suunnittelu on päätösten valmistelua
- suunnittelussa käsitellään päätösjoukkoja
- suunnittelu kohdistuu tulevaisuuteen
- suunnittelun on tarkoitus johtaa toimintaan
- suunnittelu on jatkuva prosessi
- suunnittelu on tiedollista, tavoitteellista ja johdonmukaista toimintaa.

Yksityiskohtainen suunnittelu (*design*) on toteutuksen valmistelua, kun varsinainen päätös on jo tehty.

Liikennesuunnittelu on liikenteeseen kohdistuvaa suunnittelua. Se sisältää sekä suunnittelun *planning*- että *design*-ulottuvuuden, eli se koostuu sekä toiminnan että erilaisten hankkeiden suunnittelusta. Sille on ominaista laaja tehtäväkirjo sekä erilaiset tarkkuustasot, aikajänteet ja päätöksentekomenettelyt. Liikennesuunnittelu kytkeytyy kiinteästi kuntien poliittiseen päätöksentekoon ja valtion viranomaispäätöksentekoon. Yhtenä tärkeänä piirteenä liikennesuunnittelussa on myös julkinen keskustelu ja kansalaisten osallistuminen.

Suunnittelu jäsenyy yleensä hierarkkisesti tasoittain normatiiviseen, strategiseen ja operatiiviseen suunnitteluun (*taulukko 6-1*). Ohjeet ja sitovuus määrätään ylhäältä alaspäin, mutta toteutus ja ehdotukset tapahtuvat alhaalta ylöspäin. Suunnittelu on erilaista eri tasoilla. Käytännössä eri tasot kuitenkin sekoittuvat toisiinsa.

Normatiivinen suunnittelu tähtää yleisten tavoitteiden ja niiden keskinäisten suhteiden määrittelyyn. Liikennesuunnittelussa normatiivinen suunnittelu käsittelee lähinnä liikennepolitiikan periaatteita. *Strategisessa suunnittelussa* johdetaan yleisistä tavoitteista täsmennetyt ja yksityiskohtaiset tavoitteet. Strategisessa suunnittelussa pyritään etsimään sellainen kehityspolku, joka parhaiten tyydyttää suunnittelulle ylemmällä tasolla asetut tavoitteet. Liikennesuunnittelussa strategisella tasolla pohditaan lähinnä liikennepolitiikan keinoja ja niistä kehitettyjä toimintalinjoja. *Operatiivinen suunnittelu* suuntautuu toteutukseen ja toimeenpanoon ja perustuu ylemmällä tasolla kiinnilyötyihin päämääriin ja tavoitteisiin. Liikennesuunnittelussa operatiivinen suunnittelu tarkoittaa lähinnä erillisten hankkeiden toteuttamissuunnittelua ja yksityiskohtaista suunnittelua.

Aikaulottuvuuden mukaan suunnittelu jaetaan pitkän, keskipitkän ja lyhyen aikavälin suunnitteluun. *Pitkän aikavälin suunnittelun* aikaulottuvuus vaihtelee aina 10 vuodesta ylöspäin. *Keskipitkän aikavälin suunnittelun* aikajänne on kolmesta kuuteen vuotta, julkishallinnossa tavallisesti 5 v. Keskipitkän aikavälin suunnittelusta käytetään usein nimeä toiminta- ja taloussuunnittelu (TTS), mikä kuvaa sen sisältöä. *Lyhyen aikavälin suunnittelun* aikajänne on yleensä vuosi eli siinä laaditaan vuosisuunnitelma, joka sisältää budjetin.

Taulukko 6-1. Suunnittelun tasot ja aikaulottuvuus.

Aikaulottuvuus Taso	Pitkän aikavälin suunnittelu	Keskipitkän aikavälin suunnittelu	Lyhyen aikavälin suunnittelu
Normatiivinen suunnittelu	X	(X)	
Strateginen suunnittelu	X	X	
Operatiivinen suunnittelu		X	X

Yleisellä tasolla liikennesuunnittelulla tarkoitetaan prosessia, joka sisältää liikennepoliittisten tavoitteiden asettamisen yleispoliittisten tavoitteiden pohjalta, tavoitteiden saavuttamiseksi tarvittavien keinojen etsimisen ja valinnan, toimenpiteiden toteuttamisen ja seurannan sekä palautteen keräämisen. Tavoitteena on saada aikaan mahdollisimman toimiva, turvallinen, terveellinen ja taloudellinen liikenneympäristö. Tavoitteet voidaan jakaa yhdiskunnan kehittämiseen liittyviin, verkollisiin ja yksityiskohtien suunnitteluun liittyviin tavoitteisiin.

Yksityiskohtaisemmalla tasolla kyse on tietyn rajatun liikenneongelman ratkaisun edellyttämästä suunnittelusta. Liikenneongelma syntyy, kun liikennejärjestelmän kehitys jää jälkeen kysynnän kasvusta tai kun liikenteelle asetettavat tavoitteet muuttuvat niin, ettei vallitsevaa tilannetta pidetä enää tyydyttävänä. Koska liikenne on ikään kuin kokonaiskuva yhteiskunnan kaikista toiminnoista, niin liikenteessä ilmenevät häiriöt kuvastavat häiriöitä toimintakokonaisuudessa ja arvostuksissa.

Liikenneongelmiin voidaan soveltaa suunnittelun ja ongelmanratkaisun yleisiä toimintatapoja. Liikennesuunnittelun keinot eivät useinkaan rajoitu vain pelkästään liikenteeseen, vaan liikennesuunnittelu on osa kokonaisvaltaista yhdiskuntasuunnittelua.

6.2 Liikennesuunnittelun suuntaviivat Suomessa

Nykyaikaisessa mielessä liikennesuunnittelua on ollut olemassa maassamme 1960-luvulta lähtien. Liikennesuunnittelun päätavoitteet ovat luonnollisesti seuranneet yhteiskunnassa kulloinkin vallitsevia näkemyksiä.

1960-luvulla koko yhteiskunnassa vallitsi kasvuoptimismi. Henkilöautotiheys kasvoi voimakkaasti. Liikennesuunnittelussa pyrittiin edistämään auton käyttöä ja tekemään liikenne mahdollisimman sujuvaksi. Suunnittelu oli pitkälti vain tieverkko- ja väyläsuunnittelua, josta esimerkkinä Smith & Polvisen vuonna 1968 tekemä pääkaupunkiseudun liikennesuunnitelma.

1970-luvulla alettiin tiedostaa ympäristöongelmien olemassaolo. Energiakriisit ja yleismaailmallinen lama muokkasivat asenteita. Suunnittelussa liikenneturvallisuus ja ympäristönsuojelu nousivat tärkeiksi asioiksi. Keinona käytettiin ennen muuta liikenteen ohjausta. Huomiota kohdistettiin myös joukko- ja kevytliikenteeseen. Esimerkkeinä 1970-luvulla käyttöön otetuista toimenpiteistä ovat tiekohtaiset nopeusrajoitukset, liikennevalot ja liikennesaneeraus sekä joukkoliikennekadut ja -kaistat.

1980–1990-luvuilla siirryttiin tasapainoisempaan ja tasapuolisempaan suunnittelukäytäntöön. Kohteena oli liikennejärjestelmä ja liikenteen hoito kokonaisuutena. Suunnittelua alkoi ohjata pyrkimys kaikkien liikennemuotojen ja sopivien keinojen samanaikaiseen tarkasteluun (ns. *management-näkemys*). Suunnittelu alkoi muuttua yhä enemmän eri alojen yhteistyöksi (liikenne, maankäyttö, ympäristö, talous jne.). Suunnittelussa alettiin korostaa avoimuutta eli pyrittiin kuulemaan kaikkien eri sidosryhmien, myös yksittäisten kansalaisten, mielipiteitä. 1980-luvun taloudellisen nousukauden jälkeen 1990-luvun alun lama havahdutti liikennesuunnittelijat miettimään resurssien riittävyttä. Myös ympäristökysymykset ja kestävä kehityksen periaatteet tulivat entistä tärkeämmiksi. Teknologian kehittyessä 1990-luvulla alettiin miettiä myös telematiikan hyödyntämismahdollisuuksia liikennetekniikassa. Esimerkkeinä 1990-luvun liikennesuunnittelutoimista ovat suurten kaupunkiseutujen liikennejärjestelmäsuunnitelmat ja ympäristövaikutusten arviointimenettelyn käyttöönotto.

2000-luvulla on tiedostettu, että pelätty ilmastonmuutos on koko ajan lähempänä ja sen hillitsemiseksi myös liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä on vähennettävä. Liikennesuunnittelulla pyritään mm. estämään yhdyskuntarakenteen hajaantumista vuorovaikutuksessa maankäytön suunnittelun kanssa. Suunnittelussa on alettu myös entistä enemmän korostaa järjestelmän kokonaishallintaa ja resurssien käytön tehokkuutta. Ajoneuvo- ja informaatioteknologian kehittymisen tarjoamat mahdollisuudet pyritään hyödyntämään tehokkaasti perinteisten keinojen rinnalla. Liikennejärjestelmän suunnittelussa pyritään kokonaisvaltaisempaan ajattelutapaan, eri toimijoiden yhteistyöhön ja päätöksenteon pitkäjänteisyyden lisäämiseen. Myös asiakaslähtöisyys on korostunut liikennesuunnittelussa.

6.3 Liikennesuunnitteluprosessin eteneminen

Liikennesuunnittelu noudattaa yleensä rationaalista suunnitteluprosessia (*kuva 6-1*), jonka vaiheet ovat:

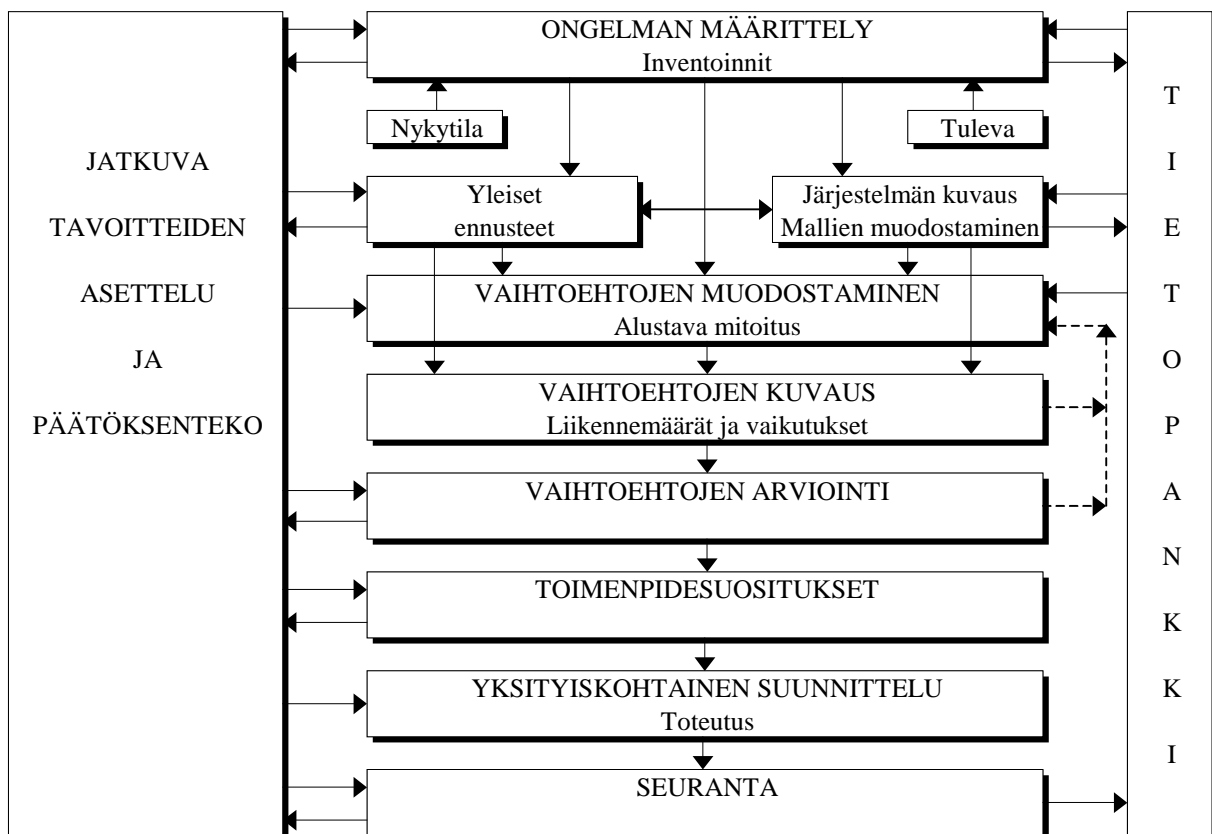
- ongelman määrittely
- tiedon hankinta
- vaihtoehtojen muodostaminen
- vaihtoehtojen arviointi
- toteutettavan vaihtoehdon valinta
- toteutuksen suunnittelu ja seuranta.

Liikennesuunnittelussa ei ole kyse vain teknisten ratkaisujen löytämisestä liikenneongelmiin, vaan suunnittelijan on myös ymmärrettävä laajemmin liikenteen asema yhteiskunnassa ja liikennejärjestelmän vaikutukset ihmiseen ja ympäristöön sekä osallistuttava suunnitteluun liittyviin hallinnollisiin ja poliittisiin prosesseihin. Tavoitteet ohjaavat suunnittelua. Järjestelmän parantamistarvetta, suunniteltavien toimenpiteiden vaikutuksia ja eri suunnitelmavaihtoehtojen kelpoisuutta arvioidaan asetettuihin tavoitteisiin nähden (esim. erilaisten mittareiden avulla).

Liikenneongelmien käsittelyyn liittyy myös usein *erityispiirteitä*, jotka tekevät edellä kuvatun prosessin suoraviivaisen soveltamisen vaikeaksi. Ensinnäkin ongelman nykytilasta ja kehityksestä vallitsee alati epävarmuus, sillä liikennejärjestelmässä on paljon satunnaisia ilmiöitä. Tietoja voidaan käytännössä kerätä vain tilastollisin menetelmin, jotka sisältävät aina myös epävarmuutta. Toinen erityispiirre on tavoitteiden moniarvoisuus. Mukana on useimmiten monia osapuolia, kuten ajoneuvoliikenne, kevyt liikenne, paikalliset asukkaat ja julkinen valta, jotka saattavat nähdä ongelmat ja kehitystavoitteet eri tavoin. Yksittäisten ryhmienkin sisällä mielipiteet saattavat jakaantua. Tavoitteiden määrittely voi tällöin jäädä epämääräiseksi tai erimielisyyden kohteeksi. Myös käytettävien keinojen vaikutuksista ja toteutuksen kustannusarviosta voi olla epävarmuutta, jos asiasta ei ole käytettävissä riittävää tietoa ja kokemusta. Erityispiirteenä on myös se, että päätöksenteko perustuu usein laajaan yhteiskunnan eri organisaatioissa tapahtuvaan valmisteluun, johon monet eri tahot osallistuvat.

Poliittinen prosessi

Tekninen suunnitteluprosessi



Kuva 6-1. Liikennesuunnitteluprosessi (Gunnarsson, Korner 1975).

Suunnittelu alkaa ongelman määrittelyllä ja suunnittelutehtävän rajauksella. Jos ongelmaa ei perusteellisesti ymmärretä, tuloksena voi olla toteuttamiskelvoton suunnitelma. Ongelman määrittelyn yhteydessä ilmoitetaan, minkä tavoitteiden suhteen liikennejärjestelmää halutaan parantaa. Ongelman määrittely helpottaa myös suunnittelun rajausta.

Ongelman määrittelyn ja suunnittelutehtävän rajauksen pohjaksi tarvitaan nykytilan inventointia. Inventoinnin laajuus riippuu suunnittelun tasosta ja suunnitteluvaiheesta. Alkuvaiheessa on tarpeen yleispiirteinen inventointi, jota täydennetään suunnittelun edetessä. Nykytilan kuvaus muodostaa suunnittelun lähtökohdan ja perustan ratkaisuvaihtoehtojen vaikutusten arvioinnille. Inventoinnin tuloksia analysoimalla voidaan muodostaa liikennekäyttäytymistä kuvaavia malleja, joita voidaan käyttää liikenne-ennusteiden laadintaan (katso luku 5). Tiedon hankinta on keskeinen osa ongelman ratkaisua. Tietoja hankitaan sekä itse ongelmasta että sen ratkaisumahdollisuuksista.

Vaihtoehtoja muodostamalla pyritään tuottamaan erilaisia ratkaisuja liikenneongelmien hallitsemiseksi. Vaihtoehtojen muodostaminen on tarpeen varsinkin silloin, kun halutaan tutkia eri tekijöiden vaikutusta ja tuoda esiin erilaisten arvojen mukaisia ratkaisuja. Suunnitteluosapuolet pystyvät näkemään erilaisten vaihtoehtojen seuraukset ja näin saadaan perusteita päätöksenteolle. Kun tuotetaan useita vaihtoehtoja, ei myöskään jäädä kiinni vain yhteen ennalta parhaaksi arvioituun vaihtoehtoon, vaan saatetaan löytää

parempia ja kokonaisuuden kannalta edullisempia ratkaisuja. Suunnitelmavaihtoehdot kootaan osatekijöistään ja tarkoituksena on luoda kuva eri keinojen yhteisvaikutuksista. Suunnittelijan täytyy tietää suunnittelun tavoitteet, ymmärtää suunniteltavaa järjestelmää ja sen tekijöiden keskinäisiä suhteita, tuntea käytettävissä olevat keinot ja resurssit sekä osata organisoida ja hahmottaa kokonaisuuksia. Tavoitteiden huomioon ottaminen suunnittelu-prosessissa vaatii jatkuvaa yhteyttä päätöksentekijöihin. Järjestelmän ja menetelmien tunteminen edellyttää, että suunnittelija osaa analysoida suunniteltavaa järjestelmää ja käyttää malleja vaihtoehtojen vaikutusten arvioimiseksi. Vaihtoehtoja muodostettaessa on mukaan otettava aina ns. *nollavaihtoehto* eli nykytilanne tai *nolla plus -vaihtoehto*, jossa nykytilanteeseen lisätään jo päätetyt toimenpiteet. Mukaan voidaan ottaa myös *täydellinen vaihtoehto*, jossa kaikki ehdotetut toimenpiteet tehdään.

Kunkin vaihtoehdon vaikutukset arvioidaan alkuvaiheessa melko karkeasti, mutta arviointi tarkentuu suunnittelutyön aikana. Liikennejärjestelmällä ja sen muutoksilla on huomattavia vaikutuksia ihmisiin, ympäristöön, talouteen ja yhteiskuntaan. Vaikutukset voidaan jakaa välittömiin ja välillisiin vaikutuksiin. *Välittömiä* ovat vaikutukset matkustamiseen (tavoitettavuus, mukavuus ja turvallisuus), ympäristöön (melu ja saasteet, estevaikutukset) ja resurssien käyttöön (kustannukset, maan ja energian tarve). *Välillisiä* ovat mm. vaikutukset toimintojen sijoittumiseen ja organisoitumiseen (keskittyminen/hajautuminen), erotteluvaikutukset, vaikutukset kiinteistöjen arvoihin, vaikutukset työssäkäyntiin ja muuhun toimintaan sekä ekologiset vaikutukset. Vaihtoehtoja arvioitaessa on tutkittava vaikutusten jakautumista alueellisesti, ajallisesti ja sosiaalisesti ja selvitettävä eri vaihtoehtoihin liittyviä arvokysymyksiä ja ristiriitoja.

Vaikutusten arviointi on varsin työlästä ja menetelmät vaihtelevat vaikutuksen mukaan. Kun vaihtoehdoille tehdään liikenne-ennusteet, monet vaikutukset saadaan arvioitua määrällisesti niiden perusteella (esim. päästöt, melu, energiankulutus, onnettomuusmäärät, nopeudet, matka-ajat, ajokustannukset jne.). Kokonaiskustannusten arviointiin tarvitaan myös tietoa rakentamis-, kunnossapito- ja liikenteen hoitokustannuksista, joita saadaan tienpitäjiltä, liikennöitsijöiltä ja erilaisista kustannustaulukoista. Useita vaikutuksia on kuitenkin määrällisesti hyvin vaikea arvioida, esimerkkinä vaikutukset kaupunkirakenteeseen ja ihmisten elinoloihin. Tällaisten vaikutusten arvioinnissa onkin tyydyttävä laadulliseen sanalliseen arviointiin esimerkiksi muutoksen suunnasta nykytilanteeseen nähden.

Vaihtoehtojen arvioinnilla pyritään selvittämään eri vaihtoehtoihin liittyvät vaikutukset erityisesti ongelman määrittämisessä esille tulleiden tavoitteiden suhteen. Myös muihin tavoitteisiin tulee kiinnittää huomiota (esim. rahoitus). Vaihtoehtojen vertailua varten on arvioitava myös nollavaihtoehto. Arviointi tulee tehdä suunnittelijoiden ja päättäjien välisenä yhteistyönä siten, että eri vaihtoehtojen toivottavuutta ja tavoitteiden toteutumista voidaan vertailla.

Vaihtoehtojen vaikutusten ja keskinäisen edullisuuden vertailemiseksi on kehitetty paljon

erilaisia menetelmiä. *Yhdistelevässä vertailussa* kunkin vaihtoehdon kaikki vaikutukset yhteismitallistetaan ja lasketaan yhteen, jolloin tulokseksi saadaan yksi ainoa luku. Tavallisimpia menetelmiä ovat hyöty-kustannus- ja monikriteerianalyysit. *Erittelevässä vertailussa* kuvataan vaihtoehtojen erilaiset vaikutukset ja niiden kohdistuminen kullekin vaikutukselle ominaisella tavalla. Erittelevistä menetelmistä yleisin on ns. tilanneanalyysi (toiminto- ja tavoiteanalyysi).

Kuvassa 6-2 on esitetty Liikenneviraston liikenneväylien hankearvioinnin yleisohjeen mukainen arviointikehikko. Arviointiin kuuluu arvioinnin kohteen lähtökohtien kuvaus, vaikutusten kuvaus, hankkeen arviointi, seurannan ja jälkiarvioinnin suunnitelma sekä raportointi ja dokumentointi. Vaikutukset kuvataan määrällisesti tai laadullisesti. Vaikutuksia arvioidaan vaikuttavuuden arvioinnilla (kaikki vaikutukset) ja hyöty-kustannusanalyysin periaatteiden mukaisen yhteiskuntataloudellisen kannattavuuslaskelman avulla (rahassa mitattavat vaikutukset). Vaikuttavuuden arviointi antaa kannattavuuslaskelmaa laajemman kuvan hankkeen vaikutuksista ja on osin päällekkäinen sen kanssa. Toteutettavuuden arvioinnissa käsitellään rahoituspäätöksen kannalta huomionarvoisia riskejä sekä suunnittelun ja hallinnollisten prosessien etenemistä. Analyysin perusteella tehdään päätelmät.



Kuva 6-2. Liikenneväylien hankearvioinnin kehikko (Liikennevirasto 2011c).

Vaihtoehdon valinta sisältää päätöksen siitä, mikä muodostetuista vaihtoehdoista on paras ja

onko se hyötyjensä ja kustannustensa suhteen nollavaihtoehtoa parempi. Jos valinta jonkun vaihtoehdon puolesta voidaan tehdä, laaditaan vaihtoehdosta yksityiskohtainen suunnitelma. Myös vaihtoehdon vaikutukset voidaan tarvittaessa arvioida tarkemmin. Yksityiskohtaista suunnittelua seuraa toteuttamispäätös ja toteutuksen suunnittelu.

Suunnitelman toteuttamispäätös ei takaa, että se toteutetaan täysin aiotulla tavalla tai että seuraukset ovat ennustetut. Toimenpiteiden todelliset seuraukset onkin selvitettävä jälkikäteen, jotta saataisiin käsitys siitä, kuinka hyvin tavoitteet on saavutettu. Seuranta on tärkeää siksi, että suunnitelmaa voidaan vielä muuttaa toivottuun suuntaan ja siksi, että tutkijat ja liikennesuunnittelijat oppivat ymmärtämään liikennejärjestelmää ja pystyvät vastaisuudessa paremmin ennustamaan eri toimenpiteiden vaikutuksia. Jatkuvan seurannan, systemaattisen kokemusten keräämisen ja dokumentoinnin avulla päästään parempaan järjestelmän kuvaukseen, parempiin ennusteisiin ja sitä kautta yhä parempaan suunnittelu-prosessiin.

6.4 Suunnittelun vuorovaikutteisuus

Edustukselliseen demokratiaan perustuva päätöksentekojärjestelmä ei aina riittävästi mahdollista erilaisten arvojen ja tietojen välittymistä paikallisissa ympäristö- ja kehityskysymyksissä. Siksi suunnittelussa tulisikin lisätä niin asiantuntija- ja viranomaisyhteistyötä kuin kansalaisosallistumista.

Nykyajan ristiriitaisten suunnitteluongelmien ratkaiseminen ja ympäristön kestävä kehittäminen edellyttävät aiempaa laaja-alaisempaa *yhteistyötä eri hallinnon- ja ammattialojen välillä*. Kokonaisnäkömyksen muodostaminen vaatii monien tieteenalojen ja ammattikuntien asiantuntemusta ja menetelmiä. Esimerkiksi vaikutuksia arvioitaessa on hyvän lopputuloksen kannalta usein välttämätöntä yhdistää sekä luonnontieteitä että yhteiskuntatieteitä. Nykysuunnittelu vaatii myös hierarkkiset, hallinnolliset ja alueelliset sektorirajat ylittävää viranomaisyhteistyötä. Mikään julkinen tai yksityinen organisaatio ei yksinään pysty kantamaan täyttä vastuuta. Sektoroitunut suunnittelu johtaa helposti liian yksipuolisiin ja kapea-alaisiin ratkaisuihin tai ongelmien siirtelyyn sektorilta toiselle.

Hallintolaissa on säädetty *kansalaisten mahdollisuudesta vaikuttaa viranomaisten päätöksiin*. Lain mukaan asianosaiselle on ennen asian ratkaisemista varattava tilaisuus lausua mielipiteensä asiasta. Jos asian ratkaisulla voi olla huomattava vaikutus muiden kuin asianosaisten elinympäristöön, työntekoon tai muihin oloihin, tulee näille henkilöille varata mahdollisuus saada tietoja asian käsittelyn lähtökohdista ja tavoitteista sekä lausua mielipiteensä asiasta. Viranomaisen on myös annettava tekemänsä päätös tiedoksi asianosaiselle ja muulle tiedossa olevalle, jolla on oikeus hakea siihen oikaisua tai muutosta valittamalla. Myös monissa erityislaeissa, esim. maankäyttö- ja rakennuslaissa ja maantielaisissa, on säädöksiä kansalaisten kuulemisesta ennen päätöksentekoa ja päätöksen jälkeisestä valitus-

käytännöstä.

Kansalaisten suora osallistuminen suunnittelun aikana voi tehdä suunnittelusta osapuolten välisen keskustelu- ja oppimisprosessin. Suunnittelijat ja päätöksentekijät saavat tietoa kansalaisten arvoista ja kansalaiset puolestaan saavat tietoa suunnittelusta, päätösten perusteista ja päätöksentekijöiden arvoista. Kun tiedolliset puutteet ja ennakkoluulot vähenevät, osallistuva suunnittelu voi myös saada aikaan arvojen muuttumista ja neuvotteluprosessi voi johtaa aidon konsensuksen löytymiseen. Osallistuminen lisää myös päätöksenteon hyväksyttävyyttä ja kansalaisten mahdollisuuksia kontrolloida päätöksentekijöiden toimia. Tavallisimpia osallistumisjärjestelyjä ovat näyttelyt, keskustelutilaisuudet, mielipidekyselyt, haastattelut, pienryhmät jne. Suunnittelusta tulee tiedottaa avoimesti ja käytettävien suunnittelu- ja arviointimenetelmien tulee olla ymmärrettäviä.

Osallistumisen painopisteen tulee olla suunnittelun alussa, sillä silloin on parhaat mahdollisuudet hedelmälliseen arvokeskusteluun ja ristiriitojen sovitteluun. Suunnittelun alkuvaiheessa tehdään useimmat keskeiset valinnat, kun määritellään suunnitteluongelmaa ja tavoitteita, rajataan vaihtoehtoja ja vaikutuksia ja suunnitellaan, millä tavalla vaihtoehtoja arvioidaan ja vertaillaan. Osallistumismahdollisuuksia tulee tarjota läpi koko suunnitteluprosessin, ja osallistumisen tulee liittyä kaikkiin keskeisiin suunnittelu- ja päätöksentekovaiheisiin.

6.5 Ympäristöasiat

Kestävä kehitys tarkoittaa sitä, että ihmiskunnan nykyiset perustarpeet tyydytetään viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa. Liikenteen jatkuva kasvu ja fossiilisten polttoaineiden käyttö on yksi suurimmista uhkista kestäväälle kehitykselle. Suomi on sitoutunut useisiin kansainvälisiin sopimuksiin päästöjen alentamiseksi ja myös liikenne- ja viestintäministeriössä on laadittu asiaa koskevia toimenpideohjelmia.

Kestävän kehityksen periaate on otettava huomioon liikennejärjestelmien suunnittelussa ja liikenteen hoidossa. Liikennesuunnittelussa kestävä kehitys tarkoittaa ympäristöystävällisten, taloudellisten ja luonnonvaroja säästävien ratkaisujen etsimistä. Liikenteen terveys- ja ympäristövaikutuksia tulee pienentää. Sosiaalisesti kestävä liikennejärjestelmä merkitsee riittävien liikkumismahdollisuuksien turvaamista taloudellisista ja alueellisista eroista riippumatta. Yhdyskuntarakenteen kehittämisessä kestävä kehitys edellyttää liikkumistarvetta ja kuljetuksia vähentäviä muutoksia.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä, eli *YVA-menettelyllä*, pyritään ehkäisemään ennakolta haitallisia ympäristövaikutuksia. Tavoitteena on saada ympäristöasiat mukaan suunnitteluun yhtäläisesti taloudellisten, teknisten ja sosiaalisten näkökohtien rinnalle. Menettely lisää myös kansalaisten mahdollisuuksia osallistua ja vaikuttaa suunnitteluun, mikä helpottaa myös mahdollisten ristiriitojen sovittelua. Suomessa laki ympäristövaikutusten

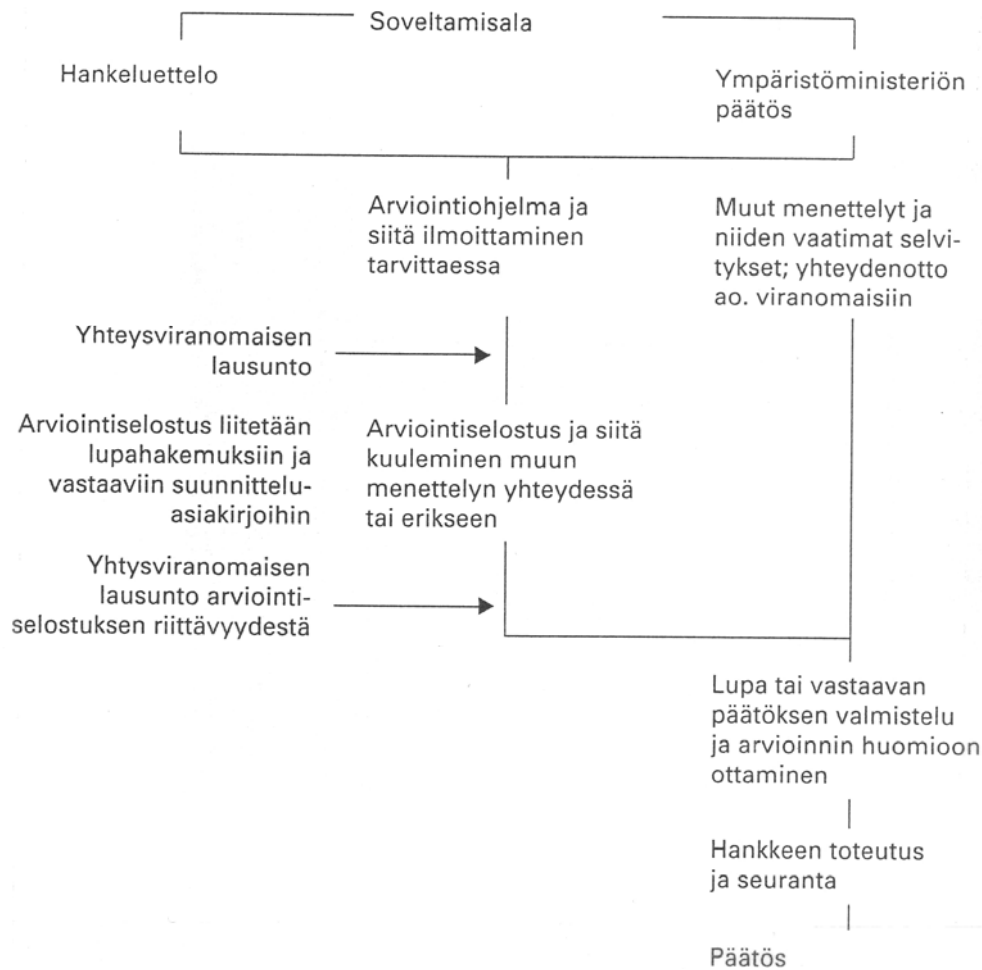
arviointimenettelystä tuli voimaan vuonna 1994. Suomea velvoittavat myös eräät ympäristövaikutusten arviointia koskevat kansainväliset sopimukset.

YVA-lakia sovelletaan hankkeisiin, joista Suomea velvoittavan kansainvälisen sopimuksen täytäntöönpaneminen edellyttää arviointia, tai joista saattaa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia Suomen luonnon ja muun ympäristön erityispiirteiden vuoksi. Hankkeista säädetään tarkemmin YVA-asetuksessa. Liikennehankkeita, joihin on sovellettava ympäristövaikutusten arviointimenettelyä ovat mm.

- moottoritiet
- moottoriliikennetiet
- kaukoliikenteen rautatiet
- lentokentät
- meri- ja sisävesiväylät
- satamat.

Kuvassa 6-3 on esitetty YVA-menettelyn kulku. YVA-menettely on toteutettava ennen kuin hankkeen toteuttamiseksi ryhdytään ympäristövaikutusten kannalta olennaisiin toimiin ja viimeistään ennen kuin eri lakien mukaisia lupapäätöksiä voidaan tehdä. YVA-menettelyssä laadittava arviointiselostus on liitettävä lupahakemukseen. Viranomaisilla ja kansalaisilla on mahdollisuus sanoa mielipiteensä arviointiselostuksesta ja tehtyjen selvitysten riittävydestä.

Yksittäistä hanketta koskeva YVA ei aina ole tehokkain tapa ehkäistä haitallisia ympäristövaikutuksia. Usein jo strategisen tason suunnittelussa tehdään paljon ympäristöön vaikuttavia päätöksiä. Viranomaisten valmisteleminen suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arviointia koskeva lainsäädäntö tuli voimaan 1.6.2005. SOVA-lain tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja huomioon ottamista viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien valmistelussa ja hyväksymisessä, parantaa yleisön tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia sekä edistää kestävästä kehitystä. Laki sisältää aiemmin YVA-lakiin sisältyneen yleisen velvollisuuden selvittää ja arvioida ympäristövaikutukset sekä tarkemmat arvioinnin sisältöä ja menettelytapoja koskevat säännökset tietyille suunnitelmille ja ohjelmille. SOVAsta on myös laadittu valtioneuvoston ohje. Liikenteen osalta strateginen YVA-menettely on tarpeen esim. liikennepolitiikkaa koskevia suunnitelmia ja ohjelmia sekä alueellisia kehittämissuunnitelmia laadittaessa.



Kuva 6-3. YVA-menettelyn kulku (Ympäristöministeriö 1995).

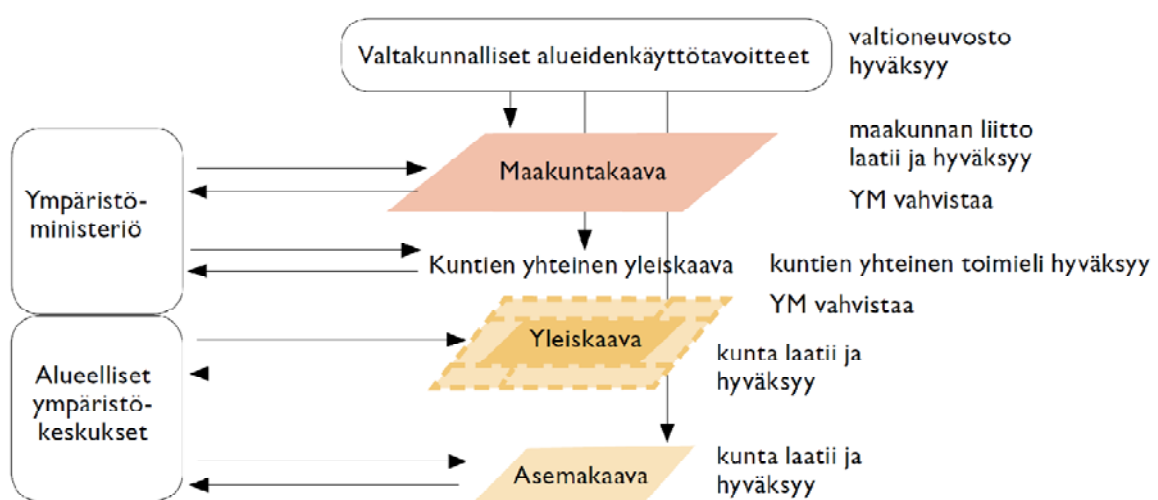
6.6 Maankäytön suunnittelu

Liikennesuunnittelu on osa yhdyskuntasuunnittelua, joten se kytkeytyy hyvin läheisesti maankäytön suunnitteluun eli kaavoitukseen. Kestävän kehityksen periaatteen mukainen liikennetarpeen ja liikenteen haittojen vähentäminen edellyttää liikennesuunnittelun kytkemistä entistä tiukemmin maankäytön suunnitteluun. Yhdyskuntarakenteen tiivistämisellä ja toimintojen tarkoituksenmukaisella sijoittamisella voidaan vähentää liikennetarvetta ja parantaa joukko- ja kevyen liikenteen edellytyksiä. Liikennejärjestelmällä voidaan puolestaan ohjata maankäytön sijoittumista ja kaupunkirakenteen kehittymistä. Kun liikennettä suunnitellaan maankäytön kanssa samanaikaisesti yhteisesti hyväksytyihin tavoitteisiin pyrkien, päästään kokonaisuuden kannalta parhaaseen lopputulokseen.

Kaavoitusta koskevat säädökset löytyvät maankäyttö- ja rakennuslaista. Lain tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että siinä luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitys. Lain tavoitteena on myös turvata jokaisen osallistumismahdollisuus asioiden valmisteluun, suunnittelun laatu ja vuorovaikutteisuus, asiantuntemuksen monipuolisuus sekä avoin tiedottaminen käsiteltävinä olevissa asioissa.

Kaavoitus on suunnittelun laaja-alaisuuden vuoksi hajautettu ja porrastettu eri vaiheisiin. Kaavat muodostavat hierarkkisen järjestelmän, jossa yleispiirteisempi kaava ohjaa yksityiskohtaisempaa (kuva 6-4). Yleispiirteisen kaavan tulisi edeltää yksityiskohtaisempaa kaavaa, mutta käytännössä eriateinen kaavoitus tapahtuu usein samanaikaisesti ja vuoro-vaikutteisesti. Tietyllä alueella voi olla voimassa vain yksi rakentamista ohjaava kaava. Yleispiirteisemmän kaavan ohjausvaikutus tulee esille muutettaessa yksityiskohtaisempaa kaavaa. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaiset kaavamuodot ovat:

- maakuntakaava
- yleiskaava ja
- asemakaava.



Kuva 6-4. Maankäyttö- ja rakennuslain mukainen kaavajärjestelmä (Ympäristöministeriö 2006).

Valtioneuvosto voi hyväksyä alueiden käyttöä ja aluerakennetta koskevia valtakunnallisia tavoitteita. Maakuntakaavan laatimisesta ja muusta maakunnan suunnittelusta huolehtii kuntayhtymä (maakunnan liitto), jossa alueen kuntien on oltava jäseninä. Sen hyväksyy maakunnan liiton ylin päättävä elin ja vahvistaa ympäristöministeriö. Yleiskaavan laatii kunta ja hyväksyy kunnanvaltuusto. Kunnat voivat laatia yleiskaavan myös yhteistyönä ja antaa yhteisen yleiskaavan laatimisen ja hyväksymisen maakunnan liiton, tehtävään soveltuvan muun kuntayhtymän tai kuntien yhteisen toimielimen tehtäväksi. Yhteisen yleiskaavan vahvistaa ympäristöministeriö. Asemakaavan laatii kunta. Sen hyväksyy kunnanvaltuusto, mutta valtuuston päätösvaltaa voidaan muiden kuin vaikutukseltaan merkittävien kaavojen osalta siirtää kunnanhallitukselle tai lautakunnalle. Maanomistaja voi huolehtia ranta-asemakaavaa koskevan ehdotuksen laatimisesta omistamalleen ranta-alueelle, ennen laatimiseen ryhtymistä on oltava yhteydessä kuntaan.

Valtioneuvosto päätti *valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista* marraskuussa 2000, ja päätös tuli voimaan marraskuussa 2001. Valtion viranomaisten toiminnan tulee tukea ja edistää tavoitteiden toteutumista. Tarkoitus on, että tavoitteet välittyvät kaavoitukseen ensisijaisesti maakuntakaavojen kautta. Liikenteen osalta on asetettu selkeät yleis- sekä erityistavoitteet. Yleistavoitteena on, että liikennejärjestelmiä suunnitellaan ja kehitetään kokonaisuuksina, jotka käsittävät eri liikennemuodot ja palvelevat sekä asutusta että elinkeinoelämän toimintaedellytyksiä. Erityistä huomiota tulee kiinnittää liikenne- ja kuljetustarpeen vähentämiseen sekä liikenneturvallisuuden ja ympäristöystävällisten liikennemuotojen käyttöedellytysten parantamiseen. Tarvittaviin liikenneyhteyksiin tulee varautua ensisijaisesti olemassa olevia pääliikenneyhteyksiä ja -verkostoja kehittämällä.

Kaavan laatimisen vaiheet on määritelty maankäyttö- ja rakennuslaissa ja -asetuksessa. Laki velvoittaa laatimaan maakuntakaavan ja yleiskaavan. Asemakaava on laadittava ja pidettävä ajan tasalla sitä mukaa kuin kunnan kehitys tai maankäytön ohjaustarve sitä edellyttää.

Maakunnan suunnitteluun kuuluvat maakuntasuunnitelma, muuta alueiden käytön suunnittelua ohjaava maakuntakaava ja alueellinen kehittämissuunnitelma. Maakunnan suunnittelussa otetaan huomioon valtakunnalliset tavoitteet sovittaen ne yhteen alueiden käyttöön liittyvien maakunnallisten ja paikallisten tavoitteiden kanssa. *Maakuntasuunnitelmassa* osoitetaan maakunnan tavoiteltu kehitys. *Maakuntakaava* sisältää yleispiirteisen suunnitelman alueiden käytöstä maakunnassa tai sen osa-alueella. Maakuntakaavassa esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet ja osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Aluevarauksia osoitetaan vain siltä osin ja sillä tarkkuudella kuin alueiden käyttöä koskevien valtakunnallisten tavoitteiden kannalta taikka useamman kuin yhden kunnan alueiden käytön yhteen sovittamiseksi on tarpeen. Maakuntakaava voidaan laatia myös vaiheittain tai osa-alueittain.

Liikennesuunnittelua tarkastellaan maakuntatason kaavoituksessa ensisijaisesti maakunnan kehittämisen ja aluerakenteen näkökulmasta. Tärkeä osa maakuntakaavoitusta on pitkän aikavälin yhteystarpeiden osoittaminen. Maakuntakaavan liikennesuunnittelu sisältää yhteysverkkosuunnitelman laatimisen ja liikennettä koskevia erillisselvityksiä. Yhteysverkkosuunnitelmassa esitetään liikenneverkkojen tilavaraukset ja toiminnallinen luokitus.

Maakuntakaavoituksessa käsitellään kaikkia liikennemuotoja ja niiden aluevarauksia. Koko maakuntakaava-aluetta koskevien liikennepoliittisten kehittämistavoitteiden ohella käsitellään usein suurimpia kaupunkiseutuja ja nauhamaisia aluerakenneyöhykkeitä (teiden ja ratojen varsia) omina kokonaisuuksinaan. Periaatteena on, että liikennejärjestelmää kehitetään osana muuta yhteiskunnan kehittämistä.

Yleiskaavan tarkoituksena on kunnan tai sen osan yhdyskuntarakenteen ja maankäytön yleispiirteinen ohjaaminen sekä toimintojen yhteen sovittaminen. Yleiskaava voidaan laatia myös maankäytön ja rakentamisen ohjaamiseksi määrätyllä alueella. Yleiskaavassa

esitetään tavoitellun kehityksen periaatteet ja osoitetaan tarpeelliset alueet yksityiskohtaisen kaavoituksen ja muun suunnittelun sekä rakentamisen ja muun maankäytön perustaksi. Yleiskaava voidaan laatia myös vaiheittain tai osa-alueittain.

Yleiskaavoituksessa määritellään toimintojen keskinäinen sijainti kunnassa. Koska liikenne on seurausta eri toimintojen vuorovaikutuksesta, on yleiskaavoitus liikennesuunnittelun kannalta keskeinen vaihe. Toimintojen sijoittelulla ratkaistaan syntyvän liikenteen määrä, suuntautuminen ja mahdollisuudet eri kulkutapojen käyttöön. Yleiskaavatasolla muodostuvat koko yhdyskunnan liikennejärjestelmän pääperiaatteet.

Yleiskaavoituksen kannalta keskeisin liikennesuunnitelma on liikennejärjestelmäsuunnitelma. Muita yleiskaavatasoisia liikennesuunnitelmia ovat esimerkiksi taajaman tie- ja katuverkko-suunnitelma, tärkeimpien teiden ja katujen yleissuunnitelmat sekä liikennemuotokohtaiset erillisuunnitelmat. Liikennejärjestelmäsuunnittelussa kiinnitetään huomiota liikennemuotojen työnjakoon, liikennejärjestelmän rakenteeseen ja aluevarauksiin, ympäristövaikutuksiin ja palvelutasoon.

Asemakaava laaditaan alueiden käytön yksityiskohtaista järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten. Sen tarkoituksena on osoittaa tarpeelliset alueet eri tarkoituksia varten ja ohjata rakentamista ja muuta maankäyttöä paikallisten olosuhteiden, kaupunki- ja maisemakuvan, hyvän rakentamistavan, olemassa olevan rakennuskannan käytön edistämisen ja kaavan muun ohjaustavoitteen edellyttämällä tavalla.

Asemakaavaa laadittaessa on kiinnitettävä huomiota moniin liikennettä koskeviin seikkoihin. Tarkoitustaan vastaavien liikenneväylien tulee yhdistää kaupungin eri osat toisiinsa ja kaupunki naapurikuntiin. Kaukoliikenteen tarpeet on myös otettava huomioon, samoin tavara- ja matkustajaliikenteen vaatimukset. Kadut ja tiet on tehtävä liikenteen tarpeita vastaaviksi ja liikenneturvallisuutta edistäviksi. Katu on yhdistettävä muuhun liikenneväylään liikenteen kannalta tarkoituksenmukaisesti. Liikenneväylien suunnittelussa on otettava huomioon myös liikenteen kehitys. Rakennukset on sijoitettava siten, etteivät ne vaaranna liikenneturvallisuutta. Yleisiä pysäköimispaikkoja tulee olla riittävästi.

Asemakaavan liikennesuunnittelu on lähinnä liikenneteknistä suunnittelua, jonka tuloksena ovat tie- ja katusuunnitelmat, kevyen liikenteen väylien suunnitelmat, yksityiskohtaiset pysäköintisuunnitelmat sekä kustannusarviot ja toteuttamishjelmat. Asemakaavan liikennesuunnitelma sisältyy kaavaselostukseen tai on sen erillisenä liitteenä. Se ei ole virallinen asiakirja eli sitä ei vahvisteta. Katusuunnitelma on kuitenkin hyväksyttävä kunnassa ennen kadun rakentamista.

Loma-asutuksen järjestämiseksi ranta-alueelle voidaan laatia yleis- tai asemakaava.

6.7 Liikennejärjestelmäsuunnittelu

Liikennesuunnittelu on perinteisesti ollut hyvin sektoroitunutta. Eri liikennemuotoja on suunniteltu erillään toisistaan ja muusta yhdyskuntasuunnittelusta. Suunnittelu on lisäksi keskittynyt lähinnä väylästön ja yhteyksien suunnitteluun. Nykyisin liikennesuunnittelussa ollaan kuitenkin siirtymässä koko liikkumista koskevan järjestelmän, liikennejärjestelmän suunnitteluun. Uuden suunnittelukäytännön muotoutumisen taustalla ovat vaikuttaneet kestävän kehityksen periaatteiden omaksuminen ja käytävissä olevien taloudellisten resurssien väheneminen. Kokonaisvaltaisen suunnittelun avulla pyritään saavuttamaan parempia ja tehokkaampia ratkaisuja, joiden avulla selvitään pidemmälle tulevaisuuteen.

Liikennejärjestelmäsuunnittelu on osa kuntien maankäytön ja toimintojen suunnittelua. Liikennejärjestelmäsuunnittelussa käsitellään eri liikennemuotoja (henkilö- ja tavaraliikenne), kulkumuotoja (henkilöautoliikenne, joukkoliikenne, kevyt liikenne), eri kulkuvälineillä tehtäviä matkaketjuja ja kulkuvälineiden vaihtopaikkoja, liikenneverkkoja, pysäköintiä, alue- ja yhdyskuntarakennetta, maankäyttöä, rahoitusta ja yhteistyötä (kuva 6-5). Suunnittelu-prosessiin tulee kaikissa vaiheissa liittyä myös tiivis vuoropuhelu kansalaisten ja muiden intressitahojen kanssa. Liikennejärjestelmäsuunnittelu on pitkän aikavälin strategista suunnittelua. Liikennepolitiikan määrittäminen ja yhteistyöprosessin kehittäminen on liikennejärjestelmäsuunnittelussa tärkeämpää kuin viimeiseen saakka viety tekninen suunnittelu. Suunnitelma luo puitteet eri liikennemuotojen ja maankäytön yksityiskohtaiselle suunnittelulle ja antaa vankan tietopohjan päätöksenteolle.



Kuva 6-5. Liikennejärjestelmäsuunnittelun toimintaympäristö (Liikenneministeriö 1994a).

Varsinkin kaupunkiseuduilla on korostunut tarve liikennejärjestelmäsuunnitteluun. Seutu on toimiva kokonaisuus, jonka järkeväksi kehittämiseksi tarvitaan suunnittelua ja yhteistyötä yli kunta- ja organisaatorajojen. Varsinaiseksi suunnittelualueeksi on tarkoituksenmukaisinta ottaa pääasiallinen työssäkäyntialue. Myös yhteyksiä ulospäin tulee käsitellä. Liikennejärjestelmäsuunnittelua tehdään myös maakuntatasolla. Maakuntatason liikennejärjestelmäsuunnitelmat ovat yleispiirteisempiä ja keskittyvät suurimpien väylä- ja terminaalihankkeiden varauksiin ja hankeohjelmointiin.

Suunnittelualan kuntien tavoitteet seudun kehittämisestä voivat olla ristiriitaisia ja jopa yhteistä etua ja yhteistyötä hankaloittavia. Liikennejärjestelmäsuunnittelussa pyritäänkin luomaan koko *seudulle yhteiset kehittämistavoitteet*. Samalla on helpompi varmistaa, että myös muut liikennettä koskevat valtakunnalliset ja kansainväliset suunnitelmat ja tavoitteet tulevat huomioon otetuiksi suunnittelussa.

Liikennejärjestelmäsuunnittelu on *keino maankäytön ja liikenteen vuorovaikutteiseen suunnitteluun*. Suunnittelussa tulee selvittää, millainen olisi liikennejärjestelmän kannalta edullinen aluerakenne ja maankäyttö, sekä tuottaa sitä koskevia kehittämisehdotuksia.

Liikennejärjestelmäsuunnittelu mahdollistaa myös *taloudellisten resurssien tehokkaan käytön* ja kohdistamisen sinne, missä ne järjestelmän kokonaisuuden kannalta tuottavat suurimman hyödyn vähimmillä haitoilla. Eri liikennemuotoja samanaikaisesti suunnittelemalla saadaan järjestelmä toimivaksi ja kapasiteetti tehokkaaseen käyttöön. Liikennejärjestelmän tasapainoisella kehittämisellä ja kulkumuotojen välisellä yhteistyöllä säästetään kustannuksissa ja vältetään turhia investointeja. Kun myös joukko- ja kevyttä liikennettä kehitetään, voidaan kaikille väestöryhmille *turvata tasapuoliset liikkumismahdollisuudet*.

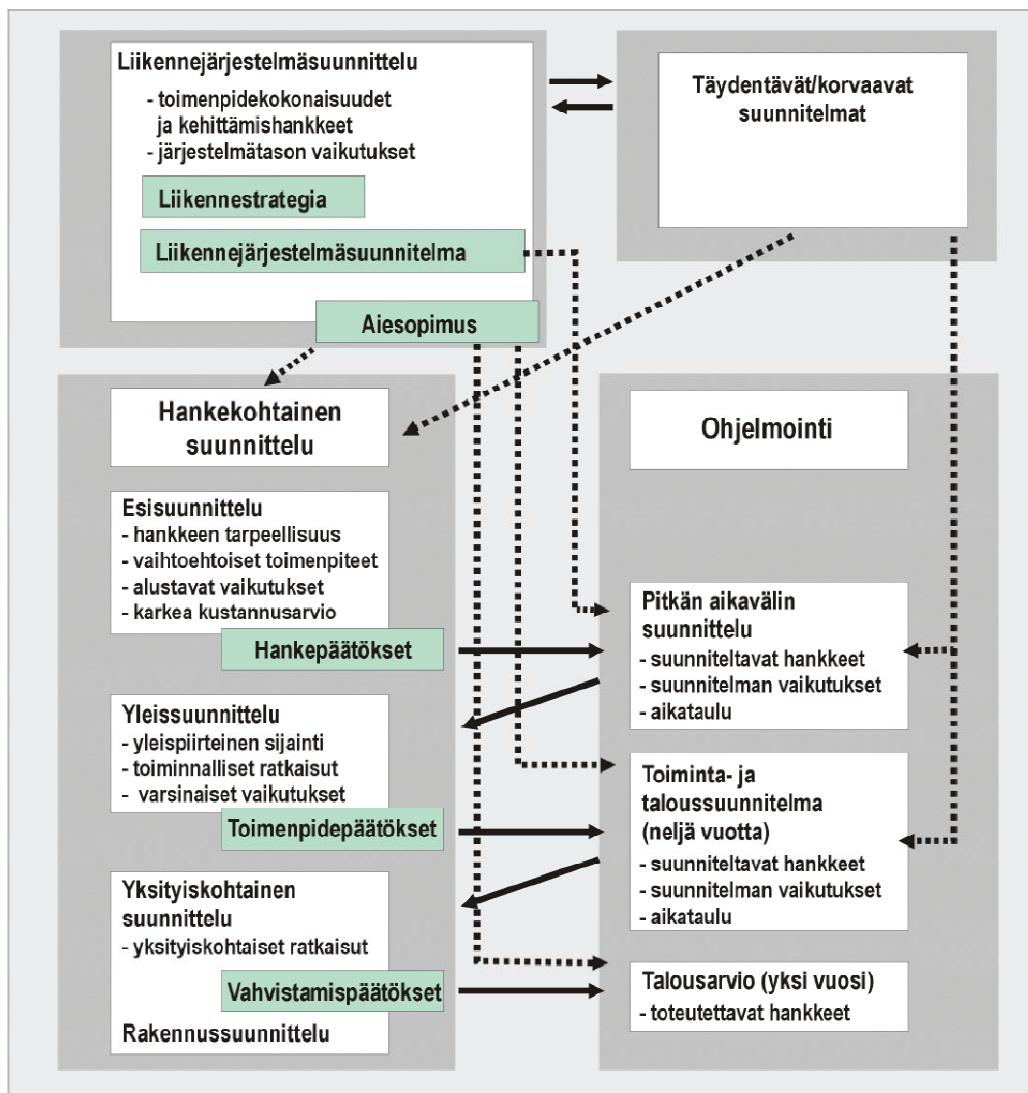
Liikennejärjestelmäsuunnittelu tarjoaa mahdollisuuden liikenteen aiheuttamien *ympäristö-, terveys- ja viihtyisyysvaikutusten arvioimiseen laaja-alaisesti ja monipuolisesti*. Arvioinnista saadaan perusteita päätöksenteolle. Suunnittelun yhteydessä joudutaan pohtimaan myös muuten erilaisten arvojen merkitystä ja asettamaan ne tärkeysjärjestykseen. Tämän tulisi tapahtua perusteelliseen yhteiskuntakeskusteluun tukeutuen.

Liikennejärjestelmän kehittäminen on monimutkainen kokonaisuus erilaisia toimenpiteitä. Jotta haluttuihin tavoitteisiin päästään, täytyy suunnittelun yhteydessä yksittäisten toimenpiteiden lisäksi sopia lukuisten erilaajuisten *toimenpidekokonaisuuksien toteuttamisesta*. Niiden toteuttaminen voi samanaikaisesti koskea useita eri tahoja ja sektoreita. *Rahoitus* tulisikin järjestää niin, että toimenpidekokonaisuuksien toteutus voi tapahtua järjestelmän kannalta oikea-aikaisesti ja taloudellisesti riippumatta siitä kenelle hankekokonaisuus tai sen osa hallinnollisesti kuuluu.

Suunnitelman pohjalta tehdään aiesopimus hankkeiden toimeenpanosta sekä eri osapuolten vastuusta suunnitelman edistämiseksi. Suunnittelun jälkeen järjestelmän kehittäminen

jatkuu suunnitelmassa esitettyjen periaatteiden mukaan. Liikennejärjestelmän kehittäminen on jatkuva prosessi. Toteutettujen toimenpiteiden vaikutuksia tulee seurata ja suunnittelun aikana kerätty tietoaineisto tulee päivittää säännöllisesti, jotta tavoitteiden toteutumisesta ja järjestelmän kehittämistarpeista voidaan tehdä päätelmiä.

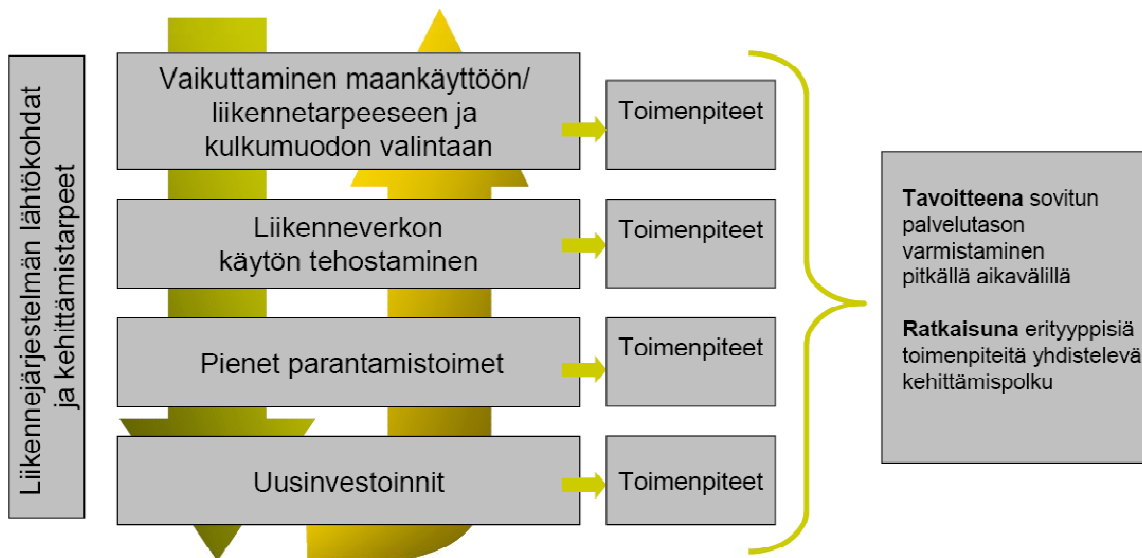
Kuvassa 6-6 on havainnollistettu liikennejärjestelmäsuunnittelun kytkeytymistä muuhun suunnitteluun (erillissuunnitelmat ja hankesuunnittelu) ja ohjelmoitiin. Keskeisiä toimijoita liikennesuunnittelussa ovat liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalan virastot, kunnat ja maakunnat. Eri toimijoiden suunnittelukäytännöt poikkeavat toisistaan. Liikennejärjestelmäsuunnittelu kytkeytyy useimmissa tapauksissa läheisimmin tieliikenteen suunnittelujärjestelmään. Liikennejärjestelmäsuunnittelu on kokonaisvaltaista liikenteen suunnittelua, jolloin sen sisältö voi laajimmillaan käsittää koko liikennesektorin suunnittelutarpeet. Usein käytävissä on kuitenkin suhteellisen ajan tasalla olevia erikoissuunnitelmia, jotka voidaan hyödyntää liikennejärjestelmän suunnitteluprosessissa. Liikennejärjestelmäsuunnittelu voidaan painottaa tärkeimpiin kehittämisalueisiin.



Kuva 6-6. Liikennesektorin suunnittelujärjestelmä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2003b).

6.8 Nelivaiheinen toimenpideanalyysi

Viime vuosina liikennejärjestelmien kehittämisessä on alettu painottaa yhä enemmän asiakaslähtöisyyttä sekä liikkumisen ja liikenteen hallinnan näkökulmaa. Tämä vaatii myös suunnitteluun uudentyyppisiä ratkaisumalleja. Ongelma-analyysiin onkin Ruotsin tielaitoksessa kehitetty niin sanottu *nelivaiheisen toimenpideanalyysin periaate* (eli *neliporrasperiaate*). Myös Suomessa on tieviranomaisten esimerkistä ryhdytty käyttämään periaatetta. Tavoitteena on tuoda analyysiin lisää liikennejärjestelmänäkökulmaa. Toimenpidevalikoimaan sisältyy varsinaisten infrastruktuuri-investointien lisäksi myös liikennekysyntään ja kulkutapoihin vaikuttaminen, liikenneverkon käytön tehostaminen sekä liikenneverkon parantaminen pienten askelten periaatteella (kuva 6-7).



Kuva 6-7. Nelivaiheinen toimenpideanalyysi (Tiehallinto 2007).

Tarkastelun tuloksena on useiden toimijatahojen yhteistyönä suunniteltava ja toimeenpantava hankkeiden ja toimenpiteiden kokonaisuus, kehittämisspolku. Periaatteen soveltamiseen liittyy myös *pienen askelten periaate*, jossa pyritään turvaamaan tavoiteltava palvelutaso erityyppisiä keinoja yhdistämällä ja ketjuttamalla. Nelivaiheinen tarkastelutapa sopii varsinkin esiselvitysten ja ohjelmien laadintaan ja liikennejärjestelmäsuunnitteluun.

7 TAAJAMIEN LIIKENNESUUNNITTELU

7.1 Taajamien liikennesuunnittelun yleisiä periaatteita

7.1.1 Yleistä

Vielä muutama vuosikymmen sitten autoliikenteen sujuvuuden turvaaminen korostui kaupunkiliikenteen suunnittelussa. Nykyisin autoliikenteen aiheuttamat ongelmat (onnettomuudet, melu, pakokaasupäästöt, energiankulutus, yhdyskuntarakenteen hajaantuminen) ovat kaikkien tiedossa ja suunnittelussakin korostetaan entistä enemmän sitä, että kaikkien kulkumuotojen tarpeet otetaan huomioon. Suunnittelussa on otettava huomioon myös ympäristön, liikenneturvallisuuden, resurssien taloudellisen käytön ja tehokkuuden vaatimukset. Kaupungin kadut toimivat myös ihmisten jokapäiväisten toimintojen ympäristönä, joten katu ympäristön laatuun ja miellyttävyyteen tulee myös kiinnittää huomiota.

Suomessa sovelletaan pitkälti ulkomailta peräisin olevia kaupunkiliikenteen suunnitteluperiaatteita. Varsinkin Ruotsissa on pitkät perinteet kaupunkiliikenteen suunnitteluohjeiden kehittämisessä. Myös mm. Alankomaissa ja Tanskassa on kehitetty periaatteita, jotka ovat levinneet laajalti esimerkkeinä kävely-, piha- ja hidaskatujen suunnittelu.

Ruotsalaisten suunnitteluohjeiden (SCAFT, TRÅD, Lugna gatan, TRAST) keskeiset periaatteet ovat säilyneet vuosien saatossa pitkälti samoina, menetelmien yksityiskohtiin on tullut aikojen kuluessa tarkennuksia. Ohjeissa korostuu maankäytön ja liikenteen suunnittelu yhdessä siten, että liikkumistarve vähenee, kävely-, pyöräily- ja joukkoliikenteen osuus kasvaa, turvallisuus paranee ja ympäristö otetaan huomioon. Keskeisiä periaatteita ovat mm.:

- *Toimintojen sijoittelu:* sijoitetaan asutus ja toiminnot siten, että liikkumistarve muodostuu pieneksi ja kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä edistetään.
- *Lähiöiden muodostaminen:* sijoitetaan asutus ja toiminnot lähiöihin, joiden sisällä autoliikenne on vähäistä ja lähiympäristön vaatimukset asetetaan etusijalle.
- *Liikenneverkkojen jäsentely:* sijoitetaan liikenne väylille siten, että jokaisella väylällä liikennevirta on mahdollisimman homogeeninen matkan kohteen ja nopeuden kannalta. Väylät jaetaan hierarkkisesti pää- ja paikallisväyliin.
- *Liikennemuotojen erottelu:* erotetaan kevytliikenne autoliikenteestä erityisesti siellä, missä autoliikenteen liikennemäärät ja nopeudet ovat suuria.

7.1.2 Lähiöperiaate

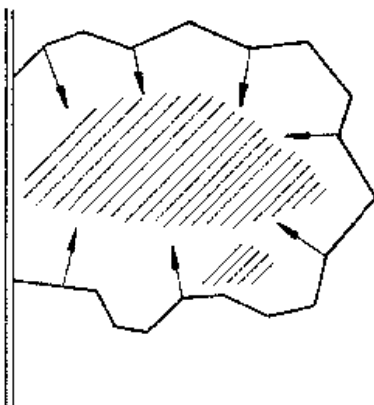
Lähiöperiaatteen tavoitteena on jakaa taajama osa-alueisiin eli *lähiöihin*, joiden sisällä asukkaat ja alueella työssä käyvät voivat täyttää jokapäiväiset tarpeensa. Lähiöihin tulee sijoittaa sekä asuntoja että työpaikkoja, jotta niistä saadaan eläviä toiminnallisia kokonaisuuksia ja liikkumistarve minimoituu. Asuinlähiössä ei saa olla huomattavaa läpiajoliikennettä ja autoliikenteen nopeuksien tulee olla alhaisia. Lähiöstä käytetään toisinaan myös nimitystä *ympäristöyksikkö*.

Lähiöt on muodostettava jo suunnitteluvaiheessa, koska niiden erottaminen ja rajaaminen olemassa olevassa rakenteessa on vaikeaa. Lähiöiden on oltava riittävän suuria, jotta niihin voidaan sijoittaa jokapäiväiset palvelut (kaupat, päiväkodit, koulut jne.). Toisaalta liian suurissa lähiöissä menetetään yhteenkuuluvuuden tunne. Lähiöiden koko vaihtelee keskusta-alueen 0,25 neliökilometrin ja harvan omakotialueen neljän neliökilometrin välillä.

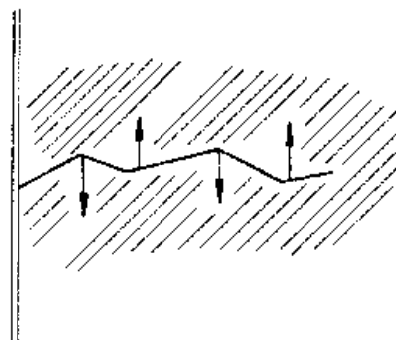
Pääväylien tulisi sijaita lähiöiden välissä. Pääväylät jakavat taajaman ns. *liikennesoluihin*. Aina ei ole itsestäänselvää, että liikennesolut olisivat yhtenevät lähiöiden kanssa. Joskus olemassa olevat lähiöt ovat pienempiä kuin liikennesolut, ja joskus taas pääväylät jakavat muutoin luonnolliset lähiöt kahtia. Maankäytön ja liikenteen suunnittelun tulisikin tapahtua samanaikaisesti ja tavoitteena tulisi olla, että lähiön ja liikennesolun rajat yhtyisivät. Uusi maankäyttö ja uudet väylät tulee pyrkiä sijoittamaan siten, että lähiöperiaate toteutuu.

Lähiön autoliikenneverkko voidaan suunnitella joko sisä- tai ulkosyöttöiseksi (*kuva 7-1*). *Ulkosyöttöisessä järjestelmässä* kokoojakatu sijaitsee alueen ulkoreunalla. Se on kevytliikenteelle parempi järjestelmä, koska auto- ja kevytliikenteellä on molemmilla oma verkostonsa, joten estevaikutusta ei synny. Haittana on suhteellisen suuri katupituus ja joukkoliikenteen järjestämisen vaikeus. *Sisäsyöttöisessä järjestelmässä* kokoojakatu kulkee alueen keskellä, jolloin päästään lyhyeen katupituuteen. Sen sijaan vaarana on, että syntyy liian suuri estevaikutus. Toisaalta kevyen liikenteen yhteydet alueen ulkopuolelle ovat usein paremmat.

Ulkosyöttöinen katuverkko



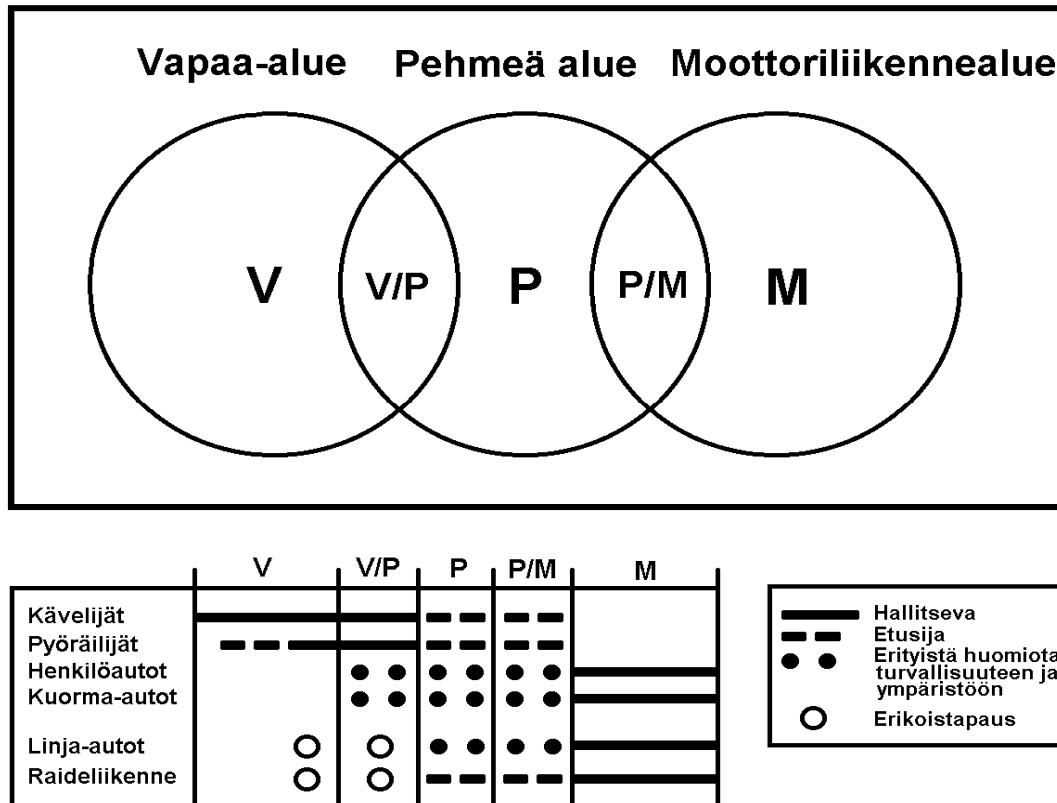
Sisäsyöttöinen katuverkko



Kuva 7-1. Lähiön katuverkon suunnitteluvaihtoehdot (Sisäasiainministeriö 1982).

7.1.3 Vyöhykejajattelu

Vyöhykejajattelu kuvaa liikenteen monimutkaista sekoittumista kaupungeissa ja taajamissa. Vyöhykejajattelun tavoitteena on parantaa pyöräilijöiden ja jalankulkijoiden turvallisuutta. Vyöhykejajattelun mukaan taajama jaetaan viiteen liikkumisalueeseen (kuva 7-2).



Kuva 7-2. Vyöhykejajattelun liikkumisalueet ja eri liikennemuotojen sijoittuminen niihin (Boverket 1992).

Vapaa-alue (V) on leikkivien lasten, jalankulkijoiden ja pyöräilijöiden alue. Siellä on mahdollisuuksia esimerkiksi virkistykseen, leikkiin, urheiluun ja ihmisten väliseen kanssakäymiseen. Vapaa-alue sisältää kävely- ja pyöräteitä, puistoja ja leikkialueita. Moottoriajoneuvolla ajo on kielletty huoltoajoa lukuun ottamatta, joten liikkuminen jalan tai pyörällä voi tapahtua ilman konflikteja autoliikenteen kanssa.

Kevyttiikennepainotteisilla alueilla (V/P) sallitaan autoliikenne kevyttiikenteen ehdoilla. Nopeudet saavat olla enintään 15 km/h. Keskusta-alueiden kävelykadut ja asuntoalueiden pihakadut kuuluvat tähän ryhmään.

Pehmeällä alueella (P) jalankulkijat, pyöräilijät ja autoilijat jakavat kadun. Alueeseen kuuluu pääasiassa paikallisverkon väyliä, esimerkiksi hidaskatuja. Nopeudet pidetään alhaisina (30–40 km/h) esimerkiksi väylän fyysisillä rakenteilla. Kadut on muotoiltava jalankulkijoiden ehdoilla virikkeellisiksi ja pienipiirteisiksi, mutta autoliikenteen vaatimukset, esimerkiksi suunnistettavuus ja liikenneympäristön selkeys, on myös otettava huomioon suunnittelussa.

Turvallisuus- ja ympäristöpainotteinen liikennealue (P/M) sisältää väylät, joilla on sekä paikallis- että läpiajoliikennettä. Alueella on nopeudet pidettävä alhaisina (30–40 km/h) ja liikennekäyttäytyminen sopeutettava turvallisuuden ja ympäristön vaatimuksiin.

Moottoriliikennealueella (M) on huolehdittava autoliikenteen sujuvuudesta ja turvallisuudesta. Autoliikenteen ympäristöhaittojen, esimerkiksi pölyn ja melun, vähentämiseen on kiinnitettävä huomiota. Alueella, esimerkiksi moottori- ja rautatiellä, ei esiinny kevytliikennettä. Kevytliikenne risteää väylät eritasoisena.

7.1.4 Liikenteen erottelu ja sekoittaminen

Liikenteen erottelulla tarkoitetaan eri liikennemuotojen erottamista toisistaan ajallisesti tai paikallisesti turvallisuus- ja ympäristösyistä. Liikenteen erottelu parantaa erityisesti kevytliikenteen turvallisuutta, koska kevytliikenteen käyttäessä omia autoliikenteestä erotettuja väyliään konfliktipisteet autoliikenteen kanssa poistuvat tai ainakin vähenevät.

Liikenteen erottelu onnistuu, jos lähiöiden kevyen liikenteen verkkoa pidetään suunnittelussa yhtä tärkeänä kuin autoliikenteen verkkoa. Jokaiselta tontilta on oltava turvallinen yhteys kevyen liikenteen verkkoon. Etäisyyksien lähiöiden kohteiden välillä on oltava lyhyempiä kevyen liikenteen verkkoa kuin autoliikenteen verkkoa pitkin. Tärkeimmissä toiminnoissa pyörien pysäköintitilojen on oltava lähempänä määränpäättä kuin autojen, mieluiten suojassa säältä ja varkailta. Ainakin lasten liikkumisen olisi tapahduttava kokonaan autoliikenteestä erotettuna.

Erottelun vastakohtaa eli eri *liikennemuotojen sekoittamista* voidaan käyttää taajamien asuntoalueiden läpikulkuväylillä osoittamaan autoilijoille, että alueella toimitaan heikompien liikennemuotojen eli kevytliikenteen ehdoilla. Tavoitteena on liikenneympäristön visuaalisen vaikutelman avulla saada autoilijat käyttämään riittävän alhaisia nopeuksia ja ottamaan ympäristön haavoittuvuus huomioon. Pihakatu on paras esimerkki alueesta, jossa eri liikennemuodot on sekoitettu.

Jos taajaman keskustan läpikulkuväylän nopeudet ja liikennemäärät ovat liian suuria, keskustaa voidaan pyrkiä rauhoittamaan erilaisin keinoin. Liikenteen sekoittuminen toteutuu eriasteisena eri vaihtoehdoissa.

7.2 Autoliikenteen verkon suunnittelu

7.2.1 Autoliikenteen verkon tavoitteet

Autoliikenneverkon tehtävänä on tarjota hyvä tavoitettavuus parhaiten autolla hoidettavaksi soveltuvalle henkilö- ja tavaraliikenteelle. Autoliikenneverkon tulee tarjota mahdollisuus päästä lähelle lähtö- ja määräpaikkaa ja olla riittävän kattava ja yhdistävä. Verkon tulee olla liikenneolosuhteiltaan sellainen, että matka tai kuljetus voidaan suorittaa hyväksyttävässä ja ennustettavassa ajassa.

Verkon tulee olla jatkuva ja suunnistettavuudeltaan hyvä. Verkon tulee myös olla joustava eli tarjota vaihtoehtoisia reittejä. Autoliikenneverkkoa muodostettaessa tulee ottaa huomioon myös mm. resurssien taloudelliselle käytölle, liikenneturvallisuudelle ja ympäristölle asetetut vaatimukset.

7.2.2 Autoliikenneverkon jäsentely

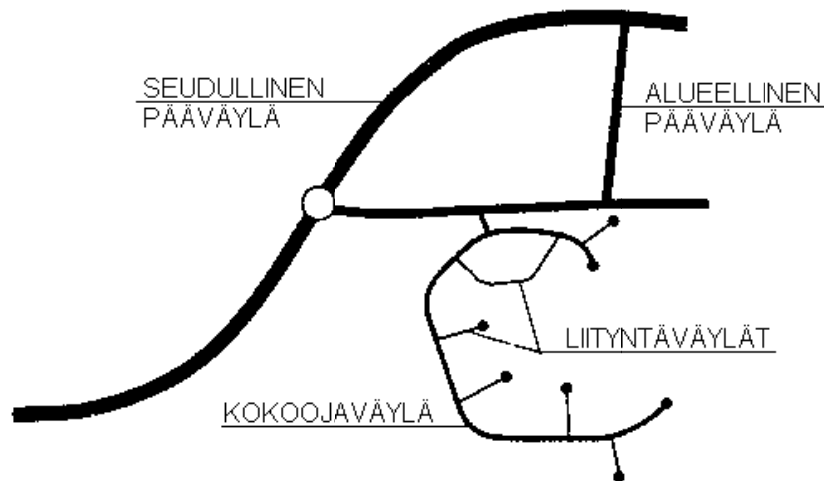
Taajamat

Liikenneverkon jäsentelyllä tarkoitetaan erityyppisen liikenteen kokoamista omille väylilleen. Tavoitteena on, että kullakin väylällä liikenne olisi mahdollisimman homogeenista määräpaikan, nopeuden ja koostumuksen suhteen. Tämä saadaan aikaan jäsentelemällä liikenneverkko hierarkkisesti eriluokkaisiin väyliin (pääväylät/paikallisväylät).

Pääväylät välittävät lähiöiden ja liikennesolujen välistä ja pitempimatkaista liikennettä. Pääväylillä panostetaan autoliikenteen korkeaan nopeustasoon ja hyvään liikennöitävyyteen, suuriin liittymäväleihin ja kevyen liikenteen mahdollisimman täydelliseen erotteluun autoliikenteestä. Pääväylien hyvä välityskyky pitää läpikulkuliikenteen poissa lähiöiden paikallisväyliltä. Pääväylien välittömässä läheisyydessä ei saa olla toimintoja, jotka häiriintyvät suurista liikennemääristä ja nopeuksista. Ympäristöhaittojen minimoimiseksi pääväylillä on kiinnitettävä huomiota melusuojaukseen ja viherrakentamiseen.

Paikallisväylät mahdollistavat hyvät yhteydet tärkeimpiin kohteisiin lähiön sisällä. Paikallisväylien liikenne on liikennesolun sisäistä liikennettä tai niiden alueelle päättyvää liikennettä. Paikallisväylillä ei saisi olla liikennesolun ulkopuolista läpiajoliikennettä. Paikallisväylillä autoliikenteen nopeuksien ja liikennemäärien on oltava niin pieniä, että ympäristö ei niistä häiriinny eikä esiinny konflikteja eri liikennemuotojen välillä.

Perinteisen luokittelun mukaan pääväylät jaetaan *toiminnallisesti* seudullisiin ja alueellisiin pääväyliin ja paikallisväylät kokooja- ja liityntäväyliin (kuva 7-3).



Kuva 7-3. Autoliikenneväylien toiminnallinen luokitus (Sisäasiainministeriö 1982).

Seudulliset pääväylät palvelevat kauko-, kauttakulku- sekä sisääntuloliikennettä ja kunnan sisäistä liikennettä. Seudullinen pääväylä ei saisi kulkea lähiöiden läpi. Seudulliset pääväylät ovat taajaman korkealuokkaisimpia väyliä, joten standardit ovat hyviä ja ajonopeudet varsin korkeita (60–80 km/h). Pysäköinti ja pysähtyminen ovat kiellettyjä. Kevyt liikenne on erotettava autoliikenteestä niin täydellisesti kuin mahdollista.

Alueelliset pääväylät palvelevat kunnan sisäistä yhdysliikennettä eri lähiöiden välillä sekä mahdollisesti myös kauko-, kauttakulku- ja sisääntuloliikennettä. Ne olisi sijoitettava lähiöiden välisille alueille riittävän etäälle häiriintyvistä toiminnoista esimerkiksi asutuksesta. Liikennetekninen standardi vaihtelee sen mukaan, missä osassa taajamaa alueellinen pääväylä sijaitsee. Nopeusrajoitus on 50–60 km/h. Kadunvarsipysäköinti on mahdollisuuksien mukaan kiellettävä.

Kokoojaväylät kokoavat lähiön autoliikenteen pääväylille. Lähiöt on suunniteltava siten, että kokoojaväylät jäävät lyhyiksi (alle 1 000 metriä) ja liikennemäärät kohtalaisiksi (alle 1 000 ajon/vrk). Nopeuden tulee olla alhainen eikä koskaan yli 50 km/h. Hyvä ratkaisu on ulkosityötoinen järjestelmä, jossa kokoojaväylä kiertää alueen ulkoreunalla. Tällöin kadun ylitystarve ja estevaikutus ovat pieniä. Yli sata metriä pitkiä suorita tai vain loivasti kaartavia osuuksia ei saisi esiintyä. Kokoojaväylä voi olla tavallinen katu tai hidaskatu.

Liityntäväyliltä on välitön yhteys tonteille. Liityntäväylät keräävät liikenteen tonteilta kokoojaväylille. Liikennemäärien tulisi olla alle 500 ajon/vrk ja nopeuksien alle 30 km/h. Nopeudet pidetään alhaisina riittävän lyhyillä suorilla osuuksilla, lyhyellä katupituudella ja rakentamalla kadut riittävän kapeiksi. Liityntäväylien muotoilun tulee korostaa asumisviihtyisyyttä ja katutilan esteettisyyttä. Kadulla autoliikenteen lisäksi muun muassa kohdataan naapureita, oleskellaan ja kävellään. Myös lapset leikkivät liityntäväylillä kielloista huolimatta. Liityntäväylä voi olla tavallinen tonttikatu, hidaskatu tai pihakatu.

Perinteisessä luokittelussa väylät jaetaan luokkiin yksinomaan liikenteellisen tehtävänsä mukaan. Perinteisen luokittelun rinnalle on viime aikoina noussut jäsentely, jossa väylät luokitellaan kolmeen ryhmään sen mukaan, mikä on väylän rooli maankäytössä:

- *Maankäyttöä palveleva väylä.* Ympäröivän maankäytön tontit liittyvät suoraan katuun.
- *Läpikulkuväylä.* Johtaa liikenteen maankäyttöalueen (esim. asuntoalue tai keskusta) läpi, mutta yhteydet maankäyttöön ovat muun katuverkon kautta.
- *Ohikulkuväylä.* Johtaa liikenteen maankäyttöalueen ohi. Yhteydet maankäyttöön ovat muun katuverkon kautta.

Taajamien nopeusrajoitusjärjestelmän tulee olla porrastettu väylähierarkian perusteella. Sopivan nopeustason määräävät siis väylän suhde maankäyttöön ja väylän liikenteellinen tehtävä. Mitä vähemmän väylä palvelee maankäyttöä ja mitä vaativampi sen liikenteellinen tehtävä on, sitä korkeampi voi olla nopeus.

Maantiet

Myös Liikennevirasto luokittelee maantiet *toiminnallisesti*. Luokittelu on tarpeen tienpidon suunnittelua, teiden mitoitusta ja viitoitusta varten. Luokituksella pyritään liikennevirtojen ja liikenneolosuhteiden porrastukseen siten, että ylimmissä luokissa tarjotaan pitkä- ja keskipitkämatkaiselle liikenteelle suurimmat matkanopeudet ja parhaat liikenneolosuhteet. Alempien luokkien päätehtävänä on tarjota maankäytölle liityntä tieverkkoon, välittää lyhytmatkaista liikennettä sekä kerätä liikennettä ylemmän verkon teille. Toiminnalliset luokat on määritelty pääsääntöisesti yhdyskuntarakenteen (keskushierarkia) ja sen pohjalta syntyvien päävirtojen avulla. Luokat ja niiden määritelmät ovat seuraavat:

- *Valtatiet* yhdistävät maakunta- ja ylempiluokkaisia keskuksia toisiinsa muodostaen maantieverkon rungon. Ne välittävät kaukoliikennettä ja seudullista liikennettä.
- *Kantatiet* täydentävät valtatieverkkoa ja yhdistävät kaupunkikeskuksia tärkeimpiin liikennetarvesuuntiinsa. Ne välittävät seudullista liikennettä ja kaukoliikennettä.
- *Seututiet* yhdistävät kuntakeskuksia tärkeimpiin liikennetarvesuuntiinsa. Ne välittävät seudullista ja paikallista liikennettä.
- *Yhdystiet* yhdistävät paikalliskeskuksia, kyläkeskuksia ja haja-asutusalueita tärkeimpiin liikennetarvesuuntiinsa. Ne välittävät paikallista liikennettä.

Maantie voidaan tehdä moottoritieksi tai moottoriliikennetieksi liikenteen niin vaatiessa. *Moottoritie* tulee olla erilliset keskikaistan erottamat ajoradat, joilla ei ole avattavia siltoja, ja sitä risteävän liikenteen tulee kulkea eri tasossa. Liittyvä liikenne on johdettava erityisesti järjestettyjen liittymiskohtien kautta eikä moottoritien ja siihen rajoittuvan kiinteistön välillä saa olla muuta kulkuyhteyttä. *Moottoriliikennetiellä* voi olla vain yksi ajorata ja sillä voidaan erityisistä syistä sallia sekä avattavia siltoja että risteävän liikenteen kulkeminen samassa tasossa. Moottoritie ei saa kuljettaa moottoriajoneuvoa, jonka suurin sallittu tai rakenteellinen nopeus on enintään 50 km/h.

7.3 Kevyen liikenteen verkon suunnittelu

7.3.1 Kevyen liikenteen verkon vaatimukset

Kevyt liikenne poikkeaa moottoriajoneuvoliikenteestä monin tavoin. Kevyessä liikenteessä käytetään alhaisempia nopeuksia, kevyen liikenteen käyttäjä on liikenteessä suojaamattomampi ja osalla kevyen liikenteen käyttäjistä, esimerkiksi lapsilla, vanhuksilla ja vammaisilla, on puutteellinen kyky tajuta ja hallita liikennetilanteita. Monin paikoin olisi toivottavaa, että kevyellä liikenteellä olisi oma muusta liikenteestä erotettu verkkonsa. Missä oma liikenneverkko tarvitaan, on ratkaistava paikallisten olosuhteiden mukaan. Ratkaisuun vaikuttavat esimerkiksi kevyen liikenteen määrä, kevyen liikenteen edustajien ominaisuudet, moottoriajoneuvojen käyttämät nopeudet ja liikennemäärät.

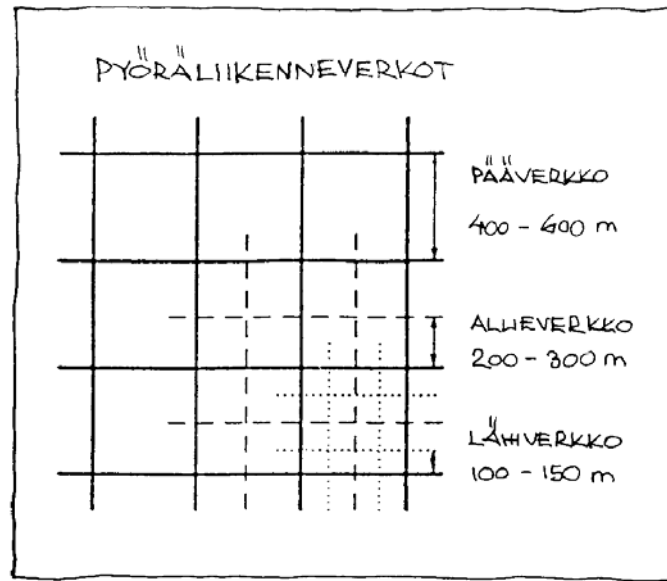
Kävely ja pyöräily on fyysisesti rasittavaa, ja siksi ei useinkaan haluta kulkea kovin pitkiä matkoja. Rasitusta voi osittain kompensoida se, että matka tarjoaa elämyksiä. Sen sijaan kiertotiet, ylämäet, ikävät maisemat ja väylän huono kunto vähentävät halukkuutta käyttää kevyttä liikennettä. Jyrkät mäet myös lisäävät onnettomuusriskiä alaspäin mentäessä. Jo suhteellisen pienetkin kaltevuudet ja korkeuserot voivat tehdä liikuntaesteisten liikkumisen mahdottomaksi. Liikkumisen rasittavuus aiheuttaa myös sen, että kevyen liikenteen käyttäjät ovat erityisen herkkiä ilmansaasteille. Huonot sää- ja keliolosuhteet vähentävät huomattavasti kevyen liikenteen houkuttelevuutta.

7.3.2 Kevyen liikenteen verkon jäsentely

Jalankulkuverkko koostuu jalkakäytävistä, puistokäytävistä, ulkoilureiteistä, tonttien sisäisistä piha-alueista sekä pyöräliikenteen kanssa yhteisistä jalankulku- ja pyöräteistä. Korkeatasoisia, pelkästään jalankululle tarkoitettuja alueita tarvitaan kaupunkikeskustoissa. *Pyöräliikenneverkon* runkona toimivat yhdistetyt ja erotellut jalankulku- ja pyörätiet. Sitä täydentävät myös pyöräilijöille tarkoitettut puistokäytävät ja ulkoilutiet sekä vain pyöräilylle tarkoitettut tiet ja pyöräkaistat. Osa verkosta voidaan toteuttaa olemassa olevia vähäliikenteisiä tie- ja katuosuuksia hyödyntämällä tai autoliikennettä rauhoittamalla.

Myös kevyen liikenteen verkko tulee jäsenellä hierarkkisesti. Liikenneverkon jäsentelyllä luonteeltaan erilainen jalankulku- ja pyöräliikenne sijoitellaan omille verkon osilleen, jolloin kulloisenkin reitin käyttötarpeet ovat mahdollisimman samankaltaisia. Hierarkia on tarpeen myös reittien standardin ja yhtenäisyyden sekä suunnistettavuuden ja opastuksen takia.

Kuvassa 7-4 on esitetty pyöräliikenneverkon jäsentely kolmeen tasoon: pää-, alue- ja lähiverkkoon. Eri tasojen verkoissa on yhteisiä osia. Alue- ja lähiverkot muodostavat yhdessä paikallisverkon.



Kuva 7-4. Pyöräliikenneverkon hierarkia (Tielaitos 1998).

Pääverkko koostuu pääreiteistä, joita käytetään ensisijaisesti pitkämatkaiseen ja nopeaan pyöräliikenteeseen. Pääreitit yhdistävät kaupungin ja seudun osat pääkeskukseen sekä toisiinsa. Ne kuljettavat pyöräilyn päävirrat isoille koulu- ja työpaikka-alueille, liike-keskuksiin, joukkoliikenneterminaaleihin, virkistysalueille jne. Pääverkko suunnitellaan alustavasti yleiskaavan yhteydessä. Pääverkko on yhtenäinen, opastettu ja se kunnossapidetään myös talvella. Pääreitit koostuu ensisijaisesti erillisistä tai ajoratoihin liittyvistä pyöräteistä, mutta voi sisältää ulkoilutie- ja puistokäytäväosuuksia sekä poikkeuksellisesti myös hiljaisia katuja ja teitä.

Alueverkko johtaa liikennettä pääverkolle ja yhdistää vierekkäisiä kunnan- tai kaupunginosia toisiinsa sekä alueen sisällä olevia toimintoja kuten asuinkortteleita lähi- ja paikalliskeskuksiin, kouluihin ja joukkoliikenneterminaaleihin. Alueverkko määritellään yleiskaavassa tai osayleiskaavassa. Alueverkon tulee olla yhtenäinen, mutta sen osana voi olla myös hidaskatuja. Myös alueverkko kunnossapidetään talvella.

Lähiverkko on tarkoitettu lyhyille matkoille, kuten korttelin sisäisille matkoille. Lähiverkko suunnitellaan asemakaavassa. Naapurustossa tai alueen leikkikentillä käynnit tapahtuvat yleensä lähireittejä pitkin. Lähiverkon osina voivat toimia hidas- ja pihakadut. Lähiverkon kaikkia osia ei välttämättä talvikunnossapidetä.

Edellä mainittujen verkkojen lisäksi tarvitaan *pääulkoilureitistö*, joka yhdistää taajaman eri osat ulkoilualueisiin sekä ulkoilualueet toisiinsa ja toimii isojen ulkoilualueiden sisäisenä pääreitistöinä. Pääulkoilureitistöllä ja muulla kevyen liikenteen verkolla voi olla yhteisiä osuuksia.

7.4 Pysäköinnin suunnittelu

7.4.1 Pysäköinnin järjestäminen

Pysäköinnillä tarkoitetaan ajoneuvon seisottamista kuljettajineen tai ilman kuljettajaa, ei kuitenkaan lyhytaikaista ajoneuvon seisottamista siihen nousemista tai siitä poistumista tai ajoneuvon kuormaamista tai kuorman purkamista varten. Yksityiskäytössä olevat autot ovat pääosan ajasta pysäköitynä. Pysäköinnin suunnittelu on siis olennainen osa autoliikenteen suunnittelua. Yleensä pysäköintipaikka on päivällä toinen kuin öisin. Pysäköintipaikkojen vuorottaiskäyttöä pyritään järjestämään, jos se on mahdollista. Pysäköintipaikkatarjonnalla voidaan tehokkaasti vaikuttaa liikenteen syntyyn, ajoittumiseen ja suuntautumiseen.

Pysäköintiä koskeva lainsäädäntö on esitetty rakennus- ja tieliikennelainsäädännössä. Rakennuslainsäädäntö ohjaa pysäköinnin järjestämistä kaavoituksen ja rakentamisen yhteydessä. *Maankäyttö- ja rakennuslain* mukaan kiinteistöä varten asemakaavassa ja rakennusluvassa määrätty autopaikat tulee järjestää rakentamisen yhteydessä. Jos asemakaavassa niin määrätään, kunta voi osoittaa ja luovuttaa kiinteistön käyttöön tarvittavat autopaikat kohtuulliselta etäisyydeltä. Rakennuksen tai sen osan käyttötarkoitusta muutettaessa tulee ottaa huomioon tästä johtuva autopaikkojen tarve. *Tieliikennelaisissa* on pysäyttämistä ja pysäköintiä koskevia kieltoja ja määräyksiä. *Tieliikenneasetuksessa* säädetään pysäköintiin liittyvistä liikennemerkkeistä ja niiden lisäkilvistä. Kunnallinen pysäköinninvalvonta perustuu *lakiin pysäköintivirhemaksusta*.

Asuntoalueiden keskimääräinen asukkaiden autopaikkatarve voidaan laskea autotiheys- ja asumisväljyyssennusteiden perusteella. Autopaikkatarve kuitenkin vaihtelee huomattavasti eri kiinteistöjen välillä. Tällöin keskimääräisen tarpeen tyydyttäminen merkitsisi vajetta monilla tonteilla. Asemakaavojen pysäköintinormeissa autopaikkoja varataankin usein keskimääräistä laskennallista tarvetta enemmän. Asuntoalueille on varattava myös vieraspaikkoja sekä asuntovaunu-, perävaunu- ja kuorma-autopaikkoja. *Keskusta-alueilla* asukkaiden autopaikkatarve määräytyy vastaavasti kuin asuntoalueilla. Muiden toimintojen autopaikkatarpeeseen vaikuttavat mm. asiakasmäärä, kulkutapajakauma ja pysäköinnin kesto. Pysäköintialueella ehtii pysäköidä enemmän autoja, jos niiden pysäköinnit ovat lyhytaikaisia.

Keskusta-alueilla pysäköintipaikkojen määrä ja sijoittelu eivät aina voi vastata kysyntää, sillä tilaa on vain rajoitetusti ja monet toiminnot kilpailevat sen käytöstä. Myös keskustan viihtyisyyden ja turvallisuuden parantamiseksi tarvitaan autoliikenteen säätelyä. Pysäköinnin suunnittelun ydinkysymyksiä ovatkin, paljonko pysäköintipaikkoja tarjotaan, mille käyttäjäryhmille niitä tarjotaan ja minne paikat sijoitetaan. Lähtökohtana pysäköintipaikkatarjonnassa on, että asukkaiden paikkatarve turvataan. Työmatkoilla autonkäyttöä ja pysäköintipaikkatarvetta voidaan sen sijaan rajoittaa. Ostos- ja asiointipysäköinnin paikkatarve turvataan ennen työmatkapysäköintiä. Pysäköintiä voidaan paikkamäärän ja paikkojen sijoittelun ohella ohjata tehokkaasti myös aikarajoituksilla ja pysäköintimaksuilla.

Pysäköintipaikoista määrätään siis asemakaavassa. Asemakaavan *pysäköintinormeissa* määritellään autopaikkojen määrä alueen tai rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Normit vaihtelevat paikkakunnittain paikallisten olosuhteiden mukaan (taajaman koko, asuntoalueiden rakenne, työpaikkojen määrä jne.). Normit ilmaistaan tavallisesti muodossa 1 autopaikka tiettyä kerrosalaa kohti (1 ap/kem²). Nykyään yleisimmät normit keskustoissa ovat liike- ja toimistotiloille 1 ap/50 kem² ja asunnoille 1 ap/80 kem². Keskustan ulkopuolella rivi- ja pientaloalueilla mitoitetaan 1,5 ap/asunto, kerrostaloalueilla käytetään tiukempaa normia.

Helsinki on Suomen ainoa kaupunki, jossa määritelty pysäköintinormi keskustassa on enimmäisnormi eli autopaikkamäärä, jonka enintään saa rakentaa. Helsingin esikaupunki-alueilla ja Suomen muissa kunnissa käytössä ovat vähimmäisnormit, joissa ilmoitetaan kuinka monta autopaikkaa vähintään on rakennettava.

7.4.2 Pysäköinnin suunnittelu

Pysäköintipaikkojen sijoittaminen

Pysäköintilaitos on pysäköintiä varten rakennettu ja varustettu tai merkitty alue, rakennus tai rakennuksen osa. Pysäköintilaitostyyppinä ovat maantasopysäköinti, pysäköintikatokset, -tallit, -kannet, -kellarit, -luolat, kattopysäköinti, pysäköintitalot ja mekaaniset laitokset.

Pysäköintipaikat tulee sijoittaa lähelle matkojen lopullisia lähtö- ja määräpaikkoja. Pysäköinnin kesto ja hyväksyttävä kävelymatka pysäköintipaikalle riippuvat pysäköinnin tarkoituksesta. Pitkäaikaiselle pysäköinnille voidaan hyväksyä pidempi kävelymatka kuin lyhytaikaiselle. Kaupungin koon lisäksi suunnittelussa olisi otettava huomioon myös maaston korkeuserot sekä liikenneturvallisuus- ja maisemaseikat.

Pysäköintipaikat tulee uusilla alueilla sijoittaa ensisijaisesti tonteille. Kadunvarsipysäköintiä ei yleensä sallita, koska se heikentää liikenneturvallisuutta ja liikenteen sujuvuutta ja vaikeuttaa katujen puhtaanapitoa. Toisaalta kadunvarteen pysäköidyt autot pienentävät ajonopeuksia. Kaavoitettaessa alueita uudelleen voidaan pysäköinti järjestää kadun varrelle, mikäli kaduilla on tilaa ja pysäköinti voidaan suunnitella turvallisesti. Vanhoilla alueilla kadunvarsipysäköinnin osuus on merkittävä ja sen olemassaolo on otettava suunnittelun lähtökohdaksi.

Autopaikkojen mitoitus

Pysäköintipaikan tilantarpeeseen vaikuttavat ajoneuvon koko, tarvittava väljyys sivusuunnassa sekä pysäköintiratkaisun edellyttämä ajotapa. Paikan koko vaihtelee ajoväljäläiveyden ja pysäköintikulman mukaan siten, että kohtisuora pysäköinti vaatii leveimmän autopaikan.

Pysäköintialueet

Yleisin pysäköintilaitostyyppi on maanpinnantasoon rakennettu pysäköintialue. Taso-

pysäköinti soveltuu alueille, joilla maankäytön tehokkuus ja maan arvo on alhainen.

Suomessa on eniten pieniä pysäköintialueita (10–50 ap). Yleensä niitä käytetään, kun kävelyetäisyydet halutaan pitää pieninä. Pienet alueet ovat suositeltavia myös kaupunkikuvan kannalta. Suurempia pysäköintialueitakaan ei tulisi koskaan suunnitella yhtenäisiksi kentiksi, vaan alueet tulisi jakaa ja rajata pienempiin osiin esim. istutuksin.

Pysäköintialueet tulee suunnitella riittävän väljiksi niin pysäköintipaikkojen kuin ajoväylienkin osalta. Tehokkain ja selvin järjestely saadaan aikaan suorakulmaisella pysäköinnillä. Alueen kokonaisalaa arvioitaessa voidaan lähteä siitä, että yksi autopaikka tarvitsee ajoteineen noin 25 m²:n alan.

Monikerroksiset pysäköintilaitokset

Tonttitila tiiviisti rakennetuilla kaupunkialueilla on usein liian pieni, jotta pysäköinti voitaisiin hoitaa maantasopysäköintinä. Myös maapohja on kaupunkialueilla varsin kallista. Tällöin jää ainoaksi vaihtoehdoksi rakentaa autopaikat useassa tasossa joko maanpäällisinä tai maanalaisina.

7.5 Taajamien joukkoliikenne

7.5.1 Joukkoliikenteen peruskäsitteet ja jaottelu

Joukkoliikenteellä tarkoitetaan henkilöiden kuljettamista suurehkoille matkustajamäärille tarkoitetulla liikennevälineellä, kuten linja-autolla, junalla, metrolla ja raitiovaunulla.

Julkisella liikenteellä tarkoitetaan henkilöliikennettä, joka hoidetaan jokaisen käytettävissä olevilla liikennevälineillä. Siihen kuuluvat linja- ja aikataulusidonnainen joukkoliikenne sekä taksiliikenne.

Joukkoliikenne voi olla:

- *paikallisliikennettä* eli kunnan tai kaupungin sisäistä liikennettä
- *lähiliikennettä* eli kaupungin ja sen lähiympäristön (< 30 km) välistä liikennettä
- *seudullista liikennettä* eli talousalueen sisäistä liikennettä
- *kaukoliikennettä* eli talousalueiden välistä liikennettä.

Käsitteitä:

<i>Linjasto</i>	joukkoliikennelinjojen muodostama kokonaisuus
<i>Linjatiheys</i>	linjaston kokonaispituutta ja alueellista peittävyttä kuvaava termi. Linjatiheys riippuu maankäytöstä, sopivien reittikatujen sijainnista, vuoroväleistä, hyväksyttävistä kävelyetäisyyksistä jne.
<i>Vuoroväli</i>	kahden peräkkäisen lähdön väli pysäkiltä (lähtöväli)
<i>Vaunukuormitus</i>	matkustajamäärän suhde vaunun kokonaispaikkalukuun
<i>Liikennöinti-aika</i>	linjan ensimmäisen ja viimeisen lähdön välinen aika, eli aika, jolloin linjaa liikennöidään
<i>Matka</i>	siirtyminen paikasta toiseen käyttäen yhtä tai useampaa kulkutapaa. Yksi matka voi sisältää monta nousua eri liikennevälineisiin.
<i>Matka-aika</i>	muodostuu lähtökävelystä, odotusajasta, ajoajasta ja saapumiskävelystä sekä mahdollisesta vaihtoajasta (<i>kuva 7-5</i>)
<i>Kävelyaika</i>	matkan alussa, lopussa ja mahdollisesti vaihdon yhteydessä liityntäkävelyyn kuluva aika
<i>Odotusaika</i>	pysäkillä odottamiseen kuluva aika. Vuorovälin ollessa alle 10 minuuttia keskimääräinen odotusaika on noin puolet vuorovälistä.

Tätä pidemmillä vuoroväleillä matkustajat seuraavat aikatauluja ja saapuvat pysäkille siten, että siellä odottaminen jää mahdollisimman lyhyeksi.

Odottelu-aika

liikennevälineen aikataulun ja matkaa edeltävän tai seuraavan toiminnon yhteensopimattomuudesta aiheutuva aika, joka joudutaan viettämään odotellen esim. työpaikalla, kaupassa tai kotona. Suuruudeltaan keskimäärin vuorovälin puolikkaan ja pysäkillä odotusajan erotus.

Ajo-aika

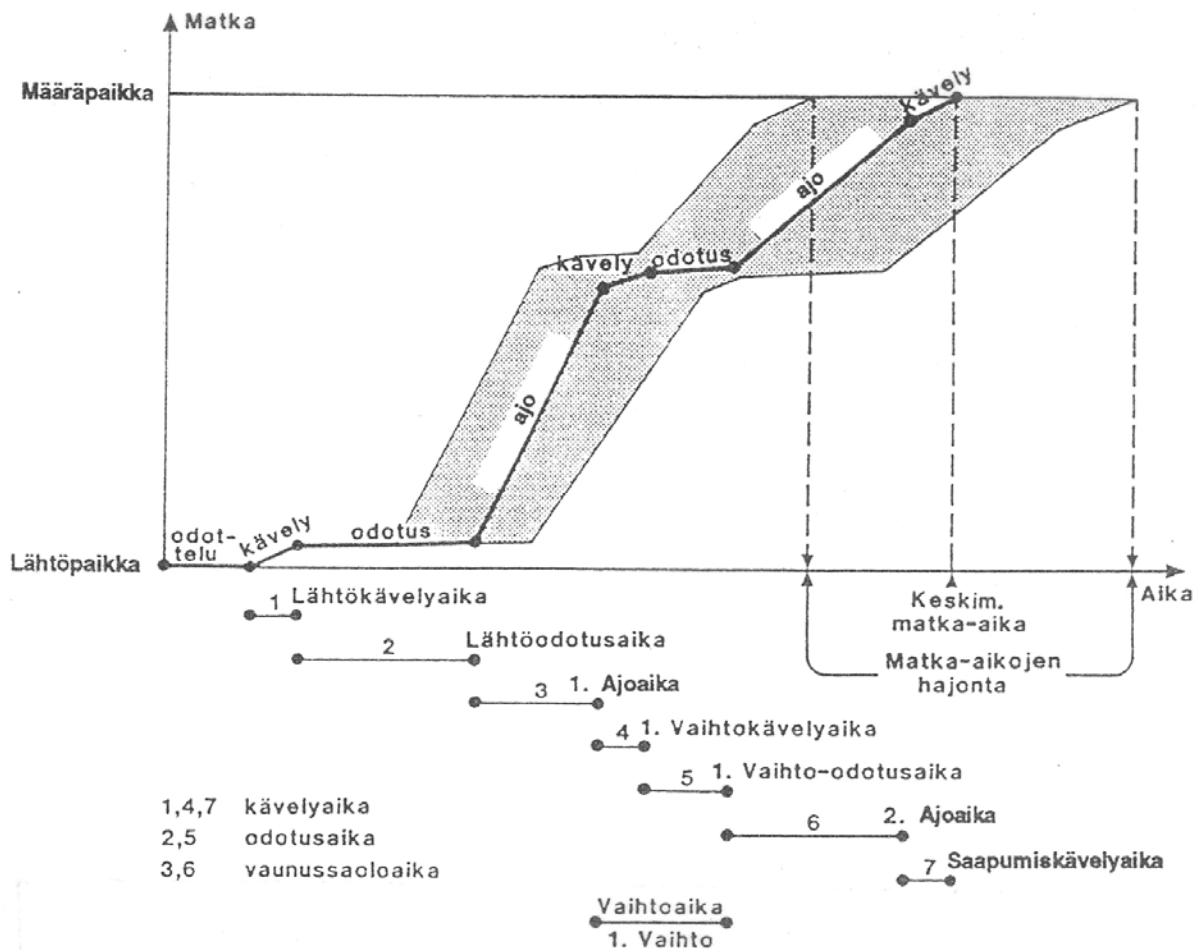
matkustajan kulkuneuvossa viettämä aika. Ajoaikaan sisältyy vaunuun nousu, ajo, pysähdykset ja vaunusta poistuminen.

Vaihto-aika

kahden linjan väliseen vaihtoon kuluva aika, joka koostuu vaihtokävely- ja vaihto-odotusajasta

Pysäkki-aika

aika, joka pysäkillä kuluu vaunun ovien avaamiseen ja sulkemiseen sekä nousevien ja poistuvien matkustajien palveluun



Kuva 7-5. Joukkoliikennematkan osavaiheet (Liikenneministeriö 1991b).

7.5.2 Joukkoliikenteen tarve ja merkitys

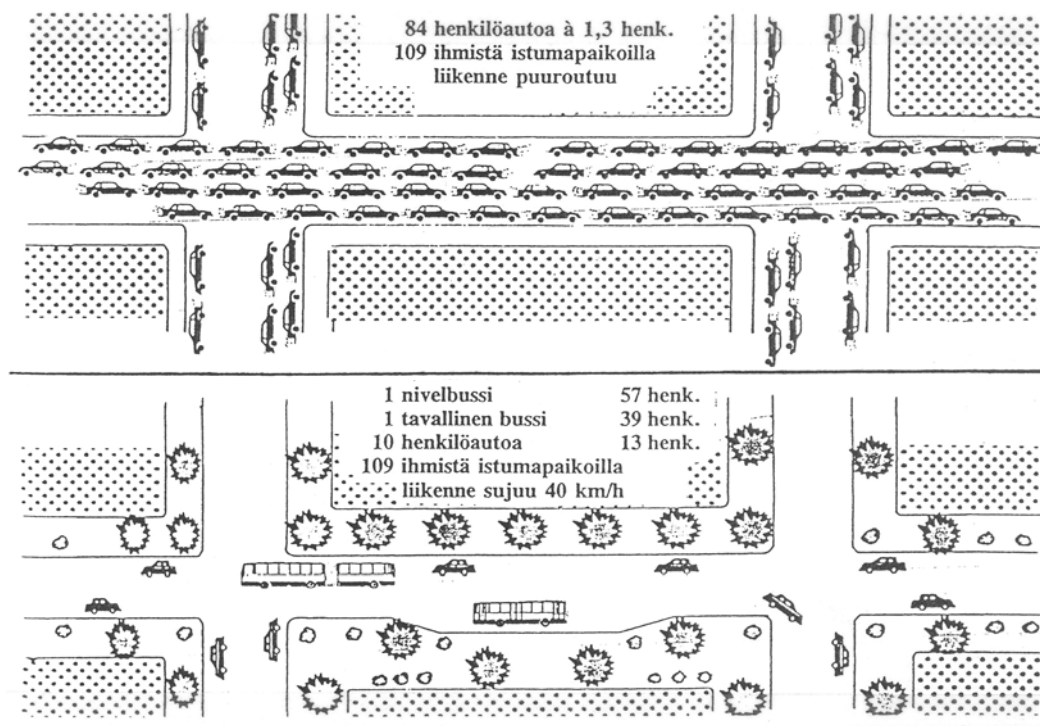
Joukkoliikenteen käyttäjät

Ihmisellä on jokapäiväinen tarve ja oikeus liikkua. Joukkoliikenne on yhteiskunnan peruspalvelu, jonka avulla taataan kaikille kohtuuhintainen liikkumismahdollisuus. Tutkimusten mukaan suurin osa joukkoliikennematkustajista on ns. *pakkokäyttäjiä* eli heillä ei ole mahdollisuutta kulkutavan valintaan. Tällaisia ryhmiä ovat lapset, nuoret, vanhuksat ja vammaiset. Esimerkiksi vuoden 2008 liikkumistottumustutkimuksen mukaan pääkaupunkiseudun asukkaista 28 % kuului autottomaan kotitalouteen. Vajaat 20 % pääkaupunkiseudun asukkaista oli kokonaan ilman autonkäyttömahdollisuutta.

Naiset käyttävät joukkoliikennettä miehiä enemmän kaikissa ikäryhmissä. Työkäiset naiset tekevät miehiin verrattuna noin 1,5-kertaisen määrän joukkoliikennematkoja. Nykyisellään yli 60 % joukkoliikenteen matkustajista on naisia.

Joukkoliikenteen merkitys taajamien liikenteessä

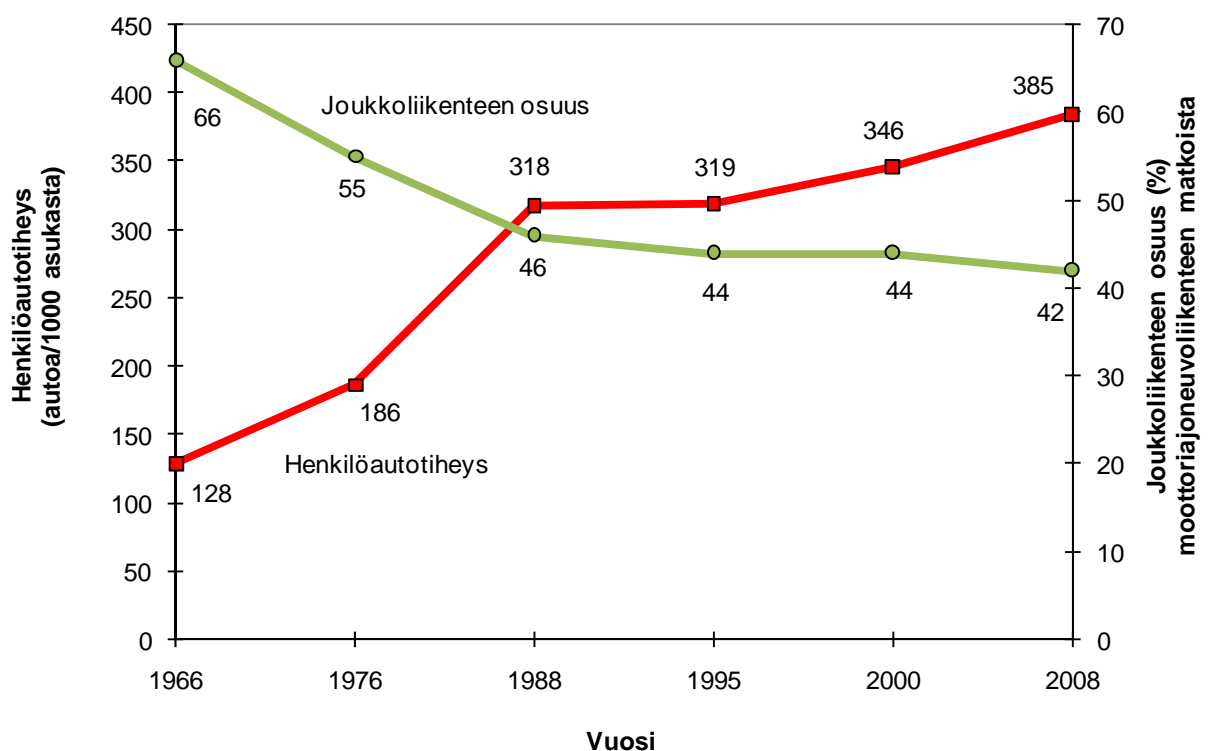
Sen lisäksi, että joukkoliikenne on välttämätöntä koko väestön liikkumismahdollisuuksien turvaamiseksi, joukkoliikenteellä on myös erittäin tärkeä rooli taajamien liikennejärjestelmässä yksityisautoilusta aiheutuvien haittojen vähentämisessä. Joukkoliikenne on henkilöautoliikennettä ympäristöystävällisempää ja turvallisempaa. Joukkoliikenne on myös keino liikennejärjestelmän toimivuuden parantamiseksi (kuva 7-6).



Kuva 7-6. Henkilöauton ja linja-auton tilantarve matkustajamäärien ollessa yhtä suuret.

Joukkoliikenteen merkitys taajaman liikennejärjestelmässä riippuu ensisijaisesti taajaman koosta ja henkilöautotiheydestä. Taajamakoon kasvaessa joukkoliikennematkojen määrä asukasta kohti kasvaa ja osuus kaikista matkoista suurenee. Taajamien asukasmäärän kasvu aiheuttaa matkustuskysynnän lisääntymisen. Se mahdollistaa paremman palvelutason, joka edelleen lisää kysyntää. Taajamakoon lisäksi joukkoliikenteen kysyntään ja matkojen suuntautumiseen vaikuttaa kaupungin muoto ja kaupunkirakenne.

Henkilöautotiheys vaikuttaa kulkumuotojakaumaan siten, että tiheyden kasvaessa joukkoliikenteen osuus ajoneuvoliikenteen matkoista vähenee. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla joukkoliikenteen osuus on henkilöautoistumisen myötä vähentynyt jatkuvasti aina vuoteen 1995 saakka (kuva 7-7), minkä jälkeen osuus on pysynyt samana. Joukkoliikennematkojen kokonaismäärä on kuitenkin lisääntynyt jonkin verran, mutta hitaammin kuin väestö on kasvanut. Myös kevyen liikenteen olosuhteiden parantuminen ja suosion lisääntyminen ovat vähentäneet joukkoliikenteen käyttöä jonkin verran. Joukkoliikenne ja kevyt liikenne ovat kuitenkin toisiaan täydentäviä kulkumuotoja.

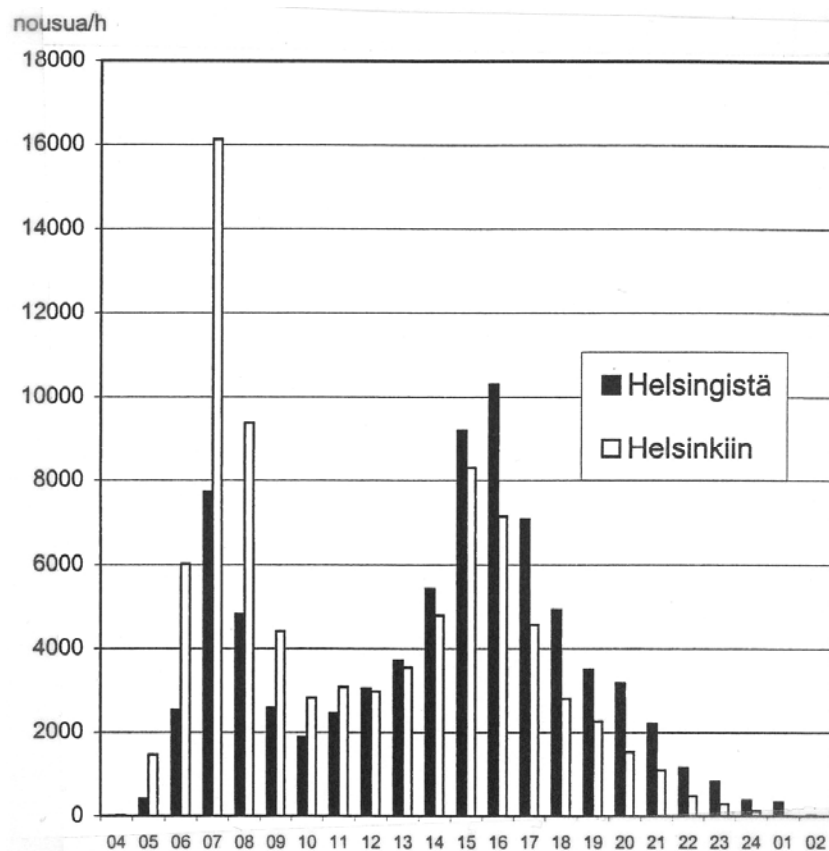


Kuva 7-7. Joukkoliikenteen osuuden ja henkilöautotiheyden suhde pääkaupunkiseudulla (HSL 2011a, HSL 2011b).

7.5.3 Joukkoliikennematkojen kysynnän ominaisuudet

Joukkoliikennettä käytetään eniten työ- ja koulumatkoilla. Työ- ja koulumatkat ovat luonteeltaan pakkomatkoja, ja niiden järjestäminen on perinteisesti ollut joukkoliikenteen ensisijainen tehtävä. Muut kotiperäiset ja ei-kotiperäiset matkat ovat osaksi sellaisia vapaaehtoisia ostos- ja asiointimatkoja, joita tehdään enemmän, jos käytettävissä on henkilöauto. Esim. vuonna 2008 Helsingin seudulla kotiperäisistä työmatkoista 30 %, koulumatkoista 36 %, kotiperäisistä ostos- ja asiointimatkoista matkoista 14 %, muista kotiperäisistä matkoista 12 % ja ei-kotiperäisistä matkoista 16 % tehtiin joukkoliikenteellä. Henkilöauton osuus vastaavilla matkoilla oli 52 %, 16 %, 47 %, 47 % ja 47 %.

Joukkoliikenteen kausivaihteluille on ominaista kesän hiljaisuus erityisesti kaupunkialueilla, mikä johtuu lomakaudesta sekä siirtymisestä kevyeen liikenteeseen. Viikonpäivävaihteluille on ominaista viikonlopun pienemmät matkustajamäärät arkipäiviin verrattuna. Koska joukkoliikenteessä työmatkojen osuus arkipäivinä on suuri, joukkoliikenteen tuntivaihtelut ovat erittäin jyrkät (kuva 7-8). Huipputuntien matkustajamäärät ovat usein 3–5-kertaiset päiväliikenteeseen verrattuna. Tuntivaihtelulle on yleensä ominaista myös suuntajakauman jyrkkä epätasapaino. Samoin huipputuntien aikainen minuuttivaihtelu on huomattavaa.



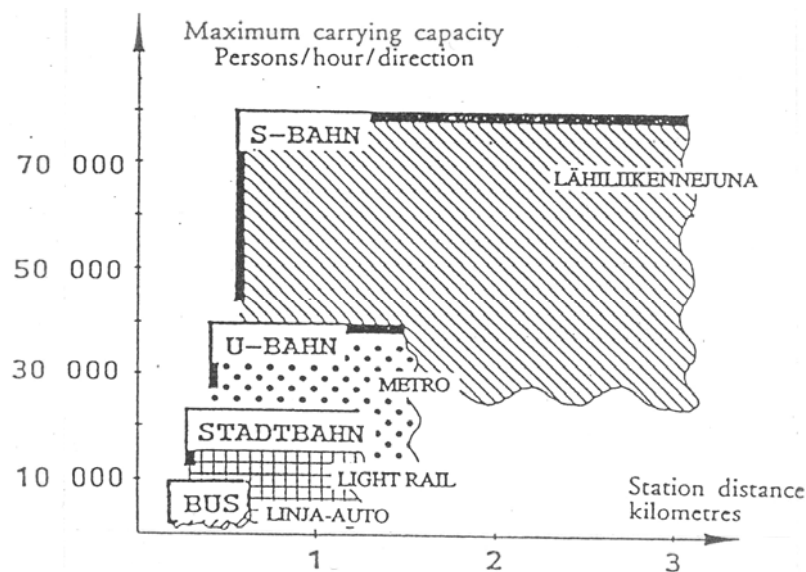
Kuva 7-8. Seutulinjoiden matkustajat tunneittain arkipäivinä pääkaupunkiseudulla vuonna 1999 (YTV 2000).

7.5.4 Joukkoliikennejärjestelmät

Hyvä joukkoliikennejärjestelmä koostuu eri kulkumuodoista, jotka täydentävät toisiaan. Taajamien joukkoliikenne voidaan kulkumuodon perusteella jaotella seuraavasti:

- raideliikenne
 - raskas raideliikenne (lähiliikennejuna, metro)
 - kevyt raideliikenne (raitiovaunu, pikaraitiovaunu)
- linja-autoliikenne.

Kuvassa 7-9 on esitetty erilaisten joukkoliikennejärjestelmien käyttöalueet.



Kuva 7-9. Joukkoliikennejärjestelmien sopivat käyttöalueet.

Linja-autoliikenne soveltuu paikallis- ja liityntäliikenteeseen sekä vaihdottomaan joukkoliikenteeseen. Linja-autot käyttävät jo olemassa olevaa katuverkkoa eivätkä siten välttämättä vaadi erityisrakenteita. Muun liikenteen joukossa ajaminen aiheuttaa kuitenkin häiriötä linja-autoliikenteelle. Viivytyksiä voidaan vähentää rakentamalla bussikaistoja ja järjestämällä liikennevalo- ja liittymäetuksia. Linja-autoreitit ja pysäkit voidaan sijoittaa melko vapaasti kysynnän yms. tekijöiden mukaan ja tilapäiset reitinmuutokset ovat myös mahdollisia. Linja-auto soveltuu kapasiteettinsa puolesta kohtalaisille matkustajamäärille. Linja-autoliikenteen investointikustannukset ovat pienet mutta käyttökustannukset suuret.

Pienkaluston, kuten linjatakien, taksi + bussi -järjestelmien, kutsubussien ja palvelulinjojen, merkitys osana taajamien joukkoliikennejärjestelmää on kasvanut. Liikenne voi olla kysyntäohjauksista tai jatkuvasti liikennöityä. Pienkalusto soveltuu käytettäväksi alueilla, joilla varsinaisen joukkoliikenteen järjestäminen kysynnän vähyyden takia ei ole taloudellista. Yksilöllinen palvelu ja suuri työvoiman tarve aiheuttavat suuremmat käyttökustannukset matkustajaa kohti kuin normaali joukkoliikenne.

Raideliikenne soveltuu erityisesti suurten kaupunkiseutujen liikennejärjestelmän osaksi ja luo selkeät runkolinjat suurille matkustajamäärille. Raideliikenne on suoritteisiin suhteutettuna energia- ja käyttötaloudellinen sekä turvallinen kulkumuoto. Raideliikenne on myös täsmällistä. Raskaan raideliikenteen radat ovat muusta väylästä erillään, joten matkanopeus on suuri. Toisaalta raideliikenne on linja-autoliikennettä jäykempi järjestelmä, koska se on rataan sidottu. Raideliikennejärjestelmän tueksi tarvitaan aina myös toimiva liityntäliikennejärjestelmä, esim. linja-autojärjestelmä. Vaihdot lisäävät matka-aikaa. Raideliikennejärjestelmän investointikustannukset ovat korkeat, mutta käyttökustannukset ovat pienet.

Raitiovaunut soveltuvat parhaiten lyhytmatkaiseen keskustaliikenteeseen. Koska raitiovaunukiskoja ei ole täysin erotettu muusta liikenteestä, raitiovaunujen matkanopeus on melko alhainen ja liikenneturvallisuusriski ulkopuolisille varsin korkea.

Pikaraitiotie eli light rail on nykyaikainen perinteistä raitiotietä nopeampi ja tehokkaampi mutta maankäytöltään metroa kevyempi raideliikennemuoto. Pikaraitiovaunuilla on yleensä muusta liikenteestä erotettu rata, mutta se voi toimia myös muun liikenteen kanssa samoilla kaduilla. Pikaraitiotie soveltuu hyvin kaupunkikeskustojen paikallisliikenteeseen. Pikaraitiotie voi myös toimia kaupungin joukkoliikenteen runkona tai metron jakelujärjestelmänä.

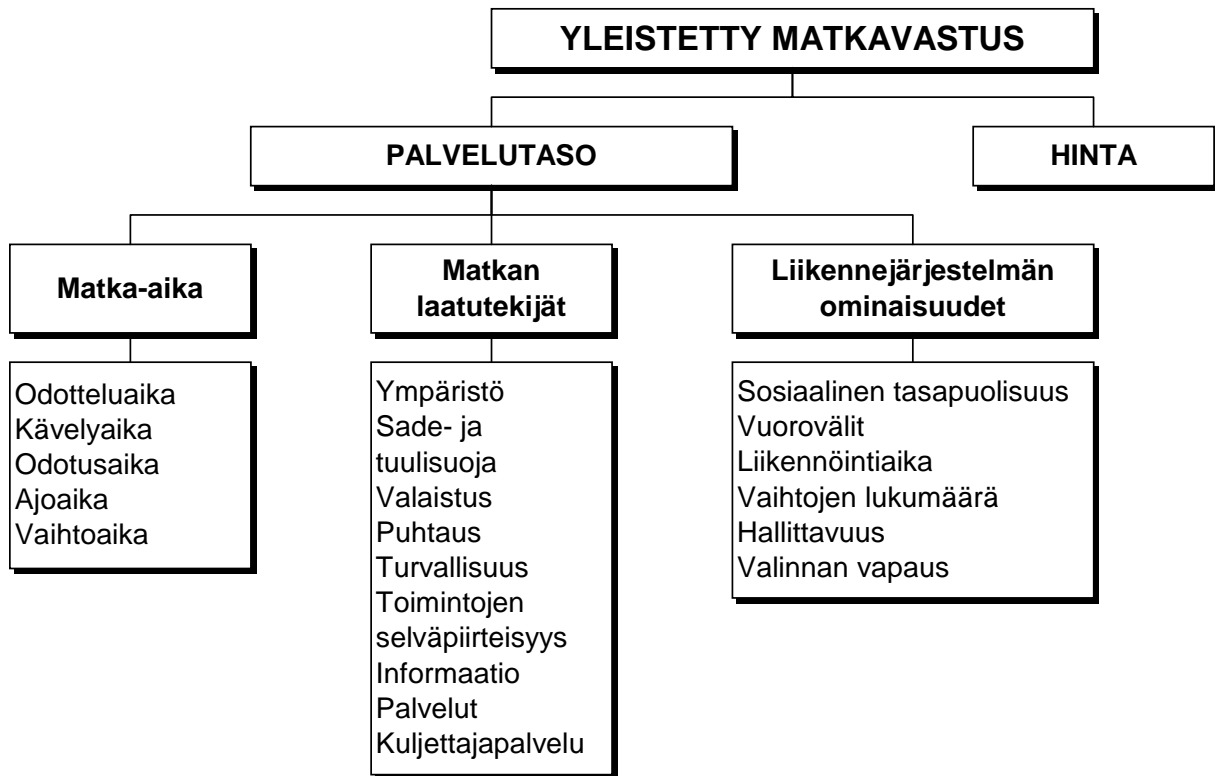
Metro on suurten matkustajamäärien kuljettamiseen tarkoitettu kaupunkiliikennemuoto. Se on täysin muusta liikenteestä erotettu, joten sen nopeus on suuri. Metro soveltuu ensisijaisesti keskustan ja esikaupunkien välisten säteittäisyhteyksien, suurimmissa kaupungeissa myös keskustan sisäisten yhteyksien hoitamiseen. Metrojärjestelmän haittana ovat suuret investointikustannukset erityisesti asemien vuoksi.

Lähiliikennejuna on junatekniikkaan ja rautatiehen perustuva joukkoliikenneväline. Junan etuna on suuri nopeus ja matkustajakapasiteetti. Useimmat lähiliikennejunajärjestelmät muodostuvat kaupungin keskustasta säteittäisesti lähtevistä radoista, joilla on asemia kaupunkiseudun alakeskuksissa. Usein jotkut asemista on yhdistetty kaukoliikenteen asemiin. Liityntäliikenteessä käytetään kevyttä liikennettä, linja-autoa ja henkilöautoa. Lähiliikennejunajärjestelmiä on viime vuosina pyritty muuttamaan metromaisemmiksi siten, että verkon kattavuutta, nopeutta, vuorovälejä ja laiturijärjestelyjä on parannettu.

Asemat ja pysäkit ovat oleellinen osa koko joukkoliikennejärjestelmää. Sujuvien liityntä- ja jatkoyhteyksien järjestäminen on varsinkin raideliikennejärjestelmissä tärkeää. *Matkakeskus* yhdistää paikallisen, seudullisen ja valtakunnallisen henkilöliikenteen eri liikennemuotojen asemat liikenteen solmukohtaksi, jossa vaihtaminen kulkuneuvosta toiseen tapahtuu helposti ja miellyttävästi. Matkakeskusjärjestelmä yksinkertaistaa matkaketjuja ja tehostaa asemapalveluja. Asema- ja terminaalitoimintojen lisäksi matkakeskuksissa on myös erilaisia liike- ja palvelutiloja.

7.5.5 Joukkoliikenteen palvelutaso

Palvelutaso on matkan kokonaislaadun mittari. Se pyrkii kuvaamaan matkustajien saamaa ja kokemaa liikennepalvelua. Palvelutason osatekijöitä ovat matka-aika, matkan laatutekijät sekä joukkoliikennejärjestelmän palvelutaso-ominaisuudet (kuva 7-10).



Kuva 7-10. Yleistetty matkavastus ja palvelutason osatekijät (Ojala, Pursula 1994).

Matka-aika on tärkeä palvelutasotekijä, varsinkin jos vaihtoehtona on henkilöauton käyttö. Matkan osavaiheiden rasittavuuden kokeminen erilaisena vaikuttaa matkustajien valintoihin. Ajoneuvossa istuminen on mukavampaa kuin odottaminen tai kävely, siispä pidempi ajoaika voidaan hyväksyä vaihdon välttämiseksi. Useimmiten joukkoliikenteen matka-aikaa ehdotetaan lyhennettäväksi nopeutta lisäämällä ja pysäkkiväliä pidentämällä.

Myös *matkan laatutekijät*, kuten mukavuus ja viihtyvyys, ovat tärkeitä palvelutasotekijöitä. Monia mukavuus- ja viihtyvyystekijöitä on kuitenkin vaikea arvioida määrällisesti. Erityisesti terminaali-, asema- ja pysäkkikohteisiin liittyy monia laadullisia tekijöitä, kuten ympäristö, sade- ja tuulisuoja, valaistus, puhtaus, turvallisuus, toimintojen selväpiirteisyys, informaatio-palvelut ja kuljettajapalvelu.

Liikennejärjestelmän ominaisuuksista palvelutasoon vaikuttavat sosiaalinen tasapuolisuus, vuorovälit, liikennöinti-aika, vaihtojen lukumäärä, järjestelmän hallittavuus ja valinnan vapaus. Hallittavuus kuvaa järjestelmän selkeyttä. Joukkoliikennejärjestelmän selkeyteen vaikuttavat linjareittien sijainti, aikataulut, vaihtomahdollisuudet ja maksujärjestelmä.

Matkan rasittavuuden mittarina käytetään ns. *yleistettyä matkavastusta*. Se muodostuu

matkakustannuksista ja em. palvelutason osatekijöistä. Tekijät muutetaan yhteismitallisiksi, tavallisimmin joko ajaksi tai rahaksi (yleistetty matka-aika tai yleistetty kustannus). Matka-ajan osavaiheet muutetaan vertailukelpoisiksi rasittavuuskertoimien avulla (taulukko 7-1). Laatutekijät eroavat muista matkavastuksen osista positiivisena matkaelämyksenä, jonka laskennallinen arvo vähennetään muusta matkavastuksesta.

Taulukko 7-1. Matka-ajan osavaiheiden rasittavuuskertoimet (Ojala, Pursula 1994).

Matka-ajan osavaihe	Rasittavuuskertoin
Odottelu-aika	0,0–1,0
Kävely-aika	1,5–2,5
Odotusaika	1,7–3,7
Ajoaika	1,0
seisominen väljästi	+ 0,1–0,6
seisominen tungoksessa	+ 0,2–0,7
Vaihtoaika	2,0–3,5
järjestetyn vaihdon aikasakko	+ 3–4 min
muun vaihdon aikasakko	+ 5–9 min

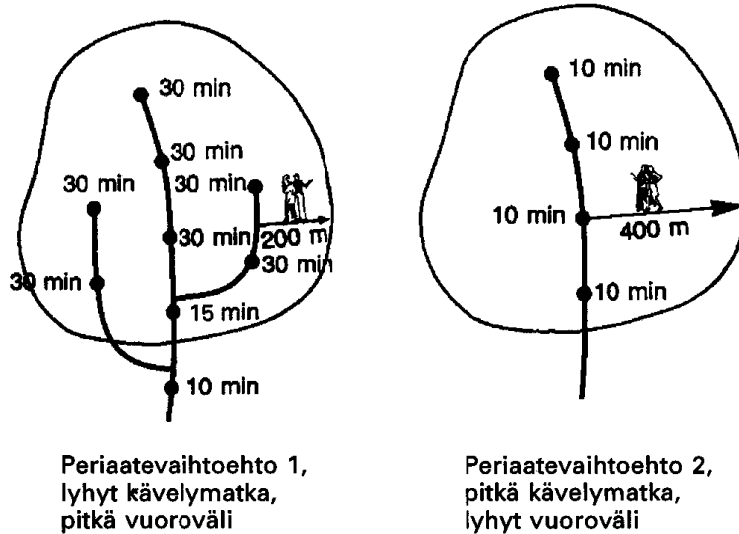
Kulikutavan valinta riippuu paljon siitä, millainen joukkoliikenteen palvelutaso on verrattuna kilpailevien kulkumuotojen tarjoamaan palvelutasoon. Tutkimuksilla onkin pyritty selvittämään sekä palvelutason että matkakustannusten vaikutusta joukkoliikenteen kysyntään. Matka-ajan ja vuorovälien vaikutuksen käyttäjämääriin on todettu olevan suhteellisen suuri. Kävely- ja odotusaikojen sekä vaihtojen merkitys on huomattava. Mitä huonompi joukkoliikenteen palvelutaso nykyisellään on, sitä enemmän voidaan palvelutason parantamisella vaikuttaa käyttäjämääriin. Matkalippujen hinnankorotukset sen sijaan vaikuttavat suhteellisen vähän joukkoliikenteen käyttöön nykyisellä maksutasolla. Eri kulkumuotojen välisten ristijousteiden on tutkimuksissa havaittu olevan pieniä, ts. joukkoliikenteen matkakustannusten tai palvelutason muutoksilla ei voida merkittävästi saada henkilöautoilijoita siirtymään joukkoliikenteeseen.

Kaupunkikoko määrittää pitkälle sen, millainen joukkoliikenteen palvelutaso alueelle voidaan aikaansaada. Palvelutason tavoitteet tulisi asettaa kaupunkikoon mukaan joukkoliikenteen aseman säilyttämiseksi ja edistämiseksi.

Linjastosuunnittelu on linjojen perustamista tai uudelleen järjestämistä koskevien päätösten valmistelua. Suunnittelun lähtökohtana ovat joukkoliikenteen matkustuskysyntä ja matkojen suuntautuminen, asetetut yhteys- ja palvelutasotavoitteet sekä taloudelliset resurssit. Suunnittelussa on muistettava, että sekä liian harva että liian tiheä joukkoliikenne ovat kannattamattomia:

- harva liikenne ⇒ ihmiset matkustavat muilla keinoilla
- tiheä liikenne ⇒ kustannuksia kertyy liikaa.

Kävelyetäisyys ja vuoroväli ovat kaksi keskeisintä matka-aikaan ja palvelutasoon vaikuttavaa tekijää. Kävelyetäisyyteen voidaan vaikuttaa linjastorakennetta tai reittiä muuttamalla (kuva 7-11). Kaikilla alueilla täytyisi olla ainakin yksi joukkoliikennelinja hyväksyttävällä kävelyetäisyydellä. Reittisuunnittelussa pääperiaatteena on, että linja kulkisi niin, että asutusta olisi linjan molemmilla puolilla hyväksyttävän kävelyetäisyyden päässä. Usein joudutaan kuitenkin hyväksymään pidemmät kävelymatkat paremman vuorotiheyden saavuttamiseksi. Vuoroväli vaikuttaa lähinnä odotus- ja vaihtoaikoihin pysäkeillä.



Kuva 7-11. Kävelyetäisyyden ja vuorovälin yhteys (Ympäristöministeriö 1996).

7.5.6 Joukkoliikenteen järjestäminen ja kustannukset

Ammattimainen henkilöiden kuljettaminen tiellä linja-autolla korvausta vastaan on sallittu *joukkoliikenneluvan, reittiliikenneluvan tai kutsujoukkoliikenneluvan* perusteella. Joukkoliikennelupa oikeuttaa harjoittamaan linja-autolla liikennettä viranomaisen, kunnan tai kuntayhtymän kanssa tehdyn sopimuksen mukaan sekä tilausliikennettä koko maassa Ahvenanmaata lukuun ottamatta. Reittiliikennelupa oikeuttaa harjoittamaan reittiliikennettä linja-autolla. Kutsujoukkoliikennelupa oikeuttaa harjoittamaan kutsujoukkoliikennettä linja-autolla. *Taksilupa* oikeuttaa harjoittamaan tilausliikennettä ja ostoliikennettä yhdellä henkilöautolla koko maassa Ahvenanmaata lukuun ottamatta. Tilausliikenteenä saa harjoittaa myös linja-auto-, raide-, vesi- tai lentoliikennettä täydentävää, yleisesti käytettävissä olevaa liikennettä.

Linja-autoliikenteen hoidosta vastaa Suomessa pääasiassa noin 400 yksityistä liikenteenharjoittajaa, joista alle 100 hoitaa kaupunkimaista joukkoliikennettä. Taksia käytetään joukkoliikennevälineenä lähinnä maaseudulla, mutta myös eräissä kaupungeissa. Joillain kaupungeilla (Tampere ja Turku) on omat liikennelaitoksensa, jotka hoitavat itse joukkoliikennettä ja

osallistuvat kaikkeen siihen liittyvään toimintaan alueellaan. Helsingin kaupungin liikennelaitos (HKL) vastaa raitiovaunu- ja metrolienteestä. VR Osakeyhtiö huolehtii pääkaupunkiseudun lähijunaliikenteestä. Kunnat harjoittavat yhteistyötä yksityisten liikenteenharjoittajien kanssa ja osallistuvat joukkoliikenteen järjestämiseen rakentamalla liikenneväyliä, pysäkkejä, sadekatoksia ja terminaaleja. Joukkoliikenneasioissa myös kuntien välinen yhteistyö on tarkoituksenmukaista.

Joukkoliikenteen kokonaiskustannukset koostuvat väylien, terminaalien ja kaluston pääomakustannuksista sekä liikenteen hoitokustannuksista. Kalustokustannuksista ja liikenteen hoitokustannuksista vastaa liikennöitsijä, väylä- ja terminaalikustannuksista yleensä pääasiassa yhteiskunta.

Eri joukkoliikennemuotojen *kustannusrakenteet* poikkeavat huomattavasti toisistaan. Raskaan raideliikenteen (metro, lähiliikennejuna) kustannuksista valtaosan muodostavat pääomakustannukset, kun taas linja-autoliikenteen kustannuksista yli puolet on liikenteen hoidon aikakustannuksia. Kevyet raideliikennemuodot sijoittuvat raskaan raideliikenteen ja linja-autoliikenteen väliin.

Kaupunkien joukkoliikenne voidaan järjestää *lipputuloperusteisena*, jolloin liikenteenharjoittaja rahoittaa liikennöinnin lipputuloin tai *ostoliikenteenä*, jolloin kunta ostaa julkisia liikennepalveluja liikenteenharjoittajilta ja saa liikennöinnistä kertyvät lipputulot. Liikennöitsijöille maksetaan korvausta liikenteen hoitokustannuksista sopimuksen mukaisin suoritehinnoin ajokilometrien, ajotuntien ja kalustomäärän perusteella. Nykyisin laki julkisista hankinnoista velvoittaa valtion ja kunnat kilpailuttamaan liikennepalvelujen hankinnan. Tarjouskilpailun perusteella valitaan määriteltujen linjojen hoidosta vastaava liikenteenharjoittaja. Hinnan lisäksi otetaan huomioon myös palvelujen laatutekijöitä.

Taajamien joukkoliikennejärjestelmät tuottavat usein liikenteenharjoittajille tappiota, jolloin yhteiskunta maksaa kustannusten ja tulojen välisen erotuksen esim. matkustajien lipputuen muodossa. Tämän ns. *subventoinnin* tavoitteena voi esimerkiksi olla joukkoliikenteen kulkumuoto-osuuden lisääminen paremman ja turvallisemman kaupunkiympäristön aikaansaamiseksi, toimivan ja energiaa säästävän liikennejärjestelmän kehittäminen tai toimivan ja kohtuuhintaisen joukkoliikennejärjestelmän ylläpitäminen joukkoliikenteen pakkokäyttäjille ja niille, joilla ei ole autoa.

8 LIIKENTEEN OHJAUS

8.1 Yleistä

Tässä luvussa käsitellään vain tie- ja katuliikenteen ohjausta, josta yksinkertaisuuden vuoksi käytetään termiä liikenteen ohjaus.

Liikenteen ohjauksella pyritään parantamaan sekä liikenteen sujuvuutta että liikenneturvallisuutta olemassa olevassa liikenneverkossa muilla kuin rakenteellisilla toimenpiteillä. Liikenteen ohjausjärjestelmä koostuu säännöistä ja ohjauslaitteista sekä tarvittavista ylläpito- ja valvontajärjestelmistä. Liikennettä ohjataan merkein ja valoin sekä opastuksen ja viitoituksen avulla. Erilaiset ajoneuvoliikenteen rajoitukset voidaan myös lukea kuuluvaksi liikenteen ohjaukseen. Tällaisia ovat esimerkiksi katujen yksisuuntaistaminen sekä läpiajo- ja pysäköimiskiellot, joilla voidaan vaikuttaa reitin- ja mahdollisesti kulkumuodon valintaan.

Perinteinen liikenteen ohjaus on, liikennetieto-ohjauksisia liikennevaloja lukuun ottamatta, staattista, pysyviin ohjeisiin perustuvaa. Ohjaukseen käytetään esimerkiksi tavallisia, kiinteitä liikennemerkkejä ja opasteita. Nykyään tilalle on tulossa dynaaminen ohjaus tietoliikenne- ja tietojenkäsittelytekniikkaa, *telematiikkaa*, hyödyntävine apuvälineineen sekä monipuolisiin keinoihin perustuva liikenteen hallinta -näkemys (*traffic system management*), jonka perusajatuksena on alueellisesti yhtenäinen tavoitteellinen liikenteen ohjaus. Tästä ovat esimerkkejä mm. koko kaupungin keskustan alueellinen valo-ohjaus ja E18-projekti, jossa koko valtatie pyritään saamaan yhtenäisen telematiikkaan perustuvan ohjauksen piiriin.

8.2 Liikenteen ohjauksäännöt ja -laitteet

Liikenteen ohjausta koskevia säännöksiä ovat tieliikennelaki ja -asetus, liikenne- ja viestintäministeriön asetukset ja päätökset (mm. tieliikenteen liikennevaloista, liikenteen ohjauslaitteista) sekä muiden viranomaisten päätökset.

Tienkäyttäjä voi valita liikkumistapansa suhteellisen vapaasti omiin havaintoihinsa ja yleisiin liikennesääntöihin perustuen. Tarpeen mukaan hänelle annetaan lisäohjeita liikennemerkkeillä, tiemerkinnöillä, liikennevaloilla ja poliisin tai muun liikenteen ohjaajan ohjauksella. Näistä poliisiohjaus on velvoittavin, sen jälkeen tulevat liikennevalot. Ellei esimerkiksi liittymässä ole liikennevaloja tai ne eivät ole toiminnassa, liikennemerkki ja ajoratamerkinnot määräävät etuajo-oikeussuhteet. Ellei liikennemerkkeinkään ole osoitettu muuta, on oikealta tulevaa väistettävä.

Liikenteen ohjauslaitteita ovat erilaiset liikennemerkki (varoitus-, etuajo-oikeus- ja väistämis-, kiello-, rajoitus-, määräys-, ohje- ja opastusmerkit sekä lisäkilvet), liikennevalot, tiemerkinnät (ajokaistaviivat ja -nuolet, sulkualueet, pysäytysviivat, suojatiet, nopeusrajoitukset,

pysäköintiruudut jne.) sekä muut ohjauslaitteet, kuten sulku- ja varoituslaitteet, reunapaalut jne. Liikenteen ohjauslaitteen asettaa tienpitäjä, yleisillä teillä siis Tiehallinto ja kaduilla, toreilla ja muilla vastaavanlaisilla liikennealueilla kunta. Tilapäistä tarvetta varten voi myös poliisi asettaa tielle liikenteen ohjauslaitteen.

Liikenteen ohjaukseen käytetään vain tieliikenneasetuksen mukaisia *liikennemerkkejä*, jotta merkin viesti olisi aina yksiselitteinen ja ymmärrettävä. Merkkejä käytetään vain säädöksissä ja ohjeissa määritellyissä tilanteissa. Merkkejä ei saa olla liikaa, jotta tienkäyttäjä ehtisi havaita ja ymmärtää merkin viestin.

Liikenteen ohjauslaitteet on sijoitettava siten, että ne ovat riittävän etäällä ja mahdollisimman hyvin havaittavissa ja ettei niistä aiheudu haittaa tai varaa liikenteelle eikä kohtuutonta haittaa tien kunnossapidolle. Samalla tienosalla liikennemerkit on pyrittävä sijoittamaan tien poikkileikkaukseen yhtenäisesti.

8.3 Liikennevalot

8.3.1 Liikennevalojen asettamisen tavoitteet

Liikennevalojen asettamisen päätavoitteina ovat liikenneturvallisuuden parantaminen, liittymän liikenteellisen toiminnan selkeyttäminen sekä liikenteen reitinvalintaan vaikuttaminen.

Liikennevaloilla on voitu vaikuttaa myönteisesti *liikenneturvallisuuteen*. Erityisesti risteamisonnettomuudet ovat vähentyneet. Sen sijaan peräänajo-onnettomuudet ovat aikaisemmin lisääntyneet liikennevalojen rakentamisen jälkeen (syynä peräkkäisten kuljettajien ristiriitainen päätös pysähtymisestä/läpiajamisesta). Nykyaikaisilla liikennetieto-ohjaukseen perustuvilla liikennevaloilla myös peräänajo-onnettomuuksia on voitu vähentää. Tämä perustuu ilmaisimien avulla tapahtuvaan turvallisen valojen vaihtumisajankohdan valintaan. Jalankulkijaonnettomuuksien osalta tulokset ovat olleet ristiriitaisia; yleensä onnettomuudet ovat vähentyneet, mutta joissain paikoin ne ovat myös lisääntyneet lähinnä punaista valoa vasten kulkemisen takia.

Liittymän liikenteellinen toiminta tulee valo-ohjauksen ansiosta selkeämmäksi. Kullekin tulosuunnalle ja suojatielle annetaan vuorollaan kulkumahdollisuus liittymän läpi. Tästä syystä liikennöinti ja jalankulku valo-ohjauksisessa liittymässä on vaivattomampaa kuin valo-ohjauksettomassa. Monet tienkäyttäjät kokevat tämän myös subjektiivisena liikenneturvallisuuden paranemisena; ilmeisesti konfliktien eli lähes-onnettomuuksien vähenemisen takia.

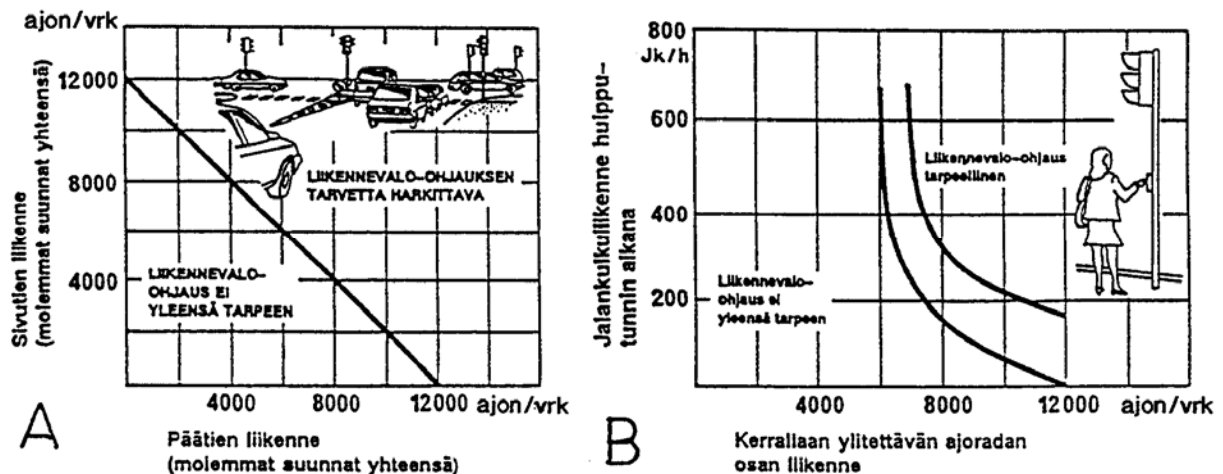
Yleensä liikennevalot *vähentävät liittymän liikenteenvälityskykyä* valo-ohjauksettomaan liittymään verrattuna. Yleensä ne lisäävät myös liikenteen viivytyksiä etenkin pääsuunnalla. Kuitenkin ruuhka-aikoina ja varsinkin monimutkaisissa liittymissä liikennevaloilla toteutettu

suunnitelmallinen ohjaus usein parantaa liikenteen sujuvuutta, koska sivusuunnilta liittyminen tai risteäminen helpottuu ja nopeutuu. Valojen joustavalla ohjaustavalla, liikennetieto-ohjauksella, sekä huolellisesti suunnitellulla toiminnalla (oikea vaihejärjestys \Rightarrow hukka-aikojen minimointi) liikennevaloista aiheutuvia haittoja voidaan olennaisesti vähentää.

Liikenteen reitinvalintoihin voidaan vaikuttaa lisäämällä tai vähentämällä vihreää aikaa halutuilla tulosuunnilla. Yhteenkytkettyjen liikennevalojen vihreillä aalloilla voidaan tämän lisäksi ohjata liikenne tehokkaasti sopiville reiteille. Toisaalta liikennevalot saattavat myös aiheuttaa liikenteen siirtymistä vähemmän toivotuille kiertoreiteille, esimerkiksi asuntokaduille, joilla ei ole liikennevaloja.

8.3.2 Liikennevalojen tarve

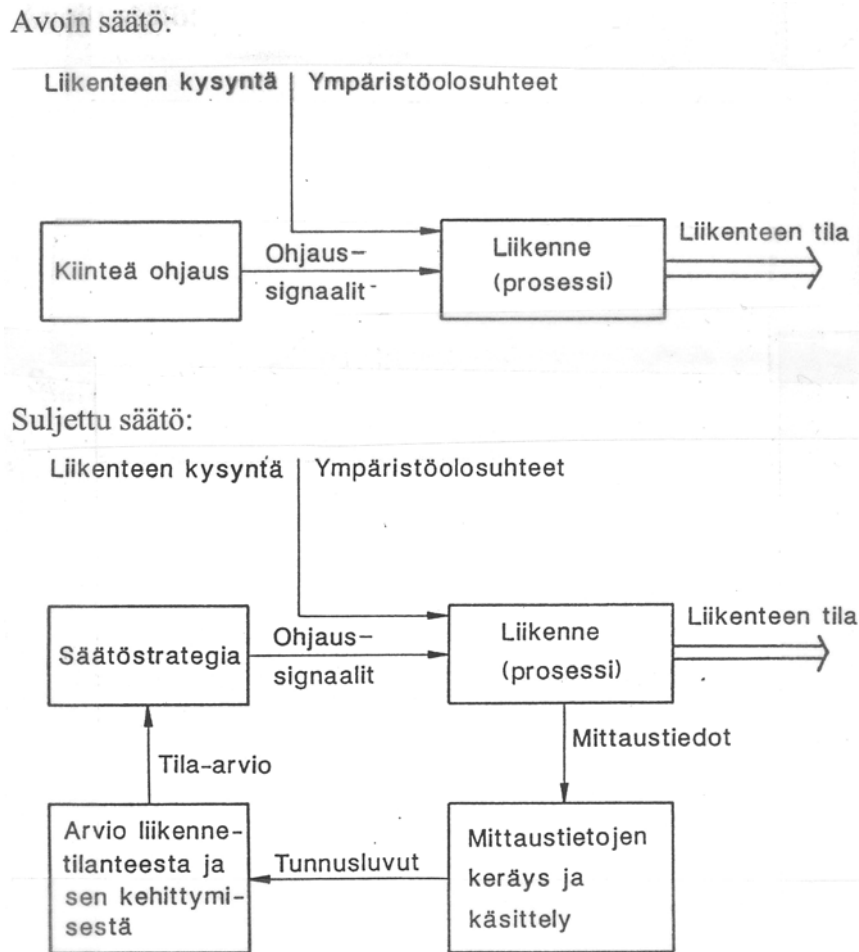
Liikennevalojen tarpeeseen vaikuttavat eniten ajoneuvoliikennemäärät, jalankulkijamäärät (kuva 8-1), paikalla tapahtuneet onnettomuudet sekä paikalliset olosuhteet. Paikallisista olosuhteista valojen tarpeeseen vaikuttavat esimerkiksi koulujen ja vanhainkotien läheisyys, jolloin tarvitaan lisäturvallisuutta kadunylitysjärjestelyihin. Lisäksi valojen tarvetta lisäävät huonot näkemäolosuhteet tai jyrkkä ylämäki, jotka voivat vaikeuttaa sivutieltä päätielle liittymistä, liikennevalojen yhteenkytkentä, jossa yhtenäisyyden takia kaikki liittymät ja suojatiet on ohjattava valoilla, suuri (yli 4–5 %) pituuskaltevuus, joka vaikeuttaa raskaan kaluston liikkeellelähtöä liukkaalla sekä halu vähentää läpiajoliikennettä tai hillitää ajonopeuksia. Lisäksi on huomattava, että valojen tarve samansuuruisilla liikennemäärillä on pienemmällä paikkakunnilla suurempi kuin isoilla paikkakunnilla.



Kuva 8-1. Valo-ohjauksen tarve ajoneuvoliikenteen (A) ja suojatievalojen tarve jalankulkuliikenteen (B) perusteella (Tielaitos 1996d).

8.3.3 Liikennevalojen ohjaustavat ja periaatteet

Liikennevalojen *ohjaustavat* ovat aika- ja liikennetieto-ohjaus ja *ohjausperiaatteet* erillisohjaus, yhteenkytkentä ja linkitys. Liikennevalojen aika-ohjaus on avointa ja liikennetieto-ohjaus suljettua säätöä (kuva 8-2). Liikenne on säätökohteena monimutkainen, koska ulkoiset olosuhteet (sää ja keli) vaihtelevat huomattavan paljon, säätöongelma on alueellisesti laaja (esimerkiksi koko kaupungin keskusta) ja omaa optimiaan etsiviä päätöksentekijöitä on paljon (kuljettajat, jalankulkijat).



Kuva 8-2. Avoin ja suljettu säätö liikenteen ohjauksessa.

Aikaohjauksinen valo-ohjaus perustuu kiinteiden valo-ohjelmien käyttöön. Valo-ohjelmat on laadittu eri vuorokaudenaikojen keskimääräisten liikennemäärien perusteella. Valo-ohjelmien vaihtuminen tapahtuu ennalta laaditun aikataulun mukaan eivätkä liikennemäärien satunnaiset vaihtelut vaikuta valojen toimintaan. Toiminta ei mukaudu esimerkiksi onnettomuuden tai vastaavan häiriön aiheuttamiin liikennemäärän satunnaisvaihteluihin.

Liikennetieto-ohjauksinen valo-ohjaus perustuu liittymän eri tulosuunnille asennettujen ajoneuvoilmaisimien (induktiosilmukat, tutka- ja infrapunailmaisimet) ja jalankulkijoiden painonappien keräämiin liikennetietoihin. Valojen toiminta mukautuu tämän ansiosta liikenteessä tapahtuviin muutoksiin.

Erillisohjaus tarkoittaa liittymän liikennevalojen itsenäistä toimintaa, joka ei ole riippuvainen muiden liikennevalojen toiminnasta. Ohjauksessa ei tarvita keskuskojetta. Valojen toiminnan seuranta ja käyttö voidaan kuitenkin toteuttaa keskitetysti kaukovalvontajärjestelmällä.

Yhteenkytkentä tarkoittaa kahden tai useamman lähekkäisen liittymän ohjauskojeen toiminnan synkronoimista joko keskuskojeen avulla tai muilla keinoilla. Yhteenkytketyt liikennevalot mahdollistavat yhtenäisen valo-ohjauksen siten, että liikenne voi edetä tietyllä nopeudella vihreässä aallossa mahdollisimman vähin pysähdyksin (esimerkiksi Kehä I:n valo-ohjaus).

Alueellinen liikennevalo-ohjaus tarkoittaa liikenneverkon yhtenäistä ja keskitettyä valo-ohjausta, joka useimmiten toteutetaan tietokoneiden avulla. Alueellinen valo-ohjaus on yleistä kaupunkien keskustoissa, joissa tavoitteena on saada aikaan monia toisiaan vastaan risteäviä vihreitä aaltoja.

Linkitys on erillisohjauksen ja yhteenkytkennän yhdistelmä. Pääosin liikennevalot toimivat itsenäisesti mutta tietyiltä osin niiden toimintaan vaikuttaa viereisen liittymän liikennevalojen toiminta. Linkityksessä valojen kiertoaika on muuttuva.

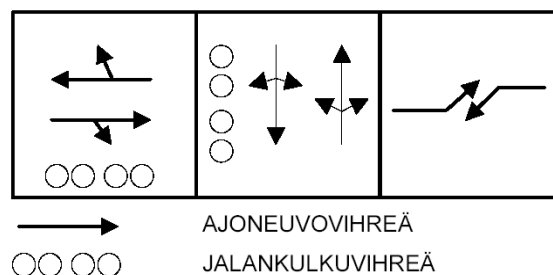
8.3.4 Liikennevalojen suunnittelu

Liikennevalosuunnittelun ydin on *vaihejaon suunnittelu*. Liikennevalosuunnittelun peruskäsitteitä ovat kierto (jakso), vaihe, vaihekaavio, ajoituskaavio ja opastinryhmä.

Kierrolla tarkoitetaan toistuvien peräkkäisten opastinkuvien sarjaa jonkin suunnan vihreän alkamisesta seuraavaan sen suunnan vihreän alkamiseen.

Vaihe on se kierron osa, jolloin tietyille virroille (ajoneuvoille tai jalankulkijoille) näytetään vihreää opastinkuvaa.

Vaihekaavio on vaihejaon ja järjestyksen graafinen esitys (kuva 8-3) ja *ajoituskaavio* esittää eri opastinryhmien valojen ajoituksen.



Kuva 8-3. Esimerkki liikennevalojen vaihekaaviosta (Tielaitos 1996d).

Opastinryhmä on aina samoja opastinkuvia ja yleensä yhtä tulosuuntaa tai suojatietä ohjaavien opastimien muodostama ryhmä. Opastinryhmään on aina kuuluttava vähintään kaksi opastinta, pääopastin ja toisto-opastin. Tarvittavien opastimien määrä riippuu tulosuunnan kaistojen lukumäärästä.

Opastimien näyttämien opastinkuvien järjestys on punainen-punakeltainen-vihreä-keltainen ja uudelleen punainen. Punainen valo kieltää pääopastimen (seis-linjan) ylittämisen ja vihreä opastin antaa ajoluvan. Punakeltaisella opastinkuvalla kerrotaan valojen vaihtumisesta vihreäksi ja keltaisella kielletään ajaminen, mikäli pysähtyminen on vielä mahdollista (päätöksenteon ongelma-alue).

Vaihekaaviossa voi olla päävaiheiden (jotka toistuvat jokaisessa kierrossa) lisäksi väli-vaiheita, jotka tulevat mukaan kiertoon vain tarvittaessa (liikennetieto-ohjausta). Valo-ohjauksen liittymän vaihejaon suunnittelu tapahtuu yhdessä liittymäsuunnittelun kanssa. Tällöin kaistajärjestelyt saadaan valo-ohjaukseen sopiviksi. Vaihejaon suunnittelun keskeinen lähtökohta on ensisijaisten törmäysuhkien (risteävät ajosuunnat) poistaminen. Hukka-ajan minimoimiseksi on vaiheluku pidettävä mahdollisimman pienenä ja vaiheiden järjestys suunniteltava huolella.

Liikennevalosuunnittelussa törmäysuhkaisten liikennevirtojen välille tarvitaan suoja-aika, jolla varmistetaan liittymäalueen tyhjeneminen ennen toisen suunnan ajoneuvojen saapumista. Suoja-ajat ovat toisaalta ”hukka-aikoja”, sillä ne kasvattavat liikenteen viivytyksiä ja pienentävät välityskykyä. *Suoja-aika* on siis aika (s) vihreänä olleen opastinryhmän vihreän lopusta seuraavana vuorossa olevan opastinryhmän vihreän alkuun (*kuva 8-4*). Suoja-aika lasketaan kaavalla:

$$T = t_k + t_p - t_s, \text{ jossa} \tag{8-1}$$

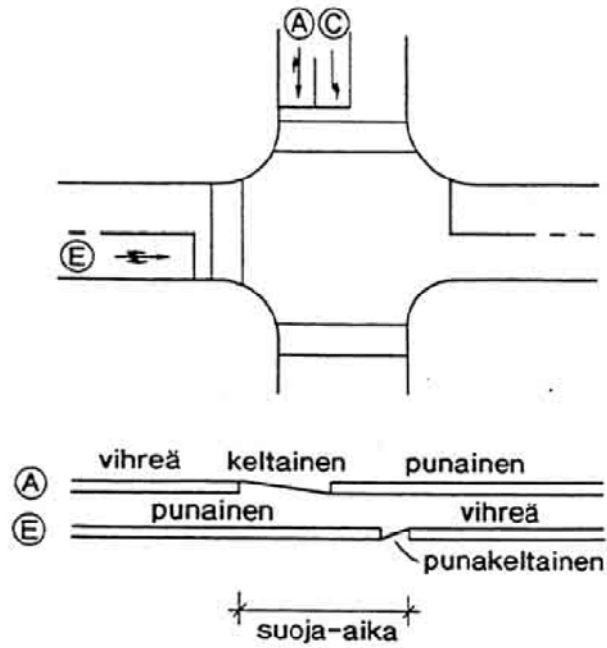
T = *suoja-aika*,

t_k = *keltaisen opastinkuvan kesto*,

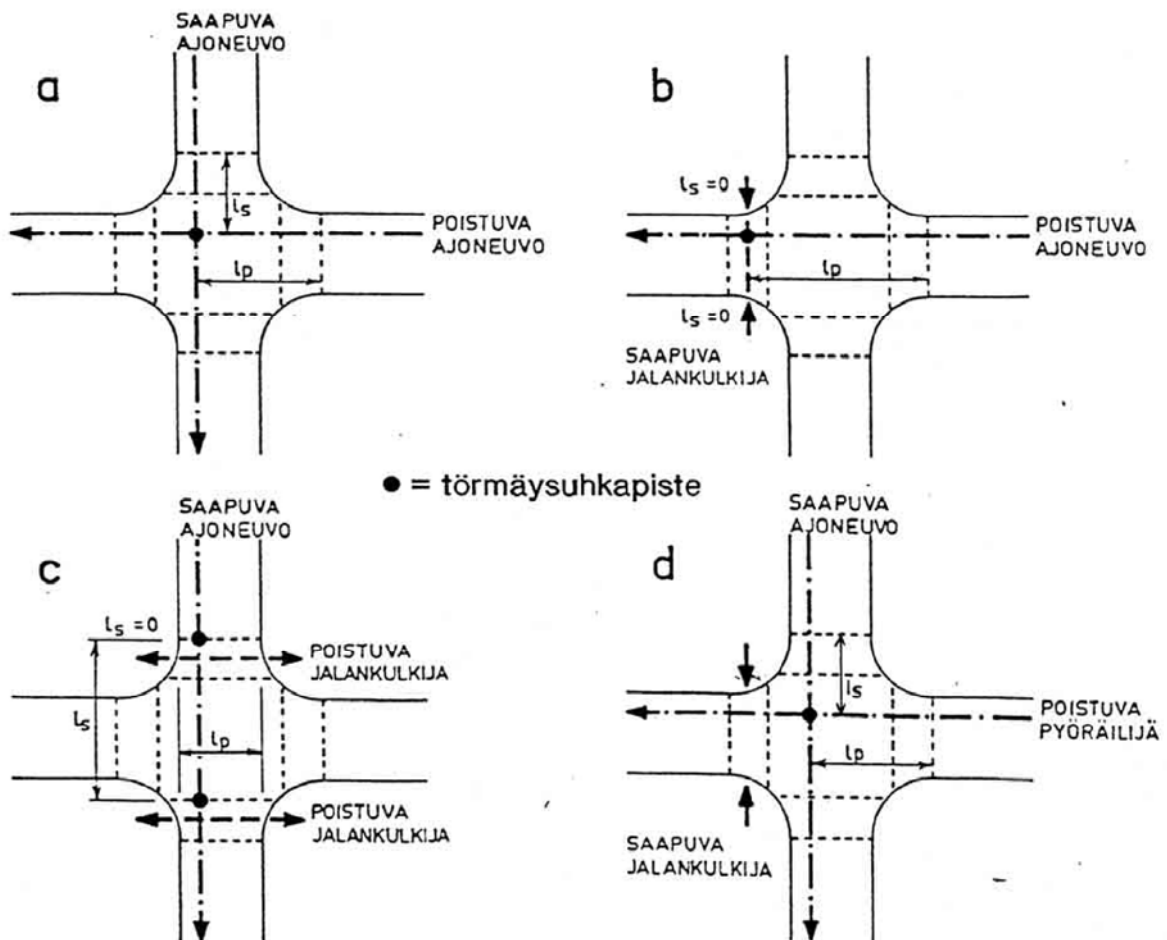
t_p = *poistumisaika*,

t_s = *saapumisaika*.

Poistumis- ja saapumisaika on ajoneuvon, jalankulkijan tai polkupyöräilijän poistumis-matkaan tai saapumismatkaan käyttämä aika. Poistumis- ja saapumismatka määräytyvät eri tilanteissa eri tavalla (*kuva 8-5*).

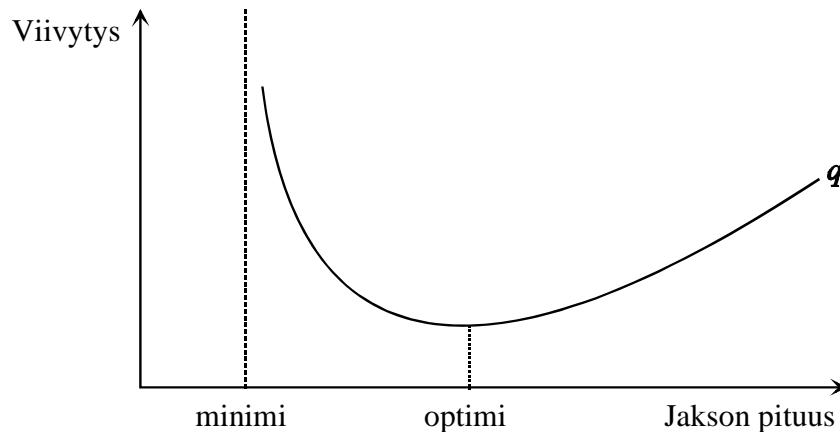


Kuva 8-4. Suoja-ajan määrittelmä (Tielaitos 1996d).



Kuva 8-5. Saapumis- ja poistumismatkan määrittely (Pohjoismaiden tieteknillinen liitto 1978).

Valo-ohjauksessa *kiertoaika* c (jakson pituus) vaikuttaa välityskykyyn ja viivytyksiin (katso luku 3.3.5). Liian lyhyellä kiertoajalla eri tulosuuntien vihreät ajat tulevat niin lyhyiksi, ettei odottava liikenne ennätä purkautua kokonaan ja liian pitkillä kiertoajoilla eri suuntien liikenne joutuu odottamaan vihreää opastinkuvaa turhan kauan. Kiertoajalle on jokaisessa liittymässä olemassa vaihejaosta ja liikennemääristä riippuva minimi sekä kokonaisviivytykset minimoiva optimi (kuva 8-6).



Kuva 8-6. Valo-ohjauksen jakson optimipituus.

Kiertoajan minimi saavutetaan, kun eri tulosuuntien vihreät ajat (g_i) käytetään täysin hyväksi. Vihreät ajat määritetään liikennemäärän (q_i) ja ominaisvälityskyvyn (s_i) suhteessa. Kiertoaikaan sisältyvät lisäksi suoja-ajat (T_i) eli

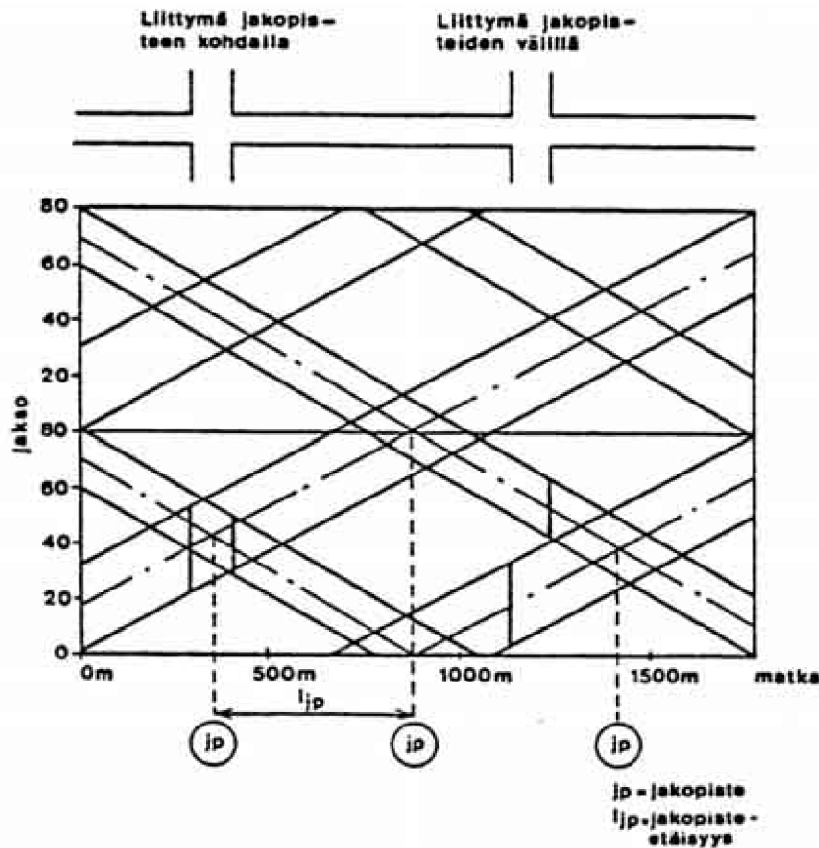
$$c_{\min} = \sum_i g_i + \sum_i T_i . \quad (8-2)$$

Jos vihreät ajat ovat mahdollisimman lyhyet, on kuormitus lähellä välityskykyä ja viivytys kasvaa. Jos vihreät ajat ovat pitkiä kasvaa kiertoaika ja viivytys myös. Näiden välillä kiertoajalla on olemassa optimi ($c_0 \approx 2c_{\min}$).

$$c_0 = \frac{1,5 \sum_i T_i + 5}{1 - \sum_i \frac{q_i}{s_i}} \quad (8-3)$$

Tavallisesti liikennevalot ajoitetaan siten, että viivytykset ovat lähellä minimiä. Tavalliset kiertoajat ovat päiväliikenteessä 45–75 s, ruuhkaliikenteessä 60–90 s ja maksimi (suositus) 120 s.

Peräkkäisten liittymien liikennevalojen yhteenkytkennällä pyritään saamaan pääsuunnalle vihreä aalto (kuva 8-7). Aallon nopeus 50 km/h rajoitusalueella on 45–48 km/h. Joukkoliikenteen erityispiirteet, pysäkkiajat sekä kiihtyvyy- ja hidastuvuusominaisuudet, on otettava huomioon vihreää aaltoa suunniteltaessa.



Molemmille ajosuunnille saadaan vihreä aalto, jos liittymät sijaitsevat aallon jakopisteiden kohdalla tai niiden lähialueella.

Kuva 8-7. Vihreän aallon suunnittelu (Pohjoismaiden tietekillinen liitto 1978).

8.4 Viitoitus ja opastus

8.4.1 Viitoituksen perusteet

Käsitteellä *opastus* tarkoitetaan reitin valintaa ja reitillä pysymistä helpottavan tiedon antamista kuljettajille. *Viitoitus* puolestaan on reitin merkitsemistä opastusmerkeillä. Opastus hoidetaan erilaisten opasteiden avulla. *Opaste* on yleisnimitys opastusmerkille, taululle, kilvulle tai laitteelle, joka ei ole välttämättä liikennemerkki. Opaste voi olla esimerkiksi muuttuva tekstiopaste, jolla voidaan antaa erilaista tie- ja liikenneolosuhteita koskevaa tietoa. *Opastusmerkillä* tarkoitetaan tieliikenneasetuksen mukaista liikennemerkkiä, jota käytetään tiellä kulkevan opastusta ja suunnistusta varten.

Viitoituksen ja opastuksen tarkoituksena on antaa tienkäyttäjille tietoja, jotka yhdessä asianmukaisen tiekartan kanssa auttavat tienkäyttäjää valitsemaan oikean reitin, pysymään reitillä sekä suunnistautumaan haluamaansa kohteeseen.

Viitoituksen perusvaatimuksia ovat ymmärrettävyys, jatkuvuus, havaittavuus, yhdenmukaisuus, ohjaus edullisimmalle reitille, liikenneturvallisuus ja tieverkon jäsentely.

Ymmärrettävyysvaatimuksen mukaan viitoituksessa käytettävät merkit on suunniteltava selkeiksi ja viitoituksen tulee olla yksikäsitteistä. Tietoa tarjotaan riittävästi mutta ei liikaa.

Jatkuvuudella tarkoitetaan sitä, että tietyn kohteen viitoitus jatkuu katkeamattomana aloituskohdasta perille saakka.

Havaittavuusvaatimuksen mukaan viitoituksessa käytettävät merkit on sijoitettava paikkaan, josta ne ovat helposti havaittavissa.

Yhdenmukaisuus tarkoittaa sitä, että samantyyppisissä tilanteissa tulee käyttää samankaltaista ratkaisua.

Ohjaus edullisimmalle reitille tarkoittaa, että kuhunkin viitoitettavaan kohteeseen opastetaan vain yhtä, edullisinta reittiä pitkin. Vaihtoehtoiset reitit (esimerkiksi moottori- ja moottoriliikenneteiden rinnakkaistiet) viitoitetaan käyttäen viitoituskohteina niiden varrella olevia kohteita.

Viitoituksen on oltava *liikenneturvallista*: viitoituksen avulla kuljettajan tulee voida päättää riittävän ajoissa ajokaistan valinnasta ja mahdollisesta kääntymisestä liittymässä. Viitoituksen puutteellisuuden aiheuttamia yllättäviä päätöksentekotilanteita ei saa syntyä.

Viitoitus tukee *tieverkon jäsentelyä* siten, että pitkämatkainen liikenne ohjautuu halutulla tavalla esimerkiksi taajamien ohiajoteille.

Viitoituksen ja ohjauksen suunnittelussa on otettava huomioon yleiset psykologian lait (ihmisen kyvyt ja rajoitukset): ärsykkeen *monimutkaisuus* ja kuljettajan *tarvetila*. Ärsykkeen liiallinen pelkistäminen ja toisaalta liiallinen monimutkaisuus vaikeuttavat viestin perille menoa. Monimutkaista liikenteen ohjausta ei ymmärretä ja liian yksinkertaisesti pelkistetty ohjaus johtaa helposti virheellisiin tulkintoihin. Havaintajan tarve saada informaatiota vaikuttaa tarkkaavaisuuteen. Jos kuljettaja esimerkiksi ei etsi pysäköintipaikkaa, kaikki pysäköintiin liittyvä informaatio on hänen kannaltaan turhaa eikä siis kuormita havaintokykyä.

8.4.2 Viitoitus maanteillä

Viitoitus suunnitellaan tien toiminnallisen luokituksen perusteella. Viitoituskohteet jaetaan eri tieluokilla käyttötarkoituksensa mukaan kauko-kohteisiin, väli-kohteisiin ja lähikohteisiin.

Kauko-kohteiden viitoituksella annetaan pitkämatkaiselle liikenteelle tieto tien yleisestä suunnasta, jota seuraamalla liikenne voi hakeutua myös pienemmille paikkakunnille.

Väli-kohteet ovat merkittäviä tieverkon solmupisteitä. Väli-kohteita voivat olla myös paikkakunnat, jotka ovat liikenteelliseltä merkitykseltään tärkeämpiä kuin niitä edeltävät lähikohteina viitoitetut paikkakunnat. Väli-kohteen tapaan voidaan viitoittaa myös sellaisia liikenteellisesti merkittäviä paikkakuntia, jotka eivät varsinaisesti ole viitoitettavan tien varrella, mutta joihin kyseinen tie tarjoaa edullisimman reitin.

Lähikohte on sellainen tien varrella oleva paikkakunta, jolla on merkitystä paikantamisen kannalta.

Lisäksi maanteillä voidaan viitoittaa tieluokasta riippumattomia kohteita: paikalliskohteita, erityiskohteita ja palvelukohteita.

Paikalliskohde on taajamassa oleva lähikohte, kuten keskusta, kaupunginosa tai aluekeskus. Paikalliskohteita viitoitetaan yleensä taajaman tai useamman lähekkäisen taajaman muodostaman alueen sisällä. Paikalliskohteen viitoitus voidaan aloittaa taajaman ulkopuolelta, jos se on edullista viitoituksen ja reitinvalinnan kannalta.

Erytiskohteita ovat terminaalit sekä tärkeät, runsaasti liikennettä synnyttävät teollisuus- ja liikelaitokset. Erytiskohteen viitoituksen tarvetta harkittaessa on otettava huomioon tienkäyttäjien mahdollisuudet löytää kohteeseen haja-asutusalueiden osoitejärjestelmän ja paikannimiviitoituksen perusteella. Erytiskohde voidaan yleensä viitoittaa lähimmältä maantieltä alkaen. Viitoitus voidaan aloittaa kauempaa vain, jos siihen on erityisiä perusteluja syitä. Tällöin erityiskohde viitoitetaan kuten lähi- tai paikalliskohde. Erytiskohteen viitoittamisen perusteita ovat kohteen synnyttämä liikennemäärä, sen osuus kohteen suuntaan johtavan tien liikennemäärästä ja liikenteen luonne.

Palvelukohteita ovat tienkäyttäjille palveluja tarjoavat erityiset palvelualueet ja -laitokset, huoltoasemat ja muut palveluyritykset, levähdysalueet opastuspisteet jne.

Tienviitoja käytetään yleisten teiden liittymissä kaikkien yleisten teiden suuntaan, yhdystien ja ylempiluokkaisen tien liittymässä kuitenkin yleensä vain sivutien suuntaan.

Moottoriväylien viitoitus poikkeaa tarpeiltaan, väreiltään ja sisällöltään perusverkon opastuksesta.

8.4.3. Viitoitus kaupunkialueilla

Kaupunkialueiden viitoitusperiaatteet ovat kauko- ja lähikohdeperiaate sekä hierarkkinen ja ranskalainen periaate (kuva 8-8).

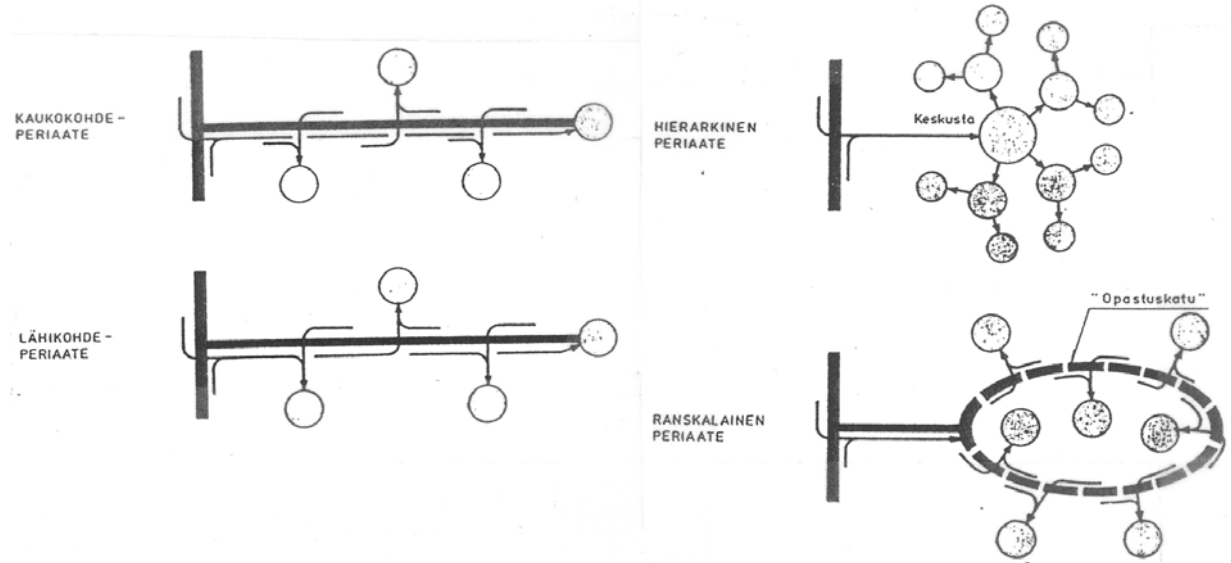
Kaukokohdeperiaatteen mukaan viitoitetaan pääväylän kauimpana sijaitseva kohde ja muut kohteet viitoitetaan silloin kun ne ohitetaan.

Lähikohdeperiaatteen mukaan viitoitetaan aina pääverkon lähin kohde.

Hierarkkisessa periaatteessa viitoitus johdetaan päätieverkkoa solmupisteisiin ja sieltä lopullisiin kohteisiin. Viitoituksen lähtökohta on keskusta ja se johtaa asteittain ylemmän luokan kohteesta alemman luokan kohteeseen.

Ranskalaisessa periaatteessa katuverkkoon suunnitellaan viitoitusta varten katuketju, josta alkaen kaikki kohteet viitoitetaan. Tavallisesti pyritään renkaan muotoon.

Ruotsalaisten selvitysten mukaan paras tapa on viitoittaa suuret liikennekohteet lyhintä tietä pääkatuverkkoa pitkin ja muut kohteet ranskalaisen periaatteen mukaan erityiseltä opastuskadulta.



Kuva 8-8. Kaupunkialueiden viitoitusperiaatteet.

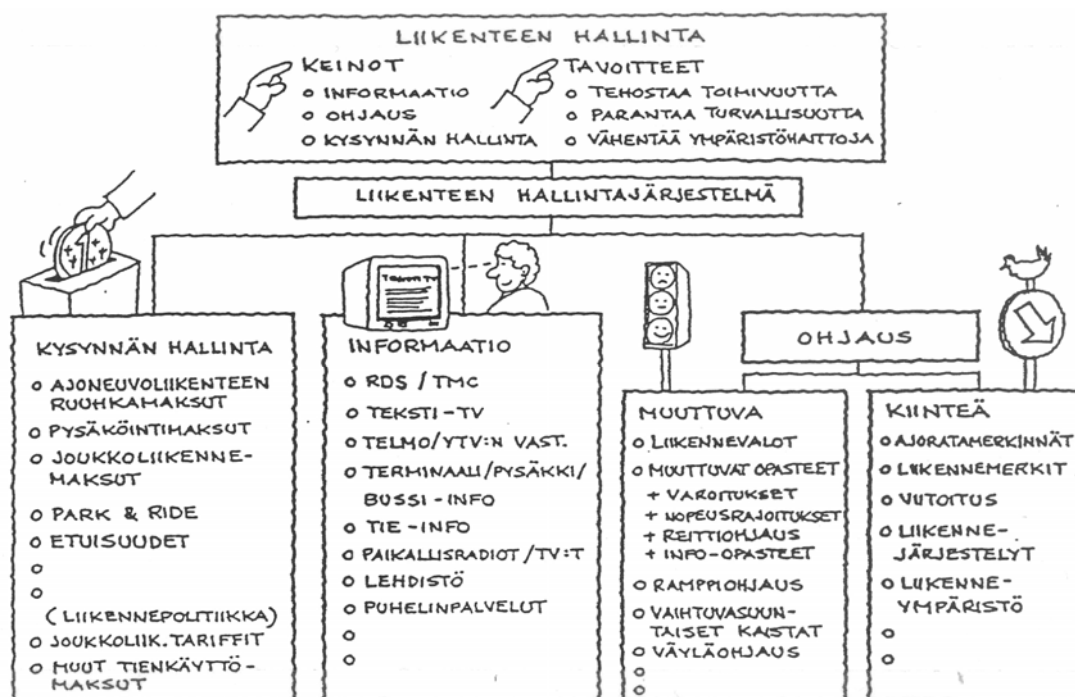
Viitoituskohteilla on tärkeysjärjestys: viitoitus suunnitellaan ensisijassa sellaisia henkilöitä varten, jotka eivät lainkaan tunne kaupunkia. Tällaisia kohteita ovat: keskusta, tärkeät teollisuusalueet, satamat, ensiapusairaalat, huomattavat turistikohteet jne. Nämä viitoitetaan suoraan pääväyliltä kohteeseen.

Toisella sijalla ovat muut kohteet esimerkiksi kaupunginosat, teollisuusalueet, urheilu/ulkoilu-alueet jne. Viitoitukseen liittyvä nimistö ja aluerajaus ovat oma ongelmansa. Kohteiden rajaus ei aina ole selvä eikä nimi vakiintunut.

Viitoituksen tehtävänä on paitsi opastaa kohteeseen myös ohjata liikenteen reitinvalintaa. Kaupunkialueilla erityisesti raskaan liikenteen ja vaarallisten aineiden kuljetusten ohjaus on tärkeää. Kevyen liikenteen viitoitus taajama-alueilla noudattaa samoja yleisperiaatteita kuin ajoneuvoliikenteen opastus. Opastus sisältää myös turvallisuusnäkökohdat.

8.5 Liikenteen hallinta

Liikenteen hallinnassa pyritään informaation ja ohjauksen avulla vaikuttamaan liikenteen kysyntään ja käyttäytymiseen. Tavoitteena on parantaa liikenteen sujuvuutta ja turvallisuutta sekä vähentää liikenteestä aiheutuvia ympäristöhaittoja. Liikenteen hallinnan osa-alueet ovat kysynnän hallinta, informaatio ja liikenteen ohjaus (muuttuva ja kiinteä) (kuva 8-9).

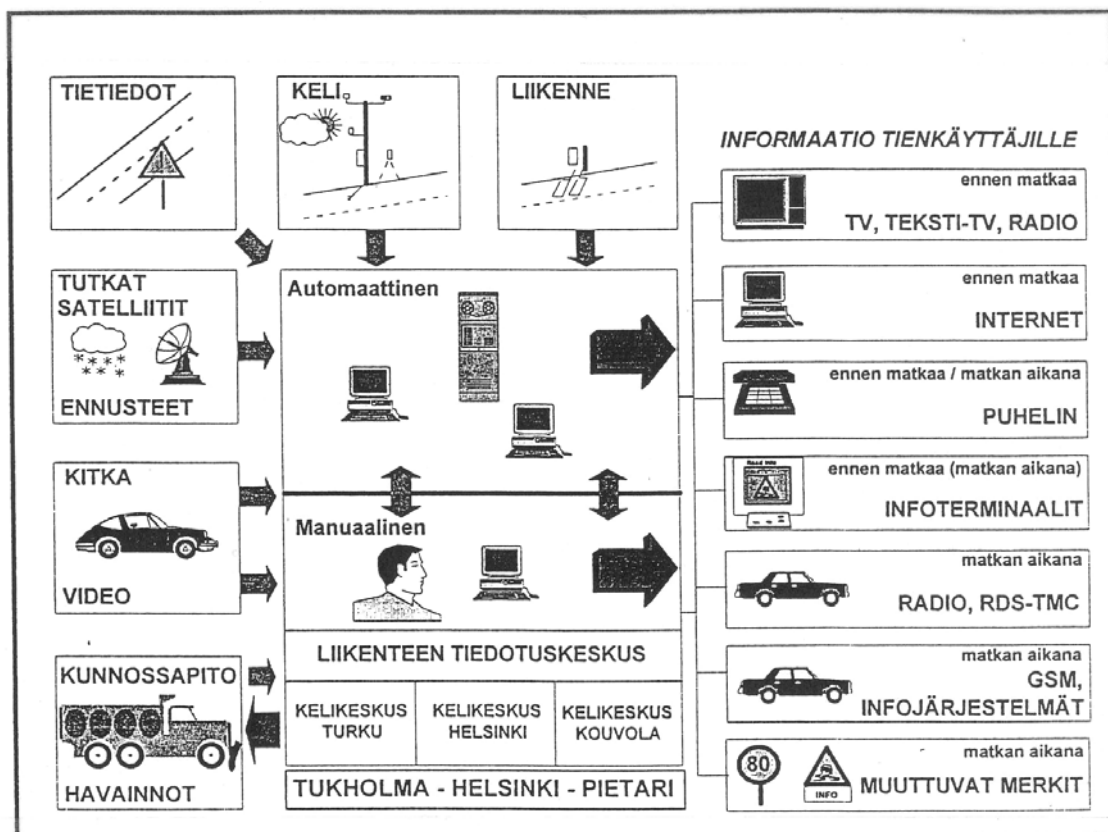


Kuva 8-9. Liikenteen hallinnan osa-alueet (Noukka 1995).

Liikenteen ohjaus voidaan jakaa staattiseen ja dynaamiseen ohjaukseen, yksilölliseen ja kollektiiviseen ohjaukseen sekä ajoneuvon sisäiseen ja ajoneuvon ulkopuoliseen ohjaukseen. Tavalliset liikennemerkit ovat staattisia, kollektiivisia ja ajoneuvon ulkopuolisia. Nykyään liikenteen ohjauksen kehityssuuntina ovat dynaaminen ja kollektiivinen ajoneuvon ulkopuolinen ohjaus eli automaattinen muuttuviin opasteisiin ja liikennemerkkeihin perustuva ohjaus sekä dynaaminen ja yksilöllinen ajoneuvon sisäinen ohjaus eli automaattinen ajoneuvon sisäisen ja keskustietokoneen keskinäiseen kommunikointiin perustuva ohjaus. Dynaamisella ohjauksella voidaan ottaa huomioon olosuhteiden vaihtelut: sää ja keli, ruuhkat, onnettomuuksien ym. aiheuttamat häiriöt. Dynaaminen ohjaus toteutetaan telematiikan avulla.

Liikenteen *telematiikka* on yksi liikenteen hallinnan apuväline. Sana telematiikka tarkoittaa tietoliikennetekniikan ja tietojenkäsittelytekniikan yhdistämistä. Liikenteen telematiikassa käsitellään ja kerätään tietoja tieoloista (sää, keli), liikenteestä ja liikkumisesta ja käytetään niitä hyväksi liikenteen ohjauksessa, yksittäisten ajoneuvojen hallinnassa sekä maksujen perinnässä. Liikenteen telematiikasta käytetään englanninkielessä lyhenteitä TT, *Transport Telematics* (EU) ja ITS, *Intelligent Transportation Systems* (USA). Suomessakin puhutaan nykyisin *älyliikenteestä*. Liikenteen telematiikka käsittää laajasti kaikki tietotekniikkaan perustuvat ajantasaiset tiedonkeruu- ja informaatiojärjestelmät, mm. erilaiset sään ja kelin mukaan muuttuvat opasteet ja liikennemerkit, automaattiset ajoneuvopäätteen avulla saatavat liikennetiedotukset ja navigointitiedot, matkapuhelimeen tilauksesta saatavat liikennetietoviestit, infopisteet huoltoasemilla, Internetistä saatava ajantasainen liikennetieto jne.

Liikenteen ohjaukseen liittyviä telematiikkasovelluksia on Suomessa käytössä jo runsaasti. Teiden varsilla on mm. sään ja kelin mukaan muuttuvien nopeusrajoitusten järjestelmiä, muuttuvia varoitusmerkkejä ja tiedotustauluja, ruuhkavaroitussjärjestelmiä ja kaistaohjausta silloilla ja tunneleissa. Eurooppatie E18 toimii telematiikan kokeilualueena (kuva 8-10). Liikennevirasto tarjoaa Internetissä ajantasaista sää-, keli- ja liikennetilannetiedotusta, huoltoasemilla on infopisteitä ja tiesäätiedot ovat esillä myös teksti-tv:ssä. Suurimmissa kaupungeissa on myös ajantasaisia pysäköinninohjaus- ja joukkoliikenteen informaatiojärjestelmiä.



Kuva 8-10. Tieliikenteen telematiikan kokeilualue, E18, Turku-Helsinki-Vaalimaa (Tielaitos 1996f).

9 TAVARALIIKENNE- JA KULJETUSJÄRJESTELMÄT

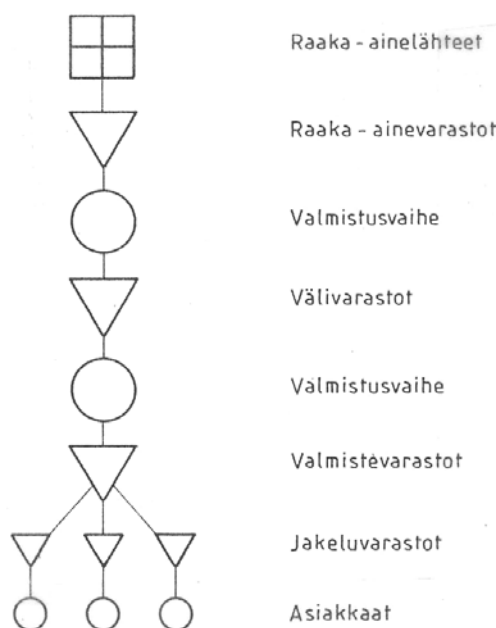
9.1 Logistiikan peruskäsitteitä

Logistiikalle ei ole löydettävissä yhtä yksiselitteistä määritelmää, vaan sen sisältö vaihtelee tarkastelutavan mukaan. Logistiikka muodostaa eräänlaisen poikkitieteen, jonka ohjaus on hajautunut usealle julkiselle ja yksityiselle organisaatiolle. Eräs määritelmä logistiikalle on seuraava:

”Logistiikka on tavaran hankintaan, tuotantoon ja jakeluun liittyvä strategisesti johdettu materiaali-, tieto- ja pääomavirtojen integroitu prosessi, jonka päämääränä on parantaa yrityksen tuottoa. Tähän päämäärään päästään oikeansuuntaisilla strategisilla valinnoilla, kehittämällä asiakkaille lisäarvoja ja hyötyjä ja parantamalla materiaalitoimintojen kustannustehokkuutta.”

Nykyisin puhutaan myös citylogistiikasta. Citylogistiikka on toimintaa, jolla huolehditaan tavara- ja tilausvirtojen koordinointi ja toteutus kaupungissa siten, että minimoidaan ympäristörasitukset, vähennetään kaupunkiliikennettä, haetaan taloudellisesti puhtaita ratkaisuja sekä parannetaan projektiin osallistuvien yritysten imagoa.

Materiaalihallinto on puolestaan ajattelutapa ja periaate, jolla suunnitellaan, organisoidaan, koordinoidaan, ohjataan ja valvotaan materiaalivirtaa toimittajalta lopulliselle kuluttajalle saakka (kuva 9-1). Materiaalihallinto voi olla organisoitu hajautetusti tai keskitetysti, ja yritys voi tuottaa palvelut itse tai ostaa ne ulkopuolisilta.

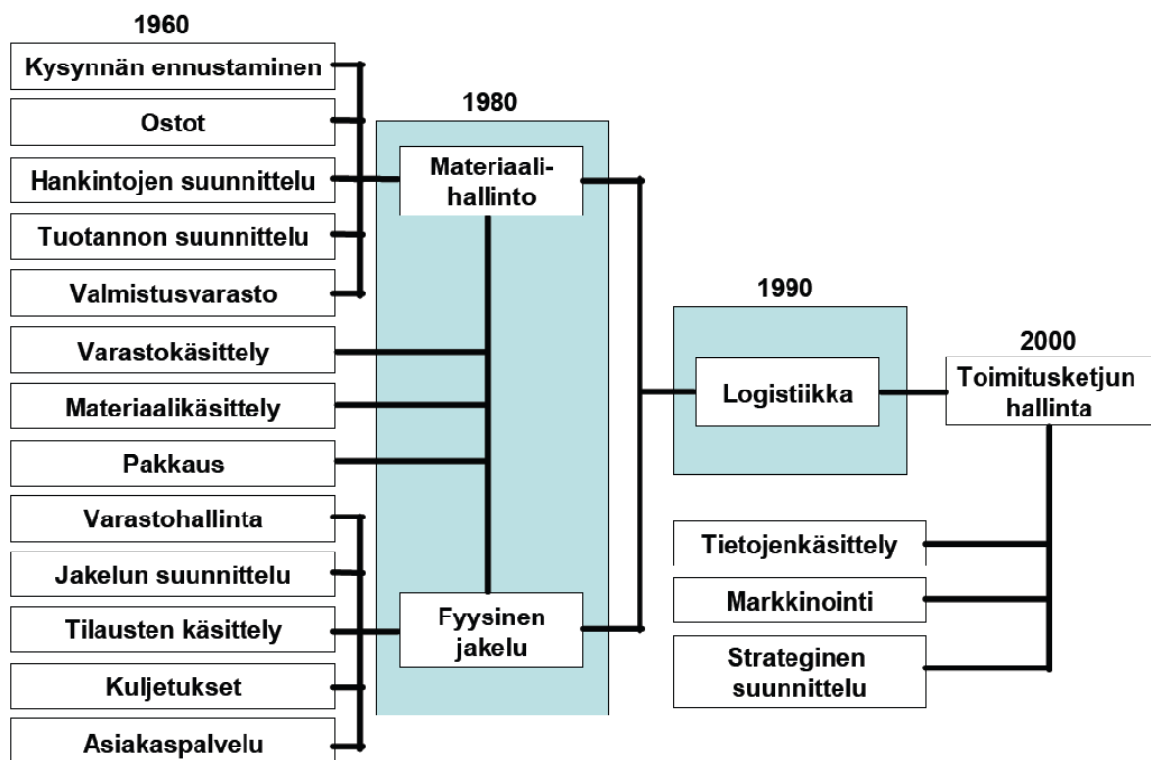


Kuva 9-1. Materiaalivirtaus (Kallama, Silfverberg 1984).

Materiaalitoiminnot käsittävät materiaalihallintoon liittyvät fyysiset ja ohjaustoiminnot. Materiaalitoimintojen osia ovat osto, kuljetus, varastointi, materiaalivirran jalostus, pakkaus, jakelu ja kierrätys. Nykyisin *palvelutaso* on yhä tärkeämpi materiaalitoimintojen osa, sillä asiakas on edellytys kaikelle liiketoiminnalle. Asiakaskeskeisyyttä tulisikin kehittää edelleen. Materiaalitoimintojen palvelutason osatekijöitä ovat:

- toimitusaika
- toimituskyky
- täsmällisyys
- toimitusvarmuus
- toimituspolitiikka
- maksuehdot
- muut tekijät.

Yrityksen on selvitettävä itselleen sopivin palvelutaso, sillä liian korkea palvelutaso aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Asiakkaiden vaatimusten täyttäminen kustannuksia kasvattamatta edellyttää yhä parempaa logistiikkatoimintojen integrointia (*kuva 9-2*).



Kuva 9-2. Logistiikan integraation kehitys yksittäisistä toiminnoista toimitusketjujen hallinnaksi; vuosiluvut kuvaavat viitteellisesti kehityksen aikajännettä (Liikenne- ja viestintäministeriö 2006).

9.2 Logistiikan merkitys

Ennen materiaalivirtaa tarkasteltiin yksinomaan kustannuksia aiheuttavana tekijänä. Nykyisin logistiikkaa tarkastellaan eräänä strategisena kilpailutekijänä. Kilpailutekijänä logistiikkaa mitataan sen asiakkaille tuottamana lisäarvona, rahavirtaan sitoutuneena pääomana sekä tarvittavien ohjauspalvelujen kustannustehokkuutena.

Logistiikka liittyy yritykseen tulevaan (hankinta), sen sisällä kulkevaan (tuotanto) ja sieltä lähtevään (jakelu) materiaalivirtaan. Myös tietojen siirto on olennainen osa logistiikkaa. Tietovirta itse asiassa käynnistää koko materiaalivirran ja toimii apuna sen ohjauksessa. Materiaalitoimintojen merkityksen kasvu näkyy mm. siinä, että useat yritykset ovat perustaneet erityisen materiaalitoimintojen organisaation huolehtimaan materiaalitoiminnoista. Tämän organisaation on kuitenkin koko ajan oltava tiiviissä yhteistyössä mm. hankinnan, tuotannon ja markkinoinnin kanssa.

Globalisaation, lyhyempien vasteaikojen ja ulkoistamisen seurauksena valmistavalta elinkeinoelämältä vaaditaan yhä parempaa ja edullisempaa logistista toimintaa. Toimitusketjun integraatio on yrityksille keino saavuttaa kilpailuetua. Logistiikka on yksi ulkoistetuimmista liiketoiminnan osista, ja monet yritykset ovat muodostaneet pitkäaikaisia yhteistyösopimuksia ulkopuolisia logistiikkapalveluita tarjoavien ns. kolmannen osapuolen yritysten kanssa. Logistiikkayritykset pyrkivät tarjoamaan yhä laajempia palvelukokonaisuuksia ja toimimaan maantieteellisesti laajemmalla alueella. Kuljetus- ja varastointipalveluita tarjoavien yritysten lisäksi myös IT-palveluita ja alan konsulttipalveluita tarjoavat yritykset ovat tulleet kiinteäksi osaksi logistiikkamarkkinoita.

Globalisaation myötä liiketoiminnan hallinta monimutkaistuu ja logistiikasta on tullut olennainen osa maailmanlaajuisia arvoketjuja. Kehittyvistä maista on tullut kilpailukykyisiä tuottajia monille hyödykkeille yritysten pyrkiessä vähentämään kustannuksiaan. Tämä on johtanut kasvaneisiin tavaravirtoihin matalan kustannustason maista tuotanto- ja kokoonpanoyksiköihin, sekä kuluttajille tuotantopaikkojen läheisyyteen. Nopeasti kasvavat kuljetusmarkkinat erityisesti maailmanlaajuisen konttiliikenteen sekä lentorahdin osalta ovat lyhyessä ajassa alentaneet kappaletavaran kuljetuskustannuksia merkittävästi.

Logistiikan merkitystä koko *kansantaloudessa* voidaan tarkastella määrittämällä kansantalouden kokonaislogistiikkakustannukset ja suhteuttamalla ne bruttokansantuotteeseen (BKT). Tämä mahdollistaa myös vertailun eri maiden kesken. Ongelmana on se, että yritykset pyrkivät toimimaan omalta kannaltaan mahdollisimman kustannustehokkaasti, eivätkä ajattele kansantaloutta kokonaisuutena. Yritystasolla logistiikan kokonaiskustannukset ja niiden suhteuttaminen liikevaihtoon kuvaavat logistiikan merkitystä yritykselle. Kehittyneissä maissa logistiikkakustannukset vastaavat tyypillisesti noin 10–15 % BKT:stä. Lukujen vertailukelpoisuus on osittain heikkoa, sillä luvut perustuvat niin lähdeaineistonsa kuin analyysimenetelmänsä osalta toisistaan poikkeaviin arvioihin.

Taulukossa 9-1 on esitetty logistiikan kokonaiskustannukset Suomessa vuosina 1990–2011. Tiedot perustuvat tehtyihin logistiikkaselvityksiin. Tuoreimman selvityksen mukaan Suomen teollisuuden ja kaupan logistiikkakustannukset vuonna 2011 olivat yhteensä noin 33,1 mrd. euroa. Yritysten liikevaihdosta logistiikkakustannusten osuus oli keskimäärin 12,1 %. Logistiikkakustannukset vastasivat noin 8,6 % BKT:stä. Vuoden 2011 aiempaa alhaisempi suhdeluku BKT:hen selittyy sillä, että laskusuhdanteen seurauksena erityisesti teollisuuden osuus Suomen BKT:stä on aiempaa pienempi.

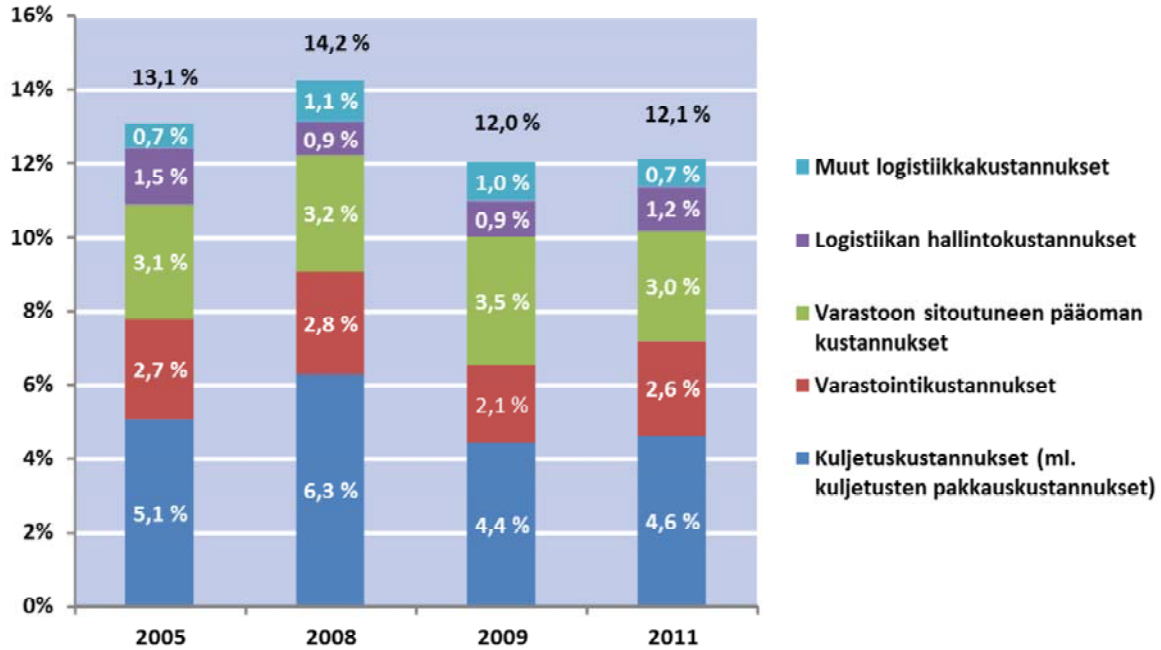
Taulukko 9-1. Logistiikkakustannukset Suomessa vuosina 1990–2011 logistiikkaselvitysten mukaan (Liikenne- ja viestintäministeriö 2012b).

	1990	1995	2000	2005	2008	2009	2011
Teollisuuden ja kaupan logistiikkakustannukset, mrd € (vanha laskentatapa)	13,7	13,3	18	26,4	34,7	29,9	
Teollisuuden ja kaupan logistiikkakustannukset, mrd € (nykyinen laskentatapa)				29,2	40,1	34,7	33,1
BKT markkinahintaan, mrd. €	89,3	96	132,1	157,3	184,2	171,3*	191,6*
Ulkomaisten tytäryhtiöiden osuus suomalaisyritysten liikevaihdosta		20,3 %	42,6 %	46,5 %	49,6 %	49,6 %	50,0%*
Logistiikkakustannukset suhteessa BKT:een (vanha laskentatapa)	17-18%	14-15%	14-15%	17 %	19 %	17,5 %	
Logistiikkakustannukset suhteessa BKT:een (nykyinen laskentatapa)	12,2%**	11,1%**	7,8%**	9,9 %	10,9 %	10,2 %	8,6%*

* perustuu ennakkotietoon

** kustannusten laskutapa muuttunut

Logistiikkakustannukset voidaan jakaa toiminnoittain kuljetus- ja varastointikustannuksiin, varastoihin sitoutuneen pääoman kustannuksiin ja hallintokustannuksiin (*kuva 9-3*). Kuljetuskustannukset ovat suurin yksittäinen kustannuserä ja niiden osuus yritysten liikevaihdosta oli vuonna 2011 keskimäärin 4,6 %. Luvuissa ovat mukana kuljetusten pakkauskustannukset. Logistiikan merkitys yrityksen kilpailukyvyllä korostuu erityisesti suurilla yrityksillä.



Kuva 9-3. Suomessa toimivien teollisuuden ja kaupan alan yritysten logistiikkakustannukset osuutena liikevaihdosta yritysten ja toimialojen liikevaihdoilla painotettuna (Liikenne- ja viestintäministeriö 2012b).

Erot eri maiden logistiikkakustannuksissa johtuvat maantieteellisistä, rakenteellisista ja institutionaalisista eroista. Lisäksi eri maiden yritysten logististen prosessien tehokkuuserot aiheuttavat kustannuseroja. Suomen muita maita korkeampia varasto- ja pääomakustannuksia voidaan selittää pitkällä logistisilla ketjuilla sekä viennissä että tuonnissa. Suhteellisen pitkät toimitus- ja tilausviipeet aiheuttavat varmuusvarastointitarvetta. Korkeammat kuljetuskustannukset johtuvat viennissä ja tuonnissa Suomen syrjäisestä sijainnista ja pidemmistä kuljetusmatkoista ja kotimarkkinoilla laajasta ja harvaanasutusta maasta. Moniportainen logistinen ketju vaatii enemmän ohjaavaa, valvovaa ja kehittäväää henkilöstöä, mikä selittää korkeammat hallinnon kustannukset. Myös korkeat pakkauskustannukset voivat johtua moniportaisesta logistisesta ketjusta, jossa useat purkamiset ja lastaamiset aiheuttavat tarvetta suojata tuotteet hyvin.

Logistiikka muodostaa merkittävän kustannustekijän niin Suomen kansantaloudessa kuin yritystoiminnassakin. Logistiikan merkitys kilpailukyvyn kannalta on yhä kasvanut yritystoiminnan globalisoitumisen, Suomen EU-jäsenyyden, Euroopan integraation sekä yhä lyhyempien toimitusaikavaatimusten, kiristyneen hintakilpailun ja tietojärjestelmien mahdollistaman logistiikan kehittämisen myötä. Viime vuosina Suomi on sijoittunut kuitenkin hyvin sekä kansainvälistä kilpailukykyä että logistista toimivuutta mittaavissa kansainvälisissä vertailuissa. Vaikka Suomen logistiikan nykytila onkin varsin hyvä, kilpailukyvystä huolehdittava myös tulevaisuudessa. Logistista osaamista onkin kehitettävä, jotta emme jää jälkeen kilpailijoistamme.

9.3 Kuljetusjärjestelmä ja eri kuljetusmuodot

Tavarakuljetusjärjestelmän muodostavat liikenneinfrastruktuuri, kuljetusten ohjausjärjestelmät ja logistiset järjestelmät sekä tavarakuljetusjärjestelmässä toimivat yritykset. Liikenneinfrastruktuuri muodostuu liikenneverkoista, terminaaleista, kuljetuskalustosta ja liikenteen ohjausjärjestelmistä.

Kuljetukset ovat keskeisessä osassa logistisen ketjun useissa eri vaiheissa alkaen raaka-aineen hankkimisesta tuotantoon ja päättyen valmiiden tuotteiden toimittamiseen kuluttajille. Kuljetuksia tarvitaan myös jätteiden keräilyssä, siirrossa ja käsittelyssä.

Kuljetukset voidaan tehdä eri *kuljetusmuodoilla*: teitse, rautateitse, vesiteitse tai ilmassa. Eri kuljetusmuodoilla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa, joten kuljetusmuodon valinta on tehtävä tapauskohtaisesti (*taulukko 9-2*).

Taulukko 9-2. Eri kuljetusmuodoille ominaisia käyttökohteita (Suomen kuljetusopas 2008).

Kuljetusmuoto	Tyypillisiä käyttökohteita
pakettiautokuljetukset	<ul style="list-style-type: none">• pienten tavaraerien lyhyen matkan jakelu- ja keräilykuljetukset
kuorma-autokuljetukset	<ul style="list-style-type: none">• lyhyen matkan jakelu-, keräily-, maansiirto-, rakennusaine yms. kuljetukset• keskipitkän tai pitkän matkan kuljetukset, kun kuorma-autokuljetus on edullisin tai ainoa vaihtoehto• raskaat ja säännölliset kuljetukset lyhyillä matkoilla• erikoiskuljetukset
rautatiekuljetukset	<ul style="list-style-type: none">• suurten tavaraerien jatkuvat ja säännölliset kuljetukset pitkillä matkoilla• raskaat ja säännölliset kuljetukset lyhyillä matkoilla• erikoiskuljetukset
merikuljetukset	<ul style="list-style-type: none">• vienti- ja tuontikuljetukset• massatavaroiden ja suurten yksikkötavaroiden kuljetukset• erikoiskuljetukset
lentokuljetukset	<ul style="list-style-type: none">• kiireelliset kuljetukset• massaansa nähden arvokkaiden tuotteiden kuljetukset• nopeasti vanhenevien tuotteiden kuljetukset• postin kuljetus pitkillä etäisyyksillä.

Eri kuljetusmuodot eivät aina kilpaile keskenään, vaan ne muodostavat toisiaan täydentäen kuljetusketjuja. Tällöin kilpailua on yleensä yritysten välillä. *Intermodaalikuljetus* on tavarankuljetus, jossa kuljetettava tavara on koko kuljetuksen ajan samassa kuljetusyksikössä ja kuljetukseen käytetään vähintään kahta eri kuljetusmuotoa. *Yhdistetty kuljetus* on intermodaalikuljetus, jossa runkokuljetus tapahtuu rautateitse, laivalla tai lentokoneella ja runkokuljetukseen liittyy lyhyt nouto- tai jakelukuljetus teitse.

Kuljetusmuotoa valittaessa pyritään yhdistämään vaatimukset hyvästä palvelutasosta, laadusta ja kohtuullisista kustannuksista. Kuljetusmuodon valintaan vaikuttavat yritykseen, lähetykseen ja kuljetusmuotoon liittyvät ominaisuudet. Yritykseen liittyviä valintaperusteita ovat toimiala, kuljetustarpeen säännöllisyys, toimitustiheys ja lähettäjän maantieteellinen sijainti. Lähetykseen liittyviä ominaisuuksia ovat kuljetusetäisyys, eräkoko ja arvo. Kuljetusmuotojen välillä on yleensä eroja kapasiteetin saatavuudessa, hinnassa, luotettavuudessa ja nopeudessa. Kuljetusten täsmällisyys on yleensä sitä tärkeämpää mitä kalliimpia tuotteita kuljetetaan. JOT-tyyppisessä (just on time) toiminnassa kuljetusvarmuus on koko tuotannon perusedellytys: tuotteen on oltava oikeaan aikaan, oikean kokoisena eränä ja vaurioitumattomana tuotantolaitoksessa.

Tiekuljetukset ovat suurin ja tärkein kuljetusmuoto lähes kaikissa teollistuneissa maissa. Kuljetusten etuina ovat nopeus, joustavuus, edullisuus ja soveltuvuus myös pienille kuljetuserille. Tiekuljetus on lähes ainoa kuljetusmuoto, kun kuljetusmatkat ovat lyhyitä, kuljetusvirrat pieniä ja vaaditaan nopeaa toimitusta. Käytettävissä on laajin infrastruktuuri ja ovelta ovelle -kuljetukset.

Rautatiekuljetuksia käytetään eniten silloin, kun kuljetusmatkat ovat pitkiä, tavaramäärät suuria ja kuljetustarve säännöllistä. Tiekuljetusten ruuhkautuneisuus ja ympäristökäijät puoltavat rautatien käyttöä ainakin kuljetusketjun osana. Rautatieverkko ei ole yhtä kattava kuin tieverkko, mutta on yleensä käytettävissä tärkeimmissä kuljetuskohteissa ilman siirto-kuormausta.

Merikuljetusten asema maailmanlaajuisessa kaupassa on merkittävä, koska kansainvälisessä meriliikenteessä vallitsee vapaa kilpailu. Tämän ja maantieteellisen sijainnin vuoksi myös Suomen ulkomaankuljetukset perustuvat merkittävältä osalta merikuljetuksiin. Vaikka kalusto ja infrastruktuuri vaativat suuria investointeja on merikuljetusten kapasiteetti ja kaluston saatavuus hyvä. Suurissa kuljetuserissä yksikkökustannukset ovat hyvin alhaiset.

Lentokuljetukset tarjoavat nopean ja pääosin valmiiksi aikataulutetut kuljetukset kaikkialle maailmaan. Kuljetukset ovat luotettavia ja niissä sattuu vähän vaurioita. Suuren osan kuljetuksista muodostavat kiireelliset ja arvokkaat tuotteet. Käytettävissä oleva rahtitila sekä kantavuus ovat melko rajallisia ja kuljetusyksiköiden yhteensopivuus muiden kuljetusmuotojen kanssa on rajoitettua.

Erlaisia *terminaaleja* ovat satamat, lentoasemat, rautatieasemat, linja-autoasemat sekä kuorma-autoliikenteen terminaalit. Terminaalit ovat kuljetusten saumakohtia, joissa kootaan lähetyksiä kaukokuljetusten kuormiksi ja ryhmitellään niitä paikallisjakeluun. Usein terminaalit vastaavat jakeluista ja noudoista ja nykyisin entistä useammin myös ohjaavat ja markkinoivat kuljetusketjua. Terminaalien tehtävänä on saada pitkille runkokuljetuksille tasainen ja suuri kuormitus. Teknisiä tehtäviä ovat lastien siirtokuormausta, suuryksiköiden kokoaminen ja purku sekä lyhytaikainen varastointi. Hyvältä terminaalilta edellytetään hyviä liikenneyhteyksiä, riit-

tävää määrää tilavia kuormaus- ja purkupaikkoja, riittäviä operointitiloja sekä tehokasta tavarankäsittelyä.

9.4 Tiekuljetukset

9.4.1 Kuljetusten määrä

Suomen maantieteellinen sijainti, pitkät sisäiset kuljetusetäisyydet ja kuljetusten kannalta vaativat luonnonolot asettavat kuljetusten hoidolle suuremmat tehokkuusvaatimukset kuin useissa kilpailijamaissa. Kuorma-autoliikenteellä on kansantaloudessamme huomattavasti suurempi merkitys kuin muiden EU-maiden kohdalla. Kuorma-autoliikenteen kuljetussuorite asukasta kohti on 1,5–4-kertainen verrattuna muihin EU-maihin. Syinä tähän ovat mm. tuotannon sijainti, tuotannon rakenne ja maantieteelliset seikat.

Vuonna 2010 kotimaan tieliikenteessä kuljetettiin 397,0 milj. tonnia tavaraa. Kuljetussuoritetta kertyi 26,9 mrd. tkm, josta kuorma-autoliikenteen osuus oli 26,0 mrd. tkm. Tiekuljetusten osuus kotimaassa kuljetetuista tonneista oli n. 89 % ja tonnikielometreistä n. 66 %. Myös ulkomaan kuljetuksissa tiekuljetusten rooli on merkittävä. Vuonna 2010 Suomen ulkomaankaupan tavaratonneista kuljetettiin n. 6 % (6,4 milj. tonnia) maanteitse. Tavararavosta tämä on n. 8 % (8,7 mrd. euroa).

Kotimaan kuorma-autoliikenteessä tonnimäärällä mitattuna tavaralajeista eniten kuljetetaan maa-aineksia, joita vuonna 2010 oli noin 44 % koko tavaramäärästä. Toiseksi eniten kuljetettiin tukki- ja kuitupuuta, jonka osuus oli noin 7 %. Kolmanneksi suurimpana tavaralajina olivat paperi ja kartonkituotteet, joiden osuus oli noin 4 %. Vaikka maa-aineskuljetuksissa keskimääräinen kuljetusmatka oli vain 13 km, suuresta tonnimäärästä johtuen myös kuljetussuoritetta kertyi niistä eniten. Maa-aineskuljetusten osuus kokonaiskuljetussuoritteesta oli noin 12 %. Tukki- ja kuitupuun kuljetuksien osuus oli vain hieman pienempi eli noin 11 %. Kolmanneksi suurin kuljetussuorite oli tavaralajilla jauhot, sokeri, kahvi ym. ei helposti pilaantuvat elintarviketeollisuuden tuotteet (6 %).

Elinkeinotoiminta synnyttää tavaraliikennettä, sillä teollisuus, kauppa, rakennustoiminta, kunnat, valtio ja maatalous tarvitsevat kuljetuspalveluja. Tavaravirrat ovatkin keskittyneet Etelä-Suomeen, missä elinkeinotoiminta on vilkkainta. Eniten kuljetuksia synnyttää rakentaminen, ruokaklusteri sekä metsäteollisuus.

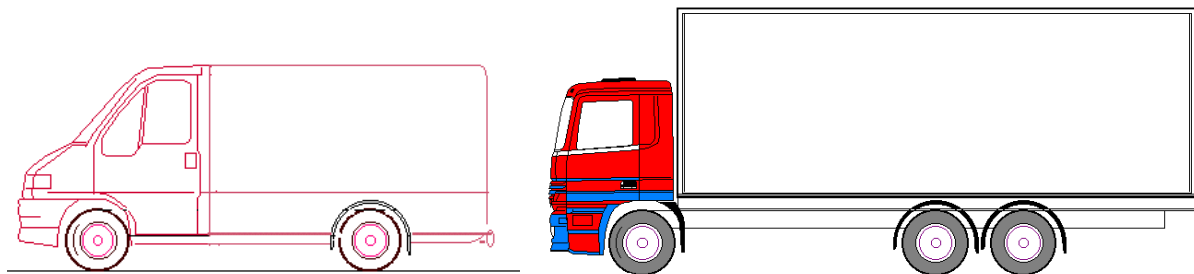
Suurin osa kotimaan kuorma-autokuljetuksista on melko lyhyitä. Vuonna 2010 koko tavaramäärästä noin 65 % kuljetettiin alle 50 km:n etäisyydelle. 19 %:lla tavaramäärästä kuljetusetäisyys oli 50–149 km. Vain noin 2 % tavaramäärästä kuljetettiin yli 500 km:n etäisyydelle. Valtaosa kuljetuksista on läänien sisäisiä tai suuntautuu naapurilääneihin.

Vuonna 2010 ulkomaan kuorma-autokuljetusten tärkeimmät vientikohdemaat olivat Ruotsi (32 % tonneista), Venäjä (46 %) ja Norja (14 %) ja tuontimaat Venäjä (84 %), Ruotsi (9 %) ja Norja (4 %).

9.4.2 Kalusto

Kuorma-autoksi luokitellaan kokonaismassaltaan vähintään 3,5 tonnin tavara-auto. Sitä kevyemmät tavara-ajoneuvot ovat *pakettiautoja*. Ajoneuvon suurin sallittu korkeus Suomessa on 4,4 m. Ajoneuvon suurin sallittu leveys on 2,60 metriä. Kiinteältä rakenteeltaan yli 22,00 metrin pituisessa yhdistelmässä käytettävän muun kuin lämpöeristetyin ajoneuvon suurin sallittu leveys on kuitenkin 2,55 metriä. Kuorma-autojen ja ajoneuvoyhdistelmien kokonaispaino on kasvanut jatkuvasti. Vuonna 1923 suurin sallittu kokonaispaino oli 7 tonnia, nykyisin 76 tonnia.

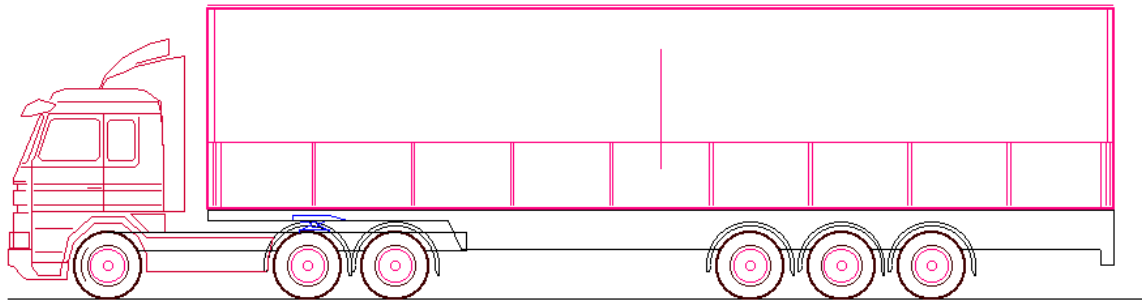
Yli 90 % käytössä olevista tavara-ajoneuvoista on *pakettiautoja* ja *perävaunuttomia kuorma-autoja* (kuva 9-4). Niiden käyttöalue on koko maantieliikenteen tyypillisin: paikalliset ja usein pieninä erinä tapahtuvat jakelukuljetukset. *Erikoisrakenteisia kuorma-autoja* käytetään pienessä määrin tehtäväkohtaisissa kuljetuksissa. Erikoisautoja ovat esim. itsekantava säiliö-auto, edestäpurkava jakeluauto ja jätekuljetuksissa käytettävä matalarunkoauto.



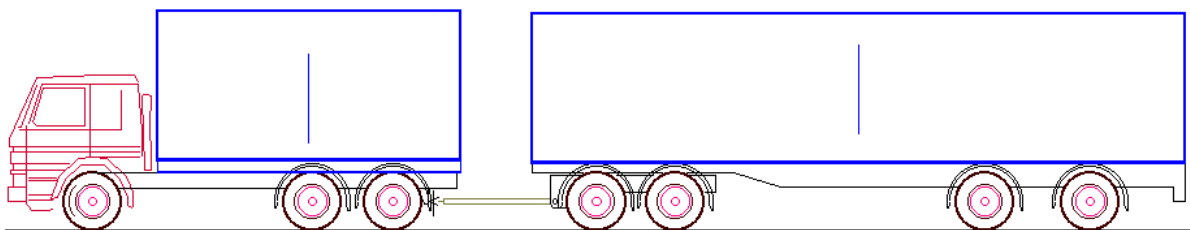
Kuva 9-4. Pakettiauto ja kolmiakselinen kuorma-auto varustettuna jakeluun soveltuvalla korilla (SKAL 2003).

Yksittäisajoneuvoa parempi kuljetusten taloudellisuus saavutetaan *ajoneuvoyhdistelmällä*, koska kerralla voidaan kuljettaa enemmän tavaraa. Ajoneuvoyhdistelmien tyypillisiä käyttöalueita ovat raskaat paikalliskuljetukset ja yleensä pitkämatkaiset kuljetukset. Puoliperävaunuyhdistelmän enimmäispituus Suomessa 16,5 m ja varsinaisen perävaunuyhdistelmän 25,25 m. Puoliperävaunuyhdistelmän maksimimassa Suomessa on 48 t ja varsinaisen perävaunuyhdistelmän maksimimassa on 76 t.

Puoliperävaunuyhdistelmiä (kuva 9-5) käytetään Suomessa ulkomaanliikenteessä ja pitkien jakamattomien esineiden kuljetuksissa. Niiden suosio ulkomaanliikenteessä perustuu irtoperävaunun käyttöön: pelkkä perävaunu lähetetään ulkomaille ja kuljettaja ja vetoauto jäävät muihin tehtäviin Suomeen. Suomessa käytetään *varsinaisia perävaunuyhdistelmiä* lähes kaikkiin ajoneuvoyhdistelmille soveltuviin kuljetustehtäviin (kuva 9-6).



Kuva 9-5. Kuusiakselinen puoliperävaunuyhdistelmä (SKAL 2003).



Kuva 9-6. Varsinainen perävaunuyhdistelmä (SKAL 2003).

EU:ssa rekkojen mitat ja massat on yhdenmukaistettu. Puoliperävaunuyhdistelmän enimmäispituus on 16,5 m. Varsinaisen ja keskiakseliperävaunuyhdistelmän enimmäispituus on 18,75 m, josta kuormatilojen ulkopituuksien summa 15,65 m. Suurin viisi- tai kuusiakselisen auton ja perävaunun yhdistelmän kokonaismassa on 40 t. Auton ja perävaunun suurin korkeus on 4,0 m ja leveys 2,55 m (lämpöeristetyn ajoneuvon 2,6 m).

Suomen ja Ruotsin liittyttyä EU:hun määräys olisi merkinnyt tšekäläisten ajoneuvojen tuntuvaa pienentämistä. Elokuussa 1997 voimaan tulleen ns. moduulirekkaratkaisun tarkoituksena oli suurempien yhdistelmien säilyttäminen kansallisessa liikenteessä ja samalla tasapuolisten kilpailumahdollisuuksien luominen kaikille Euroopan talousalueen liikennöitsijöille Suomen ja Ruotsin omien kuljetusyritysten kanssa. *Moduuliyhdistelmän* saa Suomessa rakentaa usealla eri tavalla myös muista kuin EU-mittaisista koritiloista, kunhan kuormatilojen yhteinen pituus on korkeintaan 21,42 m ja massa 76 t.

9.4.3 Kuljetusyritykset

Tiekuljetukset voidaan jakaa yksityisiin ja ammattimaisiin kuljetuksiin. Yksityistä kuorma-autoliikennettä harjoittavat mm. kauppa-, teollisuus- ja rakennusyritykset. Vuonna 2010 kuorma-autoista oli rekisteröity yksityiseen liikenteeseen 67 % ja ammattimaiseen liikenteeseen 33 %. Ammattimaisen liikenteen kalusto vastasi kuitenkin noin 91 %:sta kuljetussuoritteesta. Yksityisessä liikenteessä saadaan tavallisesti kuljettaa vain omaa tavaraa korvauksetta. Tavaroiden kuljettamiseen ajoneuvolla korvausta vastaan tarvitaan yleensä *liikennelupa*.

Ammattimainen liikenne on perinteisesti jaettu tavaralinjaliikenteeseen ja tilausliikenteeseen. *Tavaralinjaliikenne* on aikataulujen mukaan maanteitse eri paikkakuntien välillä tapahtuvaa tavaraliikennettä. *Tilausliikenteessä* kuljetuksen suorittaja ja asiakas tekevät keskenään kuljetussopimuksen tietyn kuljetustehtävän suorittamisesta joko määräajaksi tai toistaiseksi.

Suomessa kuljetusyritysten keskimääräinen koko on pieni ja omistajakuljettajat ajavat valtaosaa autoista. Kuljetusyritykset kuuluvat joko tiettyyn markkinointiorganisaatioon tai markkinoivat palvelujaan suoraan. Markkinointiorganisaatioita ja kuljetuksia välittäviä yrityksiä ovat esim. tavaralinjayhtymät, huolintaliikkeet ja KTK-yritykset.

Tavaralinjayhtymät ovat pääasiassa isojen linjaliikennettä harjoittavien kuljetusyritysten omistamia markkinointiyhtiöitä. Tavaralinjayhtymät tarjoavat alueellisten tavara-asemien hoitamina paikallista keräily- ja jakelukuljetusta, terminaalitoimintaa ja varastointipalveluja. Terminaalien välisen linjaliikenteen hoitavat omistaja- tai alihankkijayritykset. Linjaliikenteen verkosto ulottuu lähes kaikkialle Suomeen tavara-asemien ja kuljetusliikkeiden omien pienterminaalien välityksellä. Suomen suurimmat tavaralinjayhtymät ovat Kaukokiito, Kiitolinja ja VR Transpoint.

Huolintaliikkeet (esim. John Nurminen Oy) toimivat kuljetuspalveluiden välittäjinä osana palveluaan, jonka muut alueet ovat huolinta- ja varastopalvelut. Huolinnan tehtävänä on hoitaa kaikki kuljetuksen vaatimat asiakirjat asianmukaisella tavalla (esim. tullausasiakirjat).

KTK-yritykset (Kuorma-autojen Tilauskeskus) ovat yleensä omistajakuljettajien omistamia, paikallisesti toimivia markkinointiorganisaatioita. KTK-yritys hoitaa keskitetysti markkinoinnin ja kuljetussopimukset. Toimialajärjestönä toimii Kuljetuskeskusten Liitto r.y. (KKL), johon kuuluu 47 KTK-yritystä (2010).

9.5 Rautatiekuljetukset

9.5.1 Kuljetusten määrä

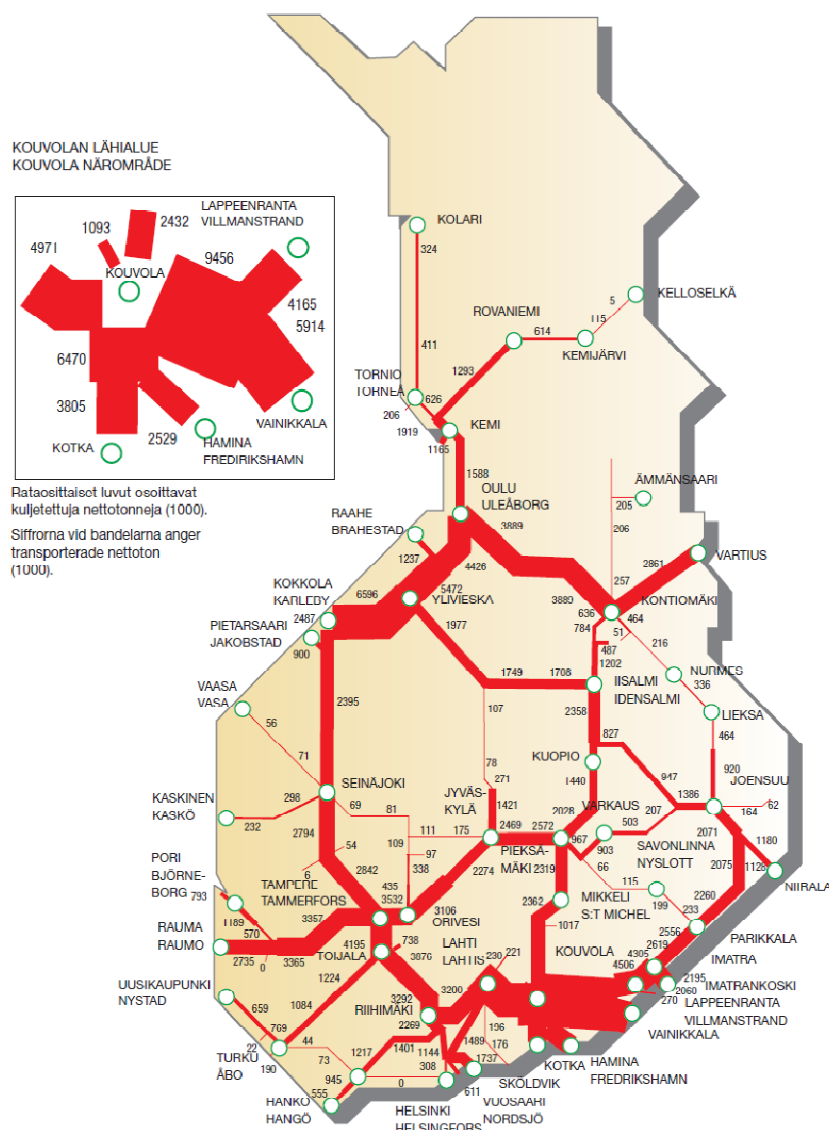
Rautatieliikenteellä on tärkeä rooli Suomen kuljetusjärjestelmässä. Vuonna 2010 rautateiden tavaraliikenteen suorite oli yhteensä 9,8 mrd. tkm, josta 2,8 mrd. tkm kansainvälisessä liikenteessä Suomen rajojen sisällä. Kuljetettu kokonaistavaramäärä oli 35,8 milj. tonnia, josta 12,5 milj. tonnia kansainvälisessä liikenteessä Suomen rajojen sisällä. Transitotavaraa kuljetettiin rautateitse noin 4,8 milj. t. Rautatieliikenteen osuus kotimaan tonnikilometreistä oli noin 24 % ja tonneista 8 %. Rautateiden tavaraliikenteen markkinaosuus on Suomessa eurooppalaisittain korkea, sillä EU-maissa keskimääräinen markkinaosuus on noin 16 %.

Rautateiden tavaraliikenne toimii vahvojen tavaravirtojen peruskuljettajana. Suurin osa rautateillä vuonna 2010 kuljetetuista tonneista muodostui puusta ja puuteoksista (38 %).

Seuraavaksi eniten junalla kuljettiin kivennäistuotteita (21 %) ja paperiteollisuustuotteita (20 %). Neljänneksi suurin tavararyhmä oli kemian teollisuuden tuotteet (13 %). Kansainvälisestä liikenteestä suurin osa Suomen ja Venäjän kahdenvälistä liikennettä tai transitoliikennettä Suomen kautta muihin maihin. Valtaosa siitä on raakapuuta ja muita teollisuuden tarvitsemia raaka-aineita. Rautateiden tavaraliikenteen kuljetusvirrat käyvät ilmi kuvasta 9-7.

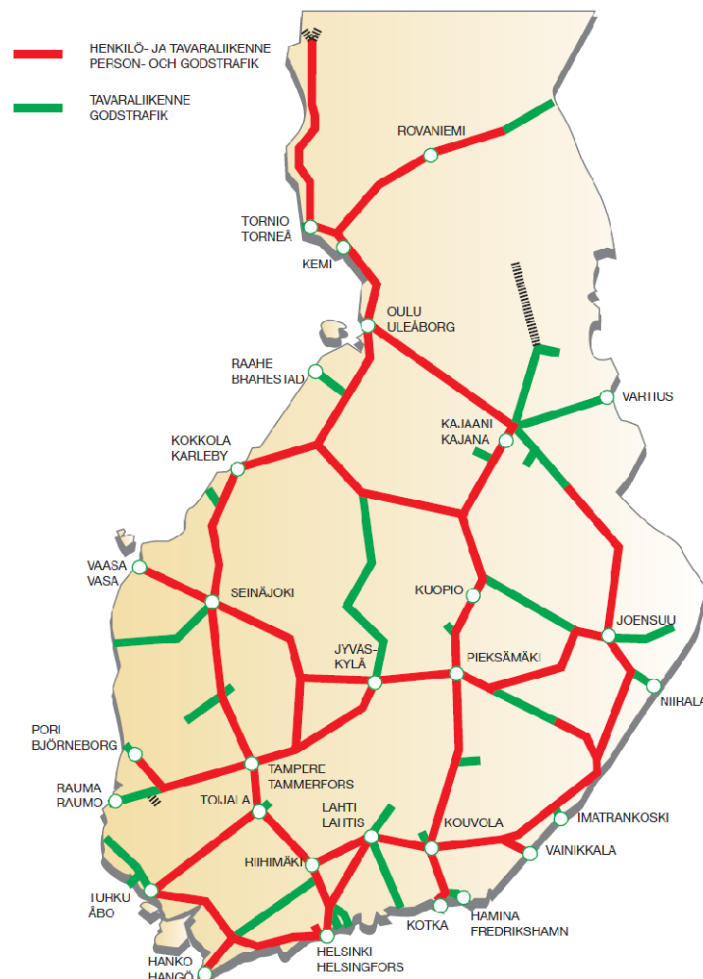
9.5.2 Rautatieyhtykset, rataverkko ja kalusto

Rautatieliikenteen harjoittamista varten tarvitaan *toimilupa*. Kuten muuallakin EU:ssa myös Suomessa rautatieliikennettä on avattu kilpailulle. VR Osakeyhtiöllä on yksinoikeus harjoittaa rautatieliikennettä Suomen rataverkolla kotimaan henkilöliikenteessä sekä Suomen ja Venäjän välisessä rautatieyhdyliikenteessä. Euroopan talousalueeseen kuuluvien valtioiden välistä kansainvälistä rautatieliikennettä sekä kotimaan tavaraliikennettä voivat jatkossa harjoittaa myös muut ETA-alueella toimiluvan saaneet rautatieyhtykset.



VR Osakeyhtiön kuljetustoiminta painottuu tavaraliikenteessä raskaisiin, pitkämatkaisiin teollisuuskuljetuksiin ja kansainvälisiin kuljetuksiin. VR:n tavaraliikenteen toiminnot yhdistyivät 1.11.2010 sekä rautatie- että tiekuljetuksia niin kotimaassa kuin ulkomailla hoitavaksi VR Transpointiksi. VR kilpailee näin myös pienistä lyhytmatkaisista tavarankuljetuksista. Pitkillä matkoilla ovat yleistyneet myös ns. *yhdistetyt kuljetukset*, joissa kuorma-autot tai perävaunut kuljetetaan lastattuina junassa kuljetusmatkan runko-osuudella. Kahdesta tai useammasta kuljetustavasta muodostuvien kuljetusketjujen käyttö on kansainvälisissä kuljetuksissa hyvin yleistä, koska suurin osa ulkomaankaupan kuljetuksista tapahtuu meritse. Suomen sisäisissä kuljetuksissa kuljetusketjuja käytetään vain vähän, lähinnä raakapuun kuljetuksissa. Yksiköinnin (kontit, trailerit, vaihtolavat, jne.) ja yhdistettyjen kuljetusten etuna on, että itse tavaraa ei tarvitse käsitellä ja yksiköt siirtyvät nopeasti kuljetusvälineestä toiseen. VR:llä yhdistettyjä kuljetuksia on molempiin suuntiin öisin Oulun ja Helsingin sekä Kemin ja Helsingin välillä.

Suomessa rataverkko on henkilö- ja tavaraliikenteen yhteiskäytössä (kuva 9-8). Rataverkko on harva, mutta se peittää hyvin Suomen yritystoiminnan painopistealueet. Rataverkon pituus oli vuoden 2010 lopussa 5 919 km. Rautatieliikennepaikkoja oli yhteensä 350, joista 108 henkilöliikenteessä, 153 tavaraliikenteessä ja 89 yhteisiä.



Kuva 9-8. Suomen rataverkon liikennöinti (Liikennevirasto 2011d).

Sallitut akselipainot ja ajonopeudet vaihtelevat rataosuuksittain. Suurimmalla osalla rataverkkoa sallitaan 22,5 tonnin akselipaino, paikoin jo 25 t. Suurin sallittu nopeus henkilöjunille on 220 km/h ja tavarajunille 120 km/h. Junan akselipainosta johtuvat sallitut nopeudet vaihtelevat rataosuuksittain. Suurimman rataosuudella käytettävän junapituuden tulee olla sellainen, että juna voi käyttää myös liikennepaikkojen sivuraiteita. Rataosuuksien mitoituksessa käytetään nykyisin vähintään 725 metrin junapituutta.

Rautatieliikenteen vaunukuormakuljetuksia Suomesta Länsi-Eurooppaan on nykyisin vain Tornion kautta. Myöskään junalauttaliikennettä ei enää ole. Suomen rautateiden raideleveys 1 524 mm on sama kuin Venäjällä ja leveämpi kuin Länsi-Euroopan 1 435 mm. Raideleveyden eron vuoksi on tavara läntisissä rautatiekuljetuksissa rajalla kuormattava uudelleen tai käytettävä erikoiskalustoa, jolle tehdään rajalla telinvaihto. Suomen ja Ruotsin välisellä rajalla on myös käytössä akselinlevennyslaitteisto.

VR:llä oli vuonna 2010 yhteensä noin 10 500 tavaravaunua. Vaunukalustoon kuuluu katettuja vaunuja, avonaisia vaunuja, säiliövaunuja ja muutamia erikoiskuljetuksissa käytettäviä vaunuja. VR:n tavaravaunujen kantavuus oli yhteensä noin 490 000 t. Lisäksi käytössä on seitsemisenkymmentä asiakkaiden omistamaa vaunua. VR:n vaunukalustoa kehitetään asiakastarpeiden pohjalta. Esimerkiksi yhdistettyjen kuljetusten ajoneuvokuljetuksiin on tullut vaunuja, jotka aiempaa matalamman rakenteensa ansiosta soveltuvat erityisesti 4,2 metriä korkeiden yhdistelmien kuljetuksiin. Kaikki uudet VR:n vaunut varustetaan 25 tonnin akselipainon mukaisilla teleillä. Mitä raskaampi kuljetus, sitä selkeämmin juna tarjoaa etuja taloudellisuudessa. Idänliikenteessä käytetään pääasiallisesti IVY-maiden rautatievaunuja.

9.6 Vesikuljetukset

9.6.1 Kuljetusten määrä

Vesiliikenteen merkitys kotimaan tavaraliikenteessä on varsin vähäinen. Vuonna 2010 vesiliikenteen osuus kotimaan tavaraliikenteen tonneista oli noin 3 % ja kuljetussuoritteesta vajaat 10 %. Kotimaan vesiliikenteessä kuljetettu tavaramäärä oli 13,2 milj. tonnia ja kuljetussuorite 3,9 mrd. tonnikipometriä. Kotimaan sisävesiliikenteessä tavarankuljetukset muodostuvat puun uitosta ja alusliikenteestä, rannikkoliikenteessä alusliikenteestä ja ruoppausmassoista. Alusliikenteestä suurin osa on öljytuotteiden kuljetuksia.

Suomen ulkomaankaupassa meriliikenteen merkitys on suuri. Vuonna 2010 ulkomaankaupan tonneista 82 % kulki meritse. Tuonnissa meriliikenteen osuus oli 78 % ja viennissä peräti 88 %. Suomen ja ulkomaiden välillä kuljetettiin vuonna 2010 meritse tavaroita 84,5 milj. tonnia, josta tuonnin osuus oli 56 %. Suomen ja ulkomaiden väliset merikuljetukset keskittyvät suurelta osin Itämeren ja Pohjanmeren alueelle. Meritransitokuljetuksia eli kansainvälistä kauttakulkuliikennettä oli vuonna 2010 7,4 milj. tonnia, josta tuonnin osuus oli

28 %. Suurin osa transitoliikenteestä on Venäjän vientiä ja tuontia. Transitoliikenne on keskittynyt muutamiin satamiin, joiden tavaraliikenteelle sillä on huomattava merkitys. Vuonna 2010 ulkomaankaupan kuljetuksia sisävesitse oli 0,7 milj. t.

Ulkomaan meriliikenteessä suurimmat tavararyhmät tuonnin osalta ovat raakaöljy ja öljytuotteet, kuiva irtolasti sekä kappaletavara ja metallit. Viennissä suurimmat tavararyhmät ovat puujalosteet, öljytuotteet ja kemikaalit ja kappaletavara ja metallit.

9.6.2 Kalusto

Vuonna 2010 Suomen kauppalaivastoon kuului 670 alusta, joiden bruttovetoisuus oli yhteensä 1,5 miljoonaa. Suomalaisilla varustamoilla on lisäksi ulkomaille rekisteröityjä aluksia, joiden bruttovetoisuus on suurempi kuin varsinaisen kauppalaivaston. Vuonna 2010 vain 31 % Suomen ja ulkomaiden välisestä meritse tapahtuneesta tavaraliikenteestä tehtiin suomalaisilla aluksilla.

Säiliöalukset

Säiliöaluksia käytetään nestemäisten tuotteiden, kuten raakaöljyn, kuljettamiseen. Niissä lastiruumat ovat umpinaisia säiliöitä, joista lastin siirto tapahtuu pumpuilla putkistoa pitkin. Kaksirunkoisia säiliölaivoja suositaan ympäristösyistä. Kemikaalien kuljettamiseen on suunniteltu erikoissäiliöaluksia.

Kuivalastialukset

Irtolastialukset on tarkoitettu kuljettamaan mm. malmia, hiiltä, viljaa, lannoitteita jne. Nämä alukset ovat yleensä yksikantisia, ts. lastitiloissa ei ole välikansia. Irtolastialuksissa on tapahtunut erikoistumista, esim. malminkuljetusalukset. Alukset ovat viime vuosina kasvaneet kuljetuskapasiteetiltaan.

Yksikkötavara-alukset kuljettavat suuriksi käsittely-yksiköiksi lauttavaunuille tai suurlavoille yhdisteltyä kappaletavaraa, kontteja, rekkoja, perävaunuja ym.

Kappaletavara-alukset sisältävät kooltaan ja muodoltaan epäyhtenäistä tai pienehköissä käsittely-yksiköissä kuten palleilla (= kuormalava 1,2 m × 1,0 m), häkeissä, tynnyreissä tai säkkeinä käsiteltävää tavaraa.

Kuivalastialukset voidaan jakaa *lastinkäsittelyn* perusteella seuraaviin alustyyppeihin:

- lolo-alukset (lift on-lift off), lastaus ja purkaus tapahtuvat nostureilla
- roro-alukset (roll on-roll off), lasti kuljetetaan alukseen ja aluksesta pyörillä kulkevilla siirtokoneilla
- yhdistetyt lolo ja roro-alukset

- storo-alukset (stowable roll on-roll off), lasti viedään alustoilla laivan ruumaan, mutta ahdetaan paikalleen trukeilla, ja tyhjät alustat viedään takaisin varastoon.

Kontti (container) on muodoltaan suorakulmainen, koneellisesti käsiteltävä ja sään kestävä kuljetusväline. Se on erityisesti suunniteltu tavarankuljettamiseksi yhdellä tai useammalla kuljetustavalla ilman sisällön uudelleen käsittelyä. Ns. *konttialuksissa* on lastiruumassa solukko, johon kontit asetetaan. Konttialusten lastinkäsittely voi perustua lolo- tai roro-menettelyyn. Konttialusten kapasiteetti ilmoitetaan yleensä 20 jalan konttien (TEU = Twenty-Foot Equivalent Units) mukaan.

Suomen kannalta tärkeässä viennissä (metsäteollisuustuotteet, metalli- ja konepajateollisuustuotteet) on alusliikenne monimuotoista. Suuri osa kuljetuksista hoidetaan ulkolaisella *pientonnistolla*. Alukset ovat lolo- ja roro-aluksia.

Matkustaja-alukset ja -autolautat

Yksinomaan *matkustajaliikenteeseen tarkoitettuja aluksia* on säännöllisessä linjaliikenteessä nykyään hyvin vähän. Linjaliikennealukset kuljettavat tavallisesti matkustajien lisäksi myös rahtia. Tyypillisimpiä tällaisia aluksia ovat *matkustaja-autolautat*, joilla on huomattava kapasiteetti kuljettaa henkilöautoja, rekkoja tai perävaunuja. Viime vuosina ovat yleistyneet ns. *Ropax-alukset*, jotka ovat pääasiassa rahdin kuljettamiseen tarkoitettuja roro-aluksia, mutta niissä on myös tilat huomattavalle matkustajamäärälle.

Proomut

Proomuja kuljetetaan vetämällä niitä hinaajalla tai puskemalla proomun perään kytketyllä puskijalla. Moottoriproomu on omalla kulkukoneistolla varustettu proomu. Proomuissa erotetaan lastitilan perusteella ruumaproomut, säiliöproomut ja kansiproomut.

Proomuemälaivajärjestelmä on integroituun ovelta ovelle lastiin koskematta -periaatteeseen ja keskitetysti suurilla aluksilla tapahtuvaan merikuljetukseen perustuva vesiliikennejärjestelmä. Proomut voidaan nostaa emälaivoissa hissillä eri kansille tai uittaa laivaan. Proomuemälaivajärjestelmässä voidaan saavuttaa erittäin suuria lastinkäsittelytehoja.

Jäänmurtajat

Jäänmurtajatoiminnalla mahdollistetaan ympärivuotiset säännölliset merikuljetukset. Suomessa liikennevirasto turvaa talvimerenkulun ensisijaisesti ns. talvisatamiin (23 kpl). Arctia Shipping Oy:n jäänmurtajalaivastoon kuuluu 8 jäänmurtajaa. Uusimmat jäänmurtajat ovat tyypiltään monitoimijäänmurtajia, jotka toimivat jäänmurtokauden ulkopuolella off-shore tehtävissä mm. Pohjanmeren öljykentillä. Myös Saimaan väyliä pidetään auki lähes ympärivuotisesti.

Aluksen *kokoa* ilmaisevia mittoja ovat:

- *oma paino* (t), jolla tarkoitetaan rungon, kansirakennelmien, koneiden, varustuksen sekä putkistoissa olevien polttoaineiden ja veden yhteenlaskettua painoa
- *kuollut paino* eli *kantavuus* (dwt, dead weight ton) on aluksen kantokyky painotonneina ja se ilmoittaa suurimman lastin, jonka laiva voi ottaa, mukaan lukien polttoaine, makeavesivarastot, miehistö ja elintarvikkeet
- *uppouma* on aluksen oman painon ja kantavuuden summa eli kokonaispaino lasteineen
- *vetoisuus*, jota mitataan laaduttomalla suhdelukyksiköllä
bruttovetoisuus on aluksen suljettujen osien tilavuus
nettovetoisuus on aluksen hyötytilavuus eli lasti- ja matkustajatilojen tilavuus.

9.6.3 Vesiväylät ja satamat

Vuonna 2010 Suomen *rannikkoväylien* yhteenlaskettu pituus oli 10 073 km. Syvimmät väylät johtavat Kotkan Mussaloon, Porvoon Kilpilahden öljysatamaan, Porin Tahkoluodon syväsatamaan ja Naantaliin (15,3 m) sekä Inkooseen, Hankoon ja Kokkolaan. Vuonna 2010 merkittyjen *sisävesiväylien* yhteenlaskettu pituus oli 9 747 km. Syvimmät sallitut kulkusyvytydet sisävesillä ovat 4,35 m. Liikenteellisesti tärkeimmät sisävesiväylät ovat Saimaan kanava ja siihen liittyvä syväväyläverkko. Saimaan kanavan pituus on 43 km, ja kanava on porrastettu kahdeksalla sululla. Sisävesien väylästäön kuuluu Saimaan kanavan lisäksi 31 merenkululaitoksen hoidossa olevaa erillistä *sulkukanavaa*.

Satamat voivat olla yleisiä tai yksityisiä. Kaikki Suomen yleiset satamat ovat kunnallisia. Yksityiset satamat ovat tiettyä teollisuuslaitosta tai yritystä palvelevia teollisuussatamia. Vuonna 2010 Suomessa oli yhteensä 40 kauppaja teollisuussatamaa, joiden liikenne ylitti 100 000 tonnia vuodessa. Satamista 35 sijaitsee rannikolla ja 5 Saimaan vesistöalueella. Kuljetukset ovat keskittyneet suurimpiin satamiin. Ulkomaan merikuljetuksissa suurin kokonaisliikenne on Kilpilahdessa ja seuraavina ovat Helsinki, Kotka, Naantali ja Kokkola.

9.6.4 Kauppamerenkulun toimintamuodot

Kauppamerenkulun toimintamuotoja ovat:

- linjaliikenne
- hakurahtiliikenne
- sopimusliikenne.

Linjaliikenteessä alukset kulkevat määrättyllä reitillä tietyn aikataulun mukaan ja poikkeavat vain ennalta ilmoitettuihin satamiin. Linjaliikennealuksen lastitila on kaikkien lastinantajien käytössä. Linjaliikenteessä rahdit ovat etukäteen tiedossa.

Hakurahti- eli tramppliikenne voidaan määritellä tavaroiden kuljettamiseksi satunnaisten satamien välillä vailla säännömukaista aikataulua. Rahti määräytyy vapaasti kysynnän ja tarjonnan mukaan.

Sopimusliikenne on säännöllisen linjaliikenteen ja hakurahtiliikenteen välimuoto.

9.7 Ilmaliikenne

9.7.1 Kuljetusten määrä

Ilmaliikenteen merkitys Suomen tavaraliikenteessä on hyvin vähäinen. Vuonna 2010 kotimaan tavaraliikennettä oli 5 900 t, ja siitä noin 67 % oli postia. Kansainvälistä tavaraliikennettä oli noin 162 000 t, siitä postin osuus oli 5 %.

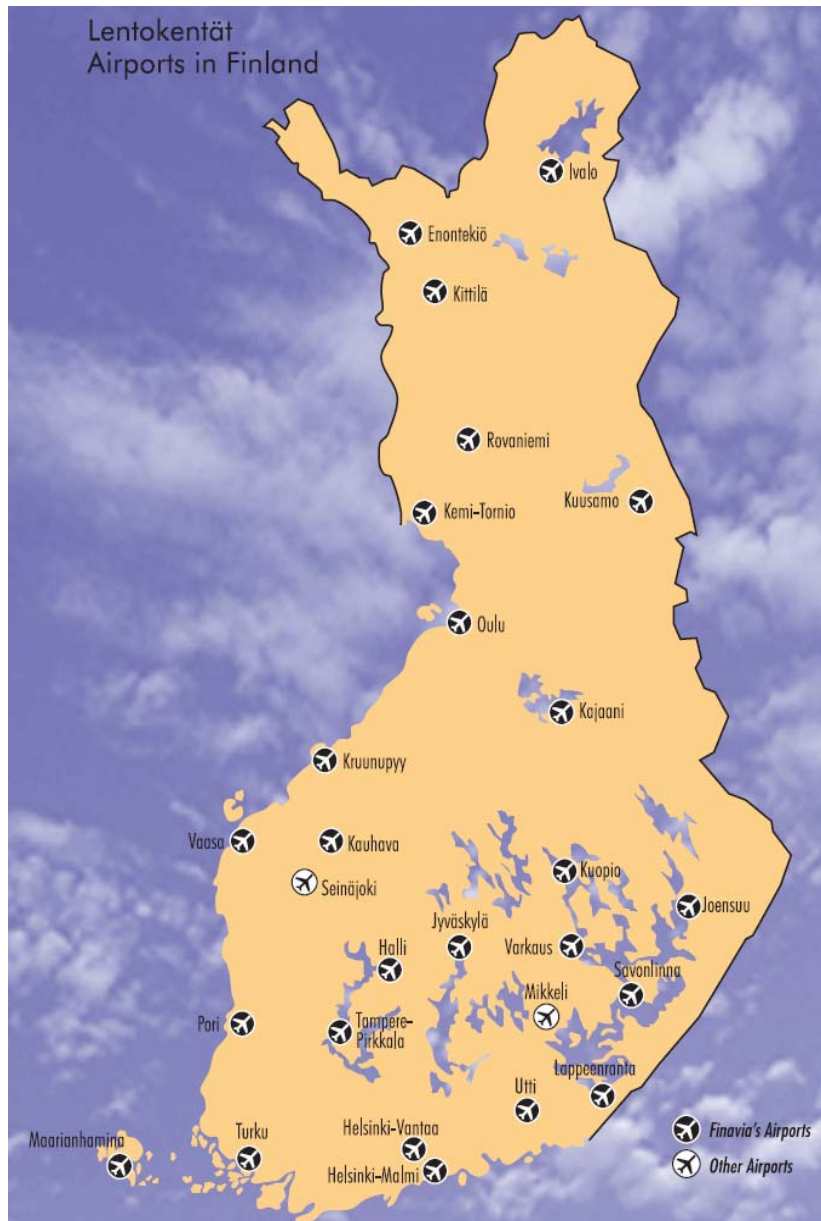
Lentorahti on tärkeä osa globaalin logistiikan kehitystä. Lentorahdin ylivoimaisuus tulee sen nopeudesta. Monet tavararyhmät, kuten kokoonpanoteollisuuden komponentit, voidaan tuoda lentorahtina pitkienkin matkojen päästä juuri oikeaan tarpeeseen. Lentorahti sopii myös kokoonsa tai massaansa nähden arvokkaiden tuotteiden ja helposti pilaantuvien tai vanhenevien tuotteiden kuljettamiseen. Lentorahti on Suomessa ennen kaikkea ulkomaankaupan kuljetusmuoto ja sen merkitys tulee näkyviin rahdin arvoa tarkasteltaessa. Suomen ulkomaankaupan arvosta lentoliikenteen osuus oli vuonna 2010 noin 8 %.

9.7.2 Kalusto, lentoasemat ja yritykset

Suomessa oli vuonna 2010 yhteensä 94 liikennelentokonetta. Suurin osa lentorahdistä kulkee matkustajakoneiden ruumissa ja loput varsinaisilla lentorahtikoneilla. Lentorahtikoneet ovat samoja konemalleja kuin matkustajakoneetkin, mutta niiden yläruumasta on poistettu penkit. Rahtikoneen yläruuman lattia on tasainen ja siinä on yleensä rullat konttien ja pallettien siirtämistä varten.

Lentorahtipalveluja tarjoavat sekä perinteiset *lehtoyhtiöt* että erilliset *pikarahtiyrietykset*. Useat lentoyhtiöt ovat erottaneet lehtorahtitoimintonsa omiksi yksiköikseen eli ns. lentorahtiyhtiöiksi. Pikarahtiyrietykset ovat tyypillisiä ovelta ovelle pienlähetysten toimittajia.

Suomessa on 27 lentoasemaa, joista 25 on Finavia Oy:n hallinnassa (*kuva 9-9*). Muita lentopaikkoja on yli 50.



Kuva 9-9. Suomen lentoasemat (Ilmailulaitos 2007).

10 LIIKENTEEN VAIKUTUKSET

10.1 Turvallisuusvaikutukset

10.1.1 Liikenneturvallisuustilanne

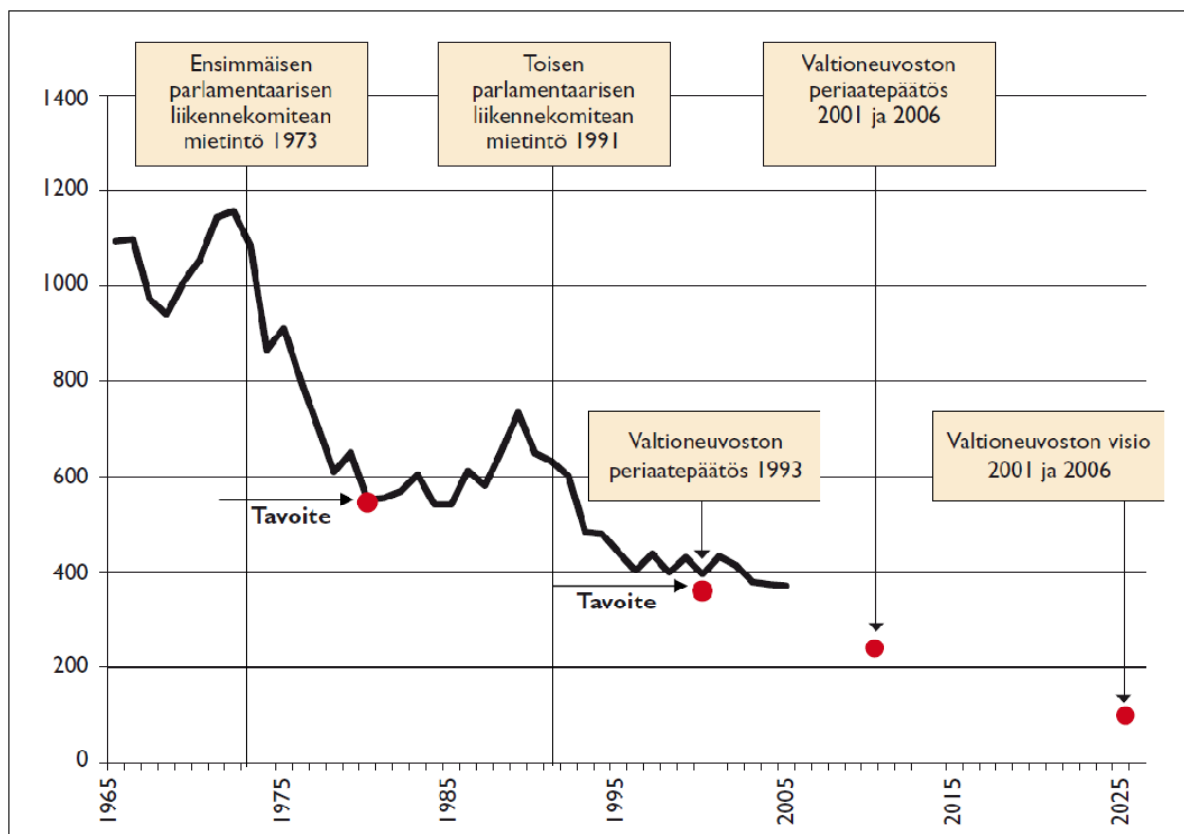
Suomessa tapahtuu vuosittain noin 100 000 liikenneonnettomuutta, joissa kuolee noin 400 ja loukkaantuu alle 10 000 ihmistä. Maailmassa jo pelkästään tieliikenteessä kuolee joka vuosi noin 1,3 miljoonaa ja loukkaantuu noin 50 miljoonaa ihmistä. Liikenneonnettomuudet ovatkin nykyisin merkittävä terveysongelma. Liikenneonnettomuus on Suomessa 20–45-vuotiaiden yleisin kuoleman tai vammautumisen syy. Inhimillisen kärsimyksen lisäksi liikenneonnettomuudet aiheuttavat myös suuria taloudellisia menetyksiä yhteiskunnalle.

Heikoimmillaan liikenneturvallisuus oli maassamme 1970-luvun alkuvuosina, kun mm. auto-kannan nopea kasvu ja polttonesteiden suhteellinen halpeneminen olivat johtaneet liikennesuorituksen nopeaan kasvuun. Vuonna 1972 tieliikenteessä kuoli peräti 1 156 ihmistä. Tällöin myös päättäjät havaitsivat liikenneturvallisuustilanteen huolestuttavan kehityksen. Vuonna 1973 asetettiin ensimmäinen parlamentaarinen liikennekomitea, joka asetti tavoitteeksi liikenneonnettomuuksissa kuolleiden ja loukkaantuneiden määrän vähentämisen puoleen vuoden 1980 alkuun mennessä (*kuvaa 10-1*). Samana vuonna perustettiin myös mm. Liikenneturva.

1970-luvulla toteutettiin monia liikenneturvallisuuden parantamiseen tähtääviä toimenpiteitä. Liikenneympäristön parantaminen (esimerkiksi kevyen liikenteen väylät), nopeusrajoitusten käyttöönotto, ajovalojen käyttöpakko, turvavöiden käyttöpakko, promillelaki, moottoripyörien kypäräpakko, talvirengaspakko ja turvallisuusvalistuksen lisääminen tuottivat tulosta. 1980-luvun alussa tavoite kuolleiden määrän puolittamisesta oli saavutettu. Loukkaantuneiden suhteen tavoitetta ei myönteisestä kehityksestä huolimatta saavutettu.

Liikenneturvallisuus oli 1980-luvun alkupuolella varsin vakaa, mutta heikentyi hälyttävästi vuosikymmenen loppua kohti. Vuonna 1991 toinen parlamentaarinen liikennekomitea asetti mietinnössään tavoitteeksi liikenneturvallisuuden jatkuvan parantamisen siten, että erityisesti vakavat onnettomuudet vähenevät. Määräaikaiseksi 1990-luvun turvallisuustavoitteeksi komitea asetti tieliikennekuolemien määrän puolittamisen vuoden 1989 tasosta (734) vuoteen 2000 mennessä. Samalla myös loukkaantumis- ja onnettomuusriskiä oli alennettava.

1990-luvulla liikenneturvallisuustilanne parantui nopeasti vuoteen 1996 asti. Kehitykseen vaikutti paitsi suunnitelmallinen liikenneturvallisuustyö myös taloudellinen lama, jonka seurauksena liikenteen kasvu pysähtyi ja jatkui ennustettua hitaampana. Myönteinen kehitys kuitenkin pysähtyi 2000-luvulle tultaessa ja asetettu tieliikennekuolemien puolittamistavoite jäi saavuttamatta.



Kuva 10-1. Tieliikenteen turvallisuuteen liittyviä poliittisia päätöksiä, niissä asetettuja tavoitteita ja liikennekuolemien kehitys 1965–2006. (Ympäristöministeriö 2006).

Kansainvälisesti ajatellen Suomen liikenneturvallisuustilanne on viime vuosina ollut hyvää tasoa. Pohjoismaiden keskinäisessä vertailussa Suomi on hieman Ruotsia ja Norjaa heikommalla tasolla ja Tanskan kanssa samalla tasolla.

Valtioneuvosto on toteuttanut suunnitelmallista liikenneturvallisuustyötä periaatepäätöksillään vuosina 1993, 1997, 2001, 2006 ja 2012. Vuonna 1997 valtioneuvosto asetti tavoitteeksi tieliikenneturvallisuuden jatkuvan parantamisen siten, että vakavimmat henkilövahingot vähenevät yhtä nopeasti kuin 1990-luvulla ja että Suomessa lähennytään Ruotsin ja Norjan turvallisuustasoa. Tällöin määrälliseksi tavoitteeksi asetettiin, että tieliikennekuolemien vuotuisen määrän vuonna 2005 tulisi olla alle 250. Vuonna 2001 valtioneuvosto tarkisti tavoitetta siten, että liikennekuolemien määrän olisi oltava alle 250 vuonna 2010. Vuoden 2001 periaatepäätöksessä valtioneuvosto myös hyväksyi pitkän aikavälin liikenneturvallisuusvision, jonka tarkoituksena on antaa suuntaa toiminnalle ja ohjata yhteistyötä. Vision mukaan tieliikennejärjestelmä on suunniteltava siten, *ettei kenenkään tarvitse kuolla eikä loukkaantua vakavasti liikenteessä*. Pitkän aikavälin turvallisuustavoitteena on luoda edellytykset liikennejärjestelmän jatkuvalla kehittämiselle siten, että vuoden 2025 paikkeilla vuosittainen tieliikennekuolemien määrä on enintään 100. Vuonna 2006 valtioneuvosto vahvisti aikaisemmat tavoitteet (kuva 10-1). Tuoreimmassa vuoden 2012 valtioneuvoston periaatepäätöksessä

turvallisuustavoitteeksi asetettiin jatkuva liikenneturvallisuuden parantuminen siten, että tieliikennekuolemien määrä puolitetaan ja loukkaantumisten määrää vähennetään neljänneksellä vuoteen 2020 mennessä vuoden 2010 tasosta. Vuonna 2020 liikennekuolemia saisi siis olla enintään 136. Lähiajan tavoitteena on, että vuonna 2014 tieliikennekuolemia on enintään 218. Kuhunkin periaatepäätökseen on liittynyt myös lista toimenpide-ehdotuksia.

10.1.2 Onnettomuusriski ja riskistöt

Kun onnettomuustietoja kerätään säännöllisesti pitkän ajan kuluessa, voidaan niistä laskea keskiarvoja. *Onnettomuusmäärän odotusarvolla* tarkoitetaan sellaista tarkasteltavan kohteen keskimääräistä onnettomuuksien määrää aikayksikössä, jonka pitkän ajanjakson kuluessa voidaan odottaa tapahtuvan, kun liikennemäärä ja muut olosuhteet pysyvät ennallaan.

Koska olosuhteet käytännössä aina muuttuvat, onnettomuuksien odotusarvo ei ole vakio. Todellinen odotusarvo onkin aina tuntematon. Odotusarvoa voidaan kuitenkin yrittää arvioida vertaamalla tarkastelun kohteena olevaa yksikköä, esim. risteystä, muihin yksiköihin, joiden onnettomuudet riippuvat samoista seikoista kuin joiden uskotaan vaikuttavan kiinnostuksen kohteena olevaan odotusarvoon. Näin pyritään osoittamaan onnettomuuslukujen systemaattisia vaihteluja ja selvittämään, mikä niitä selittää. *Systemaattisella vaihtelulla* tarkoitetaan sitä, että jollakin yksiköllä on korkeampi tai alempi onnettomuuksien odotusarvo kuin muilla samanlaisilla yksiköillä. Onnettomuusluvuissa on myös *satunnaista vaihtelua* eli lyhyellä aikavälillä tapahtuvaa onnettomuuslukujen vaihtelua stabiilin keskiarvon ympärillä.

Onnettomuuksien odotusarvoon vaikuttaa kaksi tärkeää tekijää:

- Onnettomuuden tapahtumiselle alttiina olemisen määrä (*riskistö*) eli sellaisen toiminnan määrä, jossa onnettomuus saattaa tapahtua;
- Todennäköisyys onnettomuuden tapahtumiselle kyseisen altistumisen (toiminnan) yhteydessä (*onnettomuusriski*) eli riskistöön liittyvä vaarallisuuden aste.

Onnettomuuksien määrä on näiden tekijöiden tulo eli

$$\text{Onnettomuuksien odotusarvo} = \text{Riski} * \text{Riskistö},$$

siis

$$\text{Onnettomuusriski} = \text{Onnettomuuksien määrä} / \text{Riskistö}.$$

Eniten käytetty riskimitta on *onnettomuusaste*, jossa riskistönä on liikennesuorite:

$$\text{Onnettomuusaste} = \text{Onnettomuuksien määrä} / \text{Liikennesuorite}.$$

Riskistönä voi olla myös esim. liikenteessä vietetty aika, asukasluku, ajoneuvokanta, liikennemäärä jne. Riskistö tulee valita siten, että se kuvaa mahdollisimman hyvin tarkastelun

kohteena oleville onnettomuuksille alttiina olon määrää. Kun onnettomuuksien määrä suhteutetaan tiepituuteen, puhutaan *onnettomuustiheydestä*. Onnettomuustiheyden avulla voidaan esim. vertailla eri pituisten teiden onnettomuusmääriä.

$$\text{Onnettomuustiheys} = \text{Onnettomuuksien määrä} / \text{Tiejakson pituus.}$$

Riskitekijöitä ovat sellaiset asiat, jotka lisäävät onnettomuuden todennäköisyyttä tietyssä toiminnassa. Esimerkiksi noin 30 % onnettomuuksista tapahtuu pimeässä tai hämärässä. Liikennesuoritteesta ajetaan kuitenkin vain 20 % tällaisissa olosuhteissa. Siksi pimeys ja hämäryys ovat riskitekijöitä. Onnettomuudet ovat siis todennäköisempiä pimeässä kuin valoisassa.

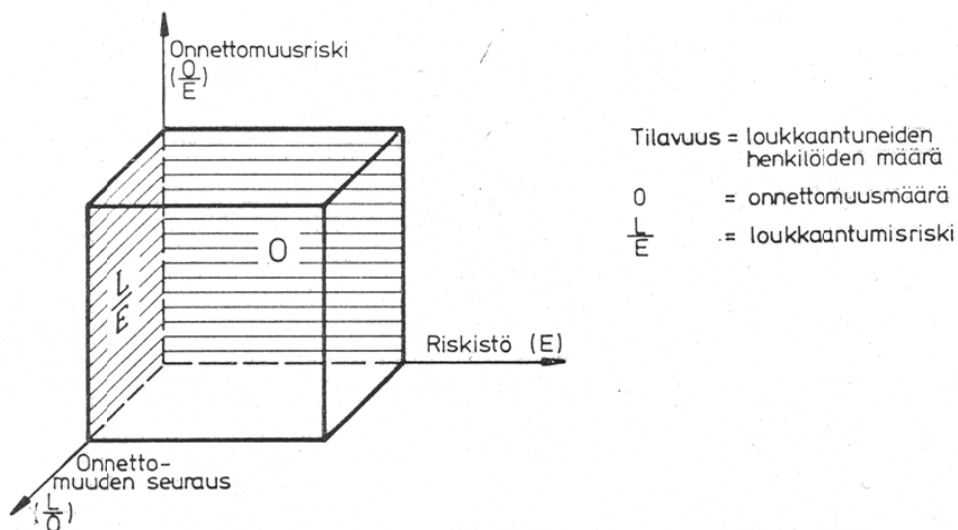
Onnettomuuksien seurausten määrää arvioitaessa riskikäsitettä on laajennettava siten, että onnettomuuksien seuraukset voivat myös sisältyä siihen. Tällöin esim.

$$\text{Loukkaantumisriski} = \text{Onnettomuusriski} * \text{Loukkaantuneet/onnettomuus.}$$

Tämän riskikäsitteen mukaisesti saadaan liikenteessä loukkaantuneiden henkilöiden määrä seuraavasti:

$$\text{Loukkaantuneiden määrä} = \text{Riskistö} * \text{Riski} * \text{Loukkaantuneet/onnettomuus.}$$

Asiaa on havainnollistettu kuvassa 10-2, jossa kuution tilavuus ilmaisee loukkaantuneiden henkilöiden lukumäärää. Kuution takimmaisena tahkon pinta-ala puolestaan ilmaisee onnettomuuksien lukumäärää ja sivutahkon pinta-ala loukkaantumisriskiä. Kuvion avulla voidaan helposti arvioida liikenneturvallisuustilannetta ja sen parantamistapoja.



Kuva 10-2. Liikenneturvallisuustilanteen kuvaus (Salusjärvi 1981).

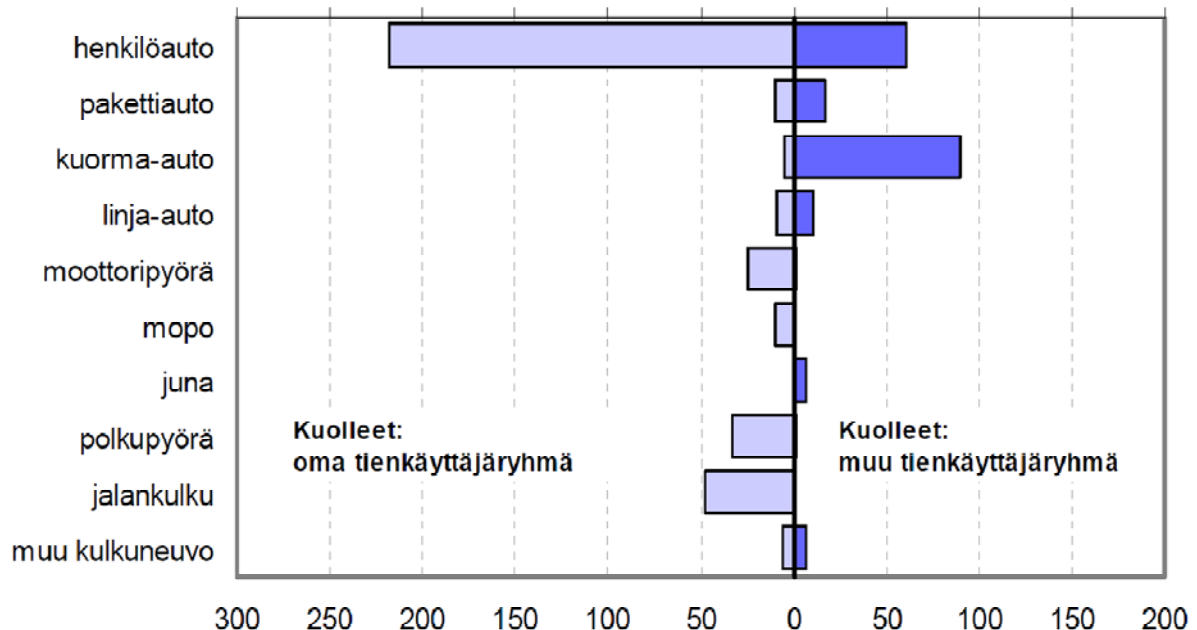
15.1.3 Eri liikennemuotojen turvallisuus

Omat ja ulkopuoliset uhrin

Eri liikennemuotojen uhrin voidaan jakaa omiin ja ulkopuolisiin uhreihin. *Omilla uhreilla* tarkoitetaan kunkin liikennemuodon matkustajana liikenneonnettomuuden uhriksi joutuneita. *Ulkopuolisilla uhreilla* tarkoitetaan onnettomuudessa muille tienkäyttäjille aiheutuneita vahinkoja.

Liikennemuodon käyttäjän kannalta olennaisinta on se, kuinka turvallista on matkustajana siirtyä paikasta toiseen (*nettoperiaate*). Yhteiskunnan kannalta puolestaan on tärkeää tarkastella liikennemuodon kaikkia uhreja ottamalla huomioon myös ulkopuoliset uhrin (*bruttoperiaate*).

Kuvasta 10-3 nähdään, että onnettomuuksissa, joissa on osallisena juna, kuorma-auto tai pakettiauto, kuolee suhteessa enemmän vastapuolen osapuolia. Kevyen liikenteen (ja moottoripyörien) onnettomuuksissa uhri puolestaan on yleensä kevyen liikenteen osapuoli itse. Yleensä raskaassa ajoneuvossa oleva osapuoli selviää onnettomuudesta hengissä paremmin kuin kevyempi osapuoli. Kuvassa linja-auto-onnettomuuksien luvut ovat tarkastelujaksolla poikkeukselliset Konginkankaalla tapahtuneen suuronnettomuuden vuoksi.

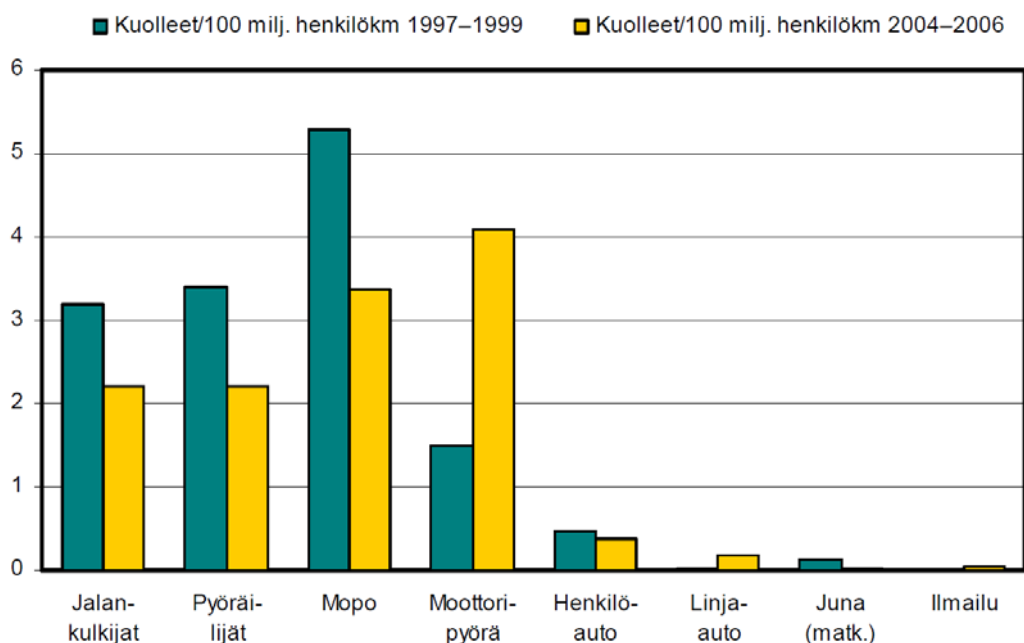


Kuva 10-3. Tieliikenteen vuosittaiset kuolemantapaukset vuosien 2004–2006 onnettomuuksissa, joissa oli mukana vähintään yksi tietynlainen osapuoli (Peltola ja Aittoniemi 2008).

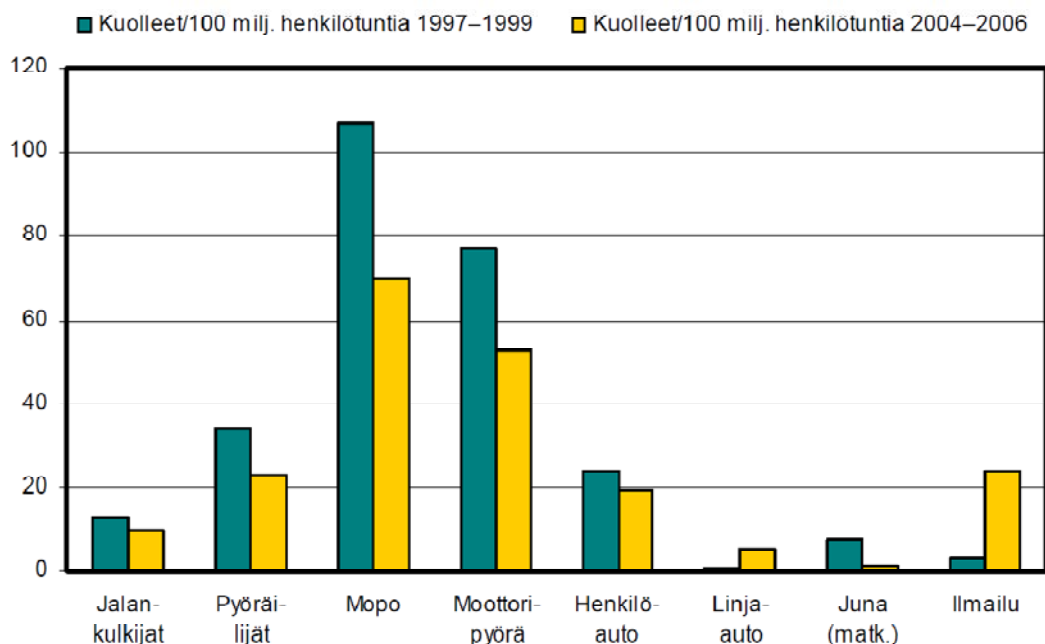
Suhteelliset onnettomuusluvut

Liikennemuotojen välisissä vertailuissa voidaan käyttää riskimittana kuolleiden määrää

henkilökilometriä tai henkilötuntia kohti. *Kuvissa 10-4 ja 10-5 on esitetty eri liikennemuotojen onnettomuuksissa kuolleiden määrä em. suoritteisiin suhteutettuna. Loukkaantuneiden määrää on vaikeampi vertailla, sillä loukkaantumisten määritelmässä ja tilastoinnissa on eroja. Onnettomuuksien vakavuutta vertaillaan yleensä suhdeluvulla kuolleiden määrä/onnettomuuksien määrä.*



Kuva 10-4. Eri liikennemuodoissa kuolleiden määrä sataa miljoonaa henkilökilometriä kohti eri ajanjaksoina (Peltola ja Aittoniemi 2008).



Kuva 10-5. Eri liikennemuodoissa kuolleiden määrä sataa miljoonaa henkilötuntia kohti eri ajanjaksoina (Peltola ja Aittoniemi 2008).

Kuvista nähdään, että henkilökilometriä kohti suhteutettuna moottoripyöräily ja kevyt liikenne

ovat turvattomimpia tieliikenteen kulkumuotoja. Aikaan suhteutettuna henkilöautolla liikkuminen on kuitenkin jopa vaarallisempaa kuin jalankulku tai yhtä vaarallista kuin polkupyöräily.

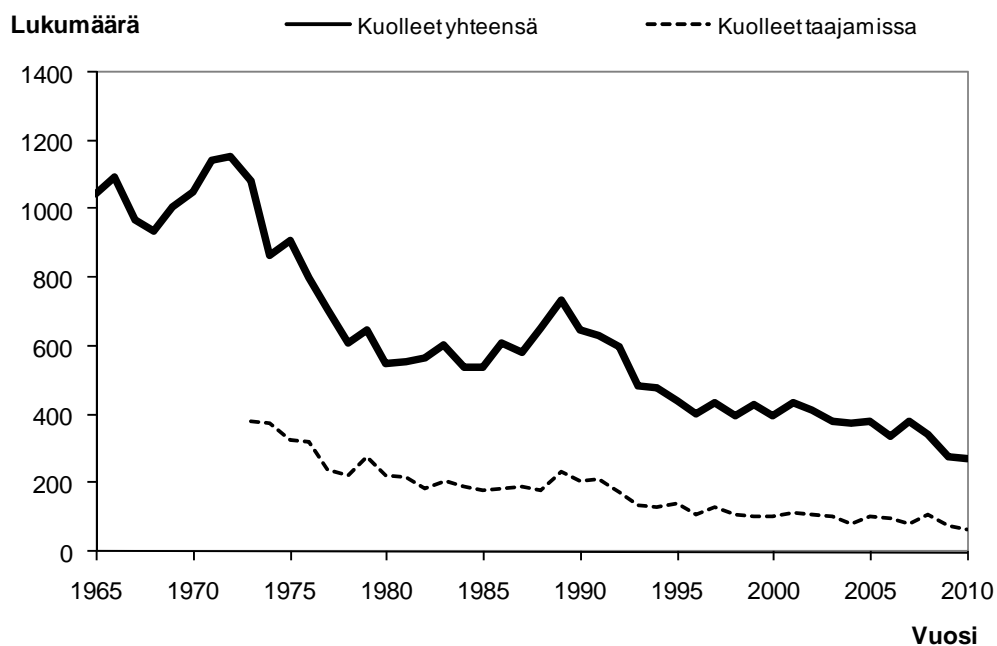
Joukkoliikennemuodot ovat nettoperiaatteella tarkasteltuna yksilöllisiä liikennemuotoja turvallisempia, sillä joukkoliikennevälineitä käyttäville aiheutuu suhteellisen vähän henkilövahinkoja. Kuten jo edellä mainittiin, onnettomuuksien muille osapuolille vahinkoja sattuu useammin liikennevälineiden suuren koon ja massan vuoksi. Joukkoliikenteen onnettomuusriski kasvaa myös, jos tarkastellaan ovelta ovelle -matkaa, sillä kävelymatkoilla pysäkeille tapahtuu paljon liukastumisia ja kulkuvälineisiin kiirehtivät matkustajat jäävät helposti ajoneuvojen alle.

Säännöllinen ja tilauslentoliikenne on henkilökilometriä kohti suhteutettuna matkustajan kannalta huomattavasti turvallisempaa kuin henkilöautoliikenne ja yhtä turvallista kuin linja-auto- ja junaliikenne. Pienkoneilla lentäminen on sen sijaan vaarallisempaa, joskin kuolemanriskin satunnaisvaihtelu on suuri pienten onnettomuusmäärien vuoksi.

Tieliikenteen turvallisuus

Autokanta ja liikennesuorite kasvoivat voimakkaasti koko 1980-luvun. 1990-luvun alun lama-vuosina kasvu pysähtyi hetkeksi, mutta jatkui jälleen laman taituttua.

Vuosina 2001–2010 tieliikenteessä kuoli keskimäärin 359 henkilöä vuosittain (kuva 10-3). 1990-luvun alussa kehitys oli turvallisuuden kannalta suotuisaa, sillä liikennekuolemien määrä vähentyi aina edellisvuodesta. Tämän jälkeen tilanne jatkui varsin vakaana aina vuoteen 2009 asti, jolloin kuolleiden määrässä päästiin alle 300:n.



Kuva 10-3. *Tieliikenneonnettomuuksissa kuolleet Suomessa vuosina 1966–2010 (Tilastokeskus ja Liikenneturva 2011).*

Vuosina 2001–2010 tieliikenneonnettomuuksissa kuoli keskimäärin 47 jalankulkijaa, 34 polkupyöräilijää ja 10 mopoilijaa vuosittain. Jalankulkijoiden ja polkupyöräilijöiden liikennekuolemien määrä on lähes puolittunut viimeisen kymmenen vuoden aikana. Tämä johtunee mm. parempien kevyen liikenteen väylien rakentamisesta ja kypärän käytön yleistymisestä pyöräiläisissä. Mopokuolemien määrä on sen sijaan pysytellyt lähes samalla tasolla viimeiset kymmenen vuotta ja saamaan aikaan loukkaantumiset ovat 2,5-kertaistuneet.

Rautatieliikenteen turvallisuus

Junassa matkustaminen on turvallista. Rautatieliikenteessä kuolee Suomessa vain muutama matkustaja vuosittain. Näistä onnettomuuksista suurin osa on junasta putoamisia tms. Esimerkiksi 1980-luvulla ei varsinaisissa junaonnettomuuksissa kuollut yhtään matkustajaa. 1990-luvulla tapahtui muutama vakava junaonnettomuus, vuonna 1996 Jokelassa (4 kuollutta, noin 50 loukkaantunutta) ja vuonna 1998 Jyväskylässä (10 kuollutta, noin 40 loukkaantunutta). 2000-luvulla ei varsinaisissa junaonnettomuuksissa ole kuollut yhtään matkustajaa.

Suuri osa rautatieliikenteen uhreista kuolee tasoristeysonnettomuuksissa. Junien massa on suuri, mistä syystä onnettomuuksien muille osapuolille aiheutuvat vahingot ovat useimmiten vakavia. Tasoristeyksien poistaminen ja turvaaminen on tärkeää niin rautatie- kuin tieliikenteenkin turvallisuuden parantamiseksi. Myös junien automaattista kulunvalvontajärjestelmää kehitetään. Vuonna 2010 tapahtui 33 tasoristeysonnettomuutta, joissa kuoli 8 ja loukkaantui vakavasti 3 henkilöä. Rautatieliikenteeseen liittyviä merkittäviä onnettomuuksia tapahtui yhteensä 23, ja niissä kuoli 13 ja loukkaantui vakavasti 8 henkilöä.

Vesiliikenteen turvallisuus

Liikenteen turvallisuusvirasto pitää tilastoa alusonnettomuuksista ja kuolemaan johtaneista veneonnettomuuksista. Kaupallinen matkustajaliikenne on kulkumuotona erittäin turvallista; vakavia onnettomuuksia ei Suomessa ole tapahtunut vuosiin. Huviveneilyonnettomuuksissa sen sijaan menehtyy vuosittain kuutisenkymmentä ihmistä (2007:56, 2008:52, 2009:55, 2010:64). Onnettomuuksista suurin osa tapahtuu sisävesillä ja suurin osa uhreista on alkoholin vaikutuksen alaisena.

Viime vuosina veneiden lukumäärän lisäksi niiden koot ja moottoreiden tehokkuudet ovat kasvaneet huomattavasti. Suuret nopeudet aiheuttavat vaaratilanteita erityisesti vilkkaasti liikennöidyillä ja kapeilla väylillä.

Ilmaliikenteen turvallisuus

Suomessa säännöllisessä lentoliikenteessä ja tilausliikenteessä onnettomuudet ovat olleet harvinaisia. Vuoden 1950 jälkeen on suomalaisille raskaan siviili-ilmailun lentokoneille tapahtunut vain kaksi onnettomuutta, joissa on kuollut ihmisiä. Vuonna 1961 kuoli 25 ihmistä ja vuonna 1963 22 ihmistä. Kevytreittiliikenteessä sattui vuonna 1988 onnettomuus, jossa kuoli

kuusi ihmistä. Viimeisin vakava kaupallisen ilmailun onnettomuus Suomessa on vuodelta 2005, jolloin Tallinnasta Helsinkiin matkalla ollut helikopteri putosi mereen Suomenlahdella surmaten yhteensä 14 henkilöä.

Yleisilmailussa ja purjelennossa onnettomuuksia sattuu useammin. Synkin vuosi oli 1989, jolloin sattui 14 kuolemantapausta. Yleisilmailussa kuolee keskimäärin kaksi ja purje- ja moottoripurjelento-onnettomuuksissa yksi henkilö vuosittain, mutta vaihtelu on suurta.

15.1.4 Tieliikenneonnettomuuksien syyt ja riskitekijät

Vain harvoin voidaan tehdä varmoja johtopäätöksiä ratkaisevasta yksittäiseen onnettomuuteen johtaneesta syystä. Onnettomuus voidaan usein selittää vain ottamalla mukaan suuri määrä erilaisia mahdollisia taustatekijöitä. Kerättyjä onnettomuustietoja tilastollisesti tarkastelemalla on kuitenkin pystytty pääsemään selville tekijöistä, jotka muita useammin toistuvat onnettomuuksissa. Nämä tekijät voivat liittyä

- tie-, sää- ja keliolosuhteisiin
- ajoneuvoon
- tienkäyttäjiin.

Kaikki riskitekijät lisäävät onnettomuuden todennäköisyyttä. Mitä useampia riskitekijöitä vaikuttaa samanaikaisesti, sitä suurempi on onnettomuuden todennäköisyys. Mitä useampia riskitekijöitä tunnetaan, sitä paremmin voidaan onnettomuuslukuja ennustaa.

Perinteisesti on väitetty, että 90 % onnettomuuksista aiheutuu inhimillisestä tekijästä tai kuljettajan väärästä toiminnasta ja vain 10 % ajoneuvon ja liikenneympäristön puutteista. Kaikilla liikenneonnettomuuksilla on toki tavalla tai toisella yhteys osallisten käyttäytymiseen ja sitä ohjaaviin seikkoihin, ja miltei aina voidaan osoittaa osallisten tehneen konkreettisia virheitä tai vääriä ratkaisuja ennen onnettomuutta. Ei kuitenkaan riitä, että kuljettajan virheellisen toiminnan päätetään ratkaissaan onnettomuuden syntymisen. Aina on myös mietittävä, miksi kuljettaja toimi väärin. Ihmisen suorituskyvyn tulee olla mitoittava tekijä ajoneuvon, teiden ja liikenteen ohjauksen suunnittelussa, sillä jos järjestelmä on liian monimutkainen, tekee taitavinkin tienkäyttäjät aika ajoin kohtalokkaita virheitä. Esimerkiksi jos autoilija ajaa ulos kaarteessa, saattaa pohjimmainen syy ollakin huonossa tiensuunnittelussa: kaarre tulee autoilijalla yllätyksenä ilman että tämä ehtisi laskea nopeutta.

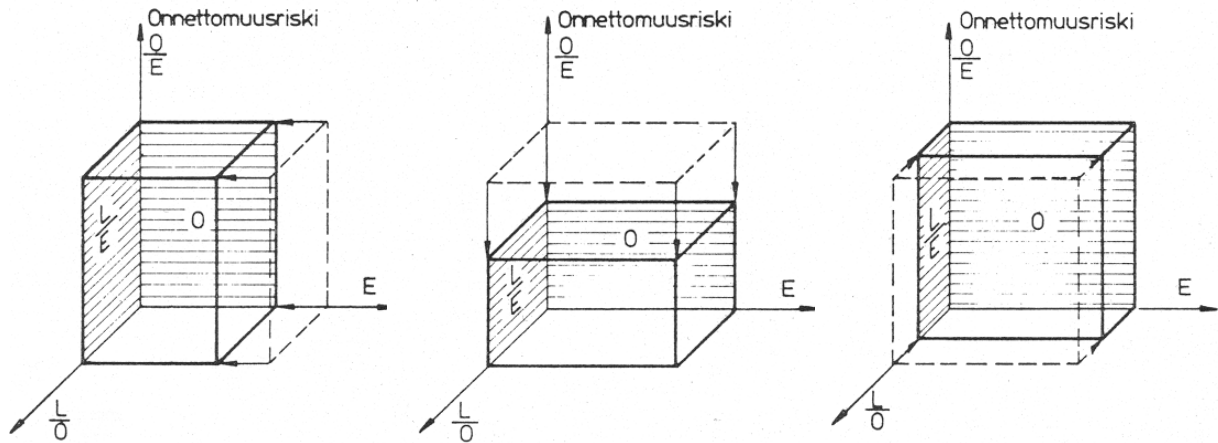
15.1.5 Tieliikenneturvallisuuden parantaminen

Liikenneturvallisuuden parantamisen periaatteet ja toimenpiteiden luokittelu

Liikenneturvallisuutta voidaan parantaa kolmella eri tavalla (kuva 10-4):

- vähentämällä liikenteen määrää (riskistön pienentäminen)

- vähentämällä tietyn riskistön onnettomuuksien todennäköisyyttä (onnettomuusriskin pienentäminen)
- lieventämällä onnettomuuksien seurauksena syntyviä vammoja (seurausten lieventäminen).



Kuva 10-4. Loukkaantuneiden henkilöiden lukumäärän kolme vaihtoehtoista alentamistapaa (Salusjärvi 1981).

Onnettomuusriskiä voidaan pienentää:

- siirtämällä liikennettä vaarallisesta luokasta turvallisempaan, esim. vaaralliselta tieltä turvallisemmalle tai vaarallisesta kulkumuodosta turvallisemmalle
- alentamalla onnettomuuden todennäköisyyttä tietyssä riskiluokassa, esim. parantamalla liittymää.

Liikenneturvallisuustoimenpiteet voidaan kohdistaa tiestöön, ajoneuvoihin tai tienkäyttäjiin. Kun tämä jako yhdistetään edellä esitettyyn vaikutustavan mukaiseen ryhmittelyyn, saadaan tuloksena yhdeksän toimenpideryhmää (taulukko 10-3).

Taulukko 10-3. Liikenneturvallisuustoimenpiteiden ryhmittely (Liikenneministeriö ym. 1992).

Toimenpide vaikuttaa	Toimenpide kohdistuu		
	TIESTÖÖN	AJONEUVOIHIN	TIENKÄYTTÄJIIN
RISKISTÖÖN	1	2	3
RISKIIN	4	5	6
SEURAUKSIIN	7	8	9

Ryhmään 1 kuuluu esimerkiksi tiestön mitoittaminen. Mitoitus määrää tiestön välityskyvyn ja vaikuttaa siten liikennemääriin. Myös toimenpiteiden, jotka vaikuttavat moottoriajoneuvon käytön kustannuksiin, voidaan katsoa kuuluvan riskistöä vähentäviin toimenpiteisiin, esim. bensiinin hinnan voimakas nousu voi vähentää autoilua. Esimerkkinä ryhmään 3 kuuluvista toimenpiteistä on alle 10-vuotiaiden lasten koulumatkapyöräilyn kieltäminen.

Monet liikenneturvallisuustoimenpiteet kuuluvat ryhmiin 4–6. Niillä siis pyritään vaikuttamaan onnettomuusriskiin riskistöä muuttamatta. Esim. tievalaistus kuuluu ryhmään 4, ajovalojen käyttäminen päivällä ryhmään 5 ja kuljettajakoulutus ryhmään 6.

Myös seurauksia lieventäviä toimenpiteitä on runsaasti. Ryhmään 7 kuuluvat esim. reunakaitteet, ryhmään 8 autojen törmäyssuojat, ryhmään 9 kypärän käyttö sekä turvavöiden käyttö (joka kuuluu myös osittain ryhmään 8).

Parhaan vaikutuksen saamiseksi tulee eri ryhmiin kuuluvien toimenpiteiden vaikuttaa samaan suuntaan. Liikenneturvallisuustyössä yhtenä ongelmana onkin, ettei näin aina ole käytännössä. Esim. jotkut tienrakennustoimenpiteet synnyttävät lisää liikennettä, mikä saattaa lisätä onnettomuuksia. Tämä on kompensoitava muilla toimenpiteillä.

Yhdyskunta- ja liikennesuunnittelu

Liikenneturvallisuusnäkökohdat tulisi jo alusta alkaen ottaa huomioon yhdyskuntasuunnittelussa ja siihen liittyvässä liikennesuunnittelussa. Maankäytön suunnittelulla voidaan vaikuttaa liikennemääriin, liikenteen jakaantumiseen liikenneverkolla, liikennesuoritteeseen, kulkumuotojakaumaan sekä eri tienkäyttäjärhmiiden välisten konfliktien yleisyyteen. Liikennejärjestelmällä voidaan puolestaan ohjata maankäytön sijoittumista ja kaupunkirakenteen kehittymistä. Yhdyskuntarakenteeseen vaikutetaan yleisimmin kaavoituspäätöksin, mutta niissä heijastuvat myös mm. alue-, asunto- ja teollisuuspoliittiset päätökset. Ennen pitkää myös tietotekniikan kehitys tulee vaikuttamaan fyysisen liikkumisen tarpeisiin.

Uusia alueita suunniteltaessa hyvällä suunnittelulla voidaan taata hyvä turvallisuus pitkäksi aikaa eteenpäin. Epäonnistuneita ratkaisuja on myöhemmin vaikea korjata muilla toimenpiteillä. *Toimintojen sijoittelu* järkevästi on turvallisuuden kannalta keskeinen asia (*katso luku 7.1*). Alueita kaavoitettaessa ja rakennettaessa tulee varmistaa, että ne ovat turvallisia jo eri rakennusvaiheissaan, eivätkä vasta kun koko alue on valmis.

Liikennejärjestelmä saadaan yksinkertaisemmaksi ja turvallisemmaksi, kun maankäyttö ja alueen ajoneuvoliikenteen verkko suunnitellaan noudattamalla *liikennemuotojen erottelun ja tieverkon jäsentelyn periaatteita* (*katso luku 7.1*). Tärkeintä on moottoriajoneuvoliikenteen ja kevyen liikenteen erottelu toisistaan. Myös nopeudet ja tietekninen mitoitus tulee suunnitella väyläluokitusta vastaten porrastetusti.

Turvallisuuteen vaikuttaa myös *kulkumuotojakauman säätely*. Joukkoliikenne on turvallisempaa kuin yksilöllinen liikenne, ja joukkoliikenteen käytön lisääntyminen myös pienentää liikennemääriä tieverkolla. Yhdyskuntasuunnittelun eri sektoreilla olisi pyrittävä parantamaan joukkoliikenteen edellytyksiä. Tiivis ja nauhamainen kaupunkirakenne luo joukkoliikenteen järjestämiselle parhaat lähtökohdat. Kulkumuotojakaumaan voidaan vaikuttaa mm. joukkoliikennetariffeilla, autojen käyttömaksuilla, verotuksella sekä joukkoliikennettä suosivilla

liikenneteknisillä toimenpiteillä (esim. bussikaistat ja valoetudet).

Liikennesaneeraus

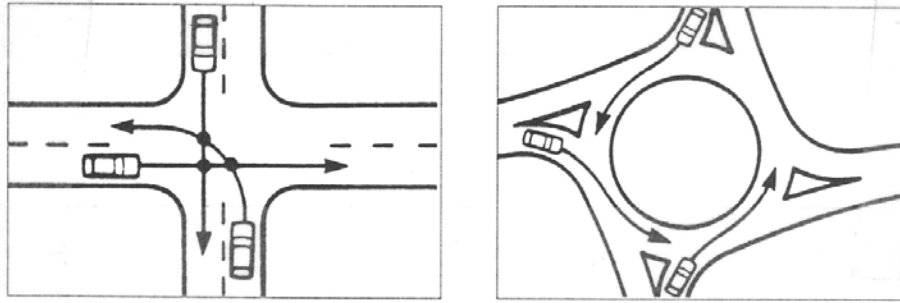
Liikennesaneerauksella tarkoitetaan liikennejärjestelmän kehittämistä laajahkoilla toiminnallisesti yhtenäisillä rakennetuilla alueilla liikenneturvallisuuden ja -ympäristön parantamiseksi. Tavoitteena on saavuttaa sama laadullinen ympäristöstandardi kuin mihin uusien alueiden suunnittelussa ja rakentamisessa pyritään. Läpiajoliikenne siirretään sille paremmin soveltuville väylille ja liikenneympäristöä parannetaan ja selkeytetään onnettomuusalttiissa kohteissa ja väylillä, joille liikennettä siirretään. Saneerauksessa noudatetaan vastaavia periaatteita kuin uusien alueiden suunnittelussakin. Kyseeseen tulevat mm.:

- katuverkon jäsentely
- liikennemuotojen erottelu
- läpikulkuliikenteeltä suojattujen toiminnallisesti eheidien alueiden luominen
- turvallisten ja ympäristöystävällisten kulkumuotojen suosiminen
- pysäköintijärjestelyt
- liikennemäärien vähentäminen
- toimintojen uudelleen sijoittaminen.

Väyläsuunnittelu ja liikenteen ohjaus

Tien standardi vaikuttaa onnettomuusasteeseen. Pienet kaarresäteet, lyhyet näkemät, ajoradan ja pientareen kapeus jne. lisäävät onnettomuusastetta. Esim. moottoriteiden henkilövahinko-onnettomuusaste on vain noin kolmasosa kaksikaistaisten maanteiden riskitasosta. Myös tielinjauksen homogeenisuus on tärkeä, sillä esim. tien yleisstandardista poikkeava yksittäinen kaarre muodostaa onnettomuusriskin. Tieolosuhteiden olisi mahdollisimman hyvin vastattava liikenteen vaatimuksia sekä liikkumisen ja matkojen luonnetta. Suuria liikennemääriä ja korkeita nopeuksia varten tulee rakentaa mahdollisimman korkealuokkaisia teitä. Pienemmällä liikennemäärillä ja alhaisemmilla nopeuksilla voidaan standardia vastaavasti alentaa.

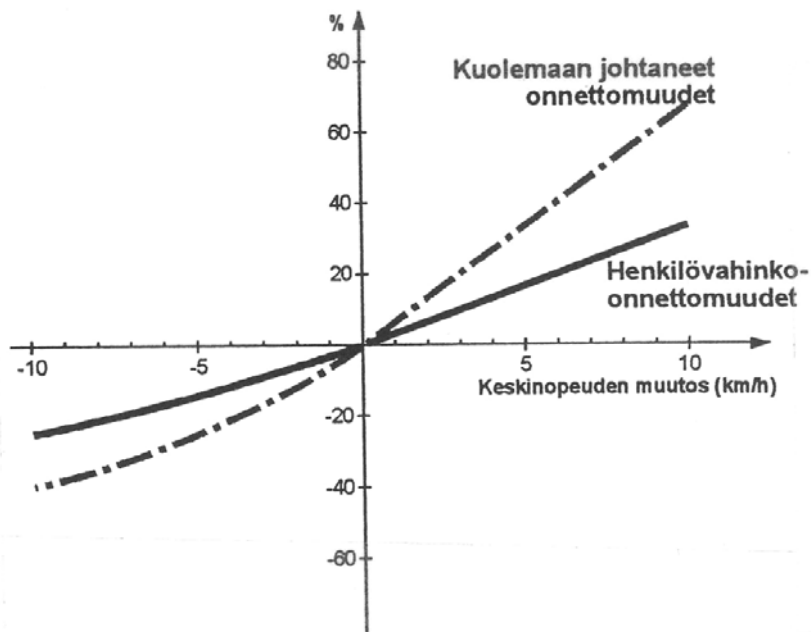
Kiertoliittymillä voidaan parantaa liittymien turvallisuutta taajamateillä. Kiertoliittymässä ajonopeudet ovat alhaisia ja risteämiskulmat loivia, joten vakavien onnettomuuksien riski on pienempi. Vaarallisimmat onnettomuustyyppit eli nokkakolarit ja törmäykset risteävän ajoneuvon kanssa poistuvat (*kuva 10-5*). Kiertoliittymä läpäisee liikennettä yhtä hyvin kuin valo-ohjauksinen tasoliittymä, ja vähäisen liikenteen aikoina siinä ei ole turhaa viivytystä. Kiertoliittymä hidastaa jonkin verran päätien liikennettä, mutta sivutieltä tulo on helpompaa kuin muissa liittymissä. Koska kiertoliittymä alentaa ajonopeuksia, se sopii myös taajaman porttikohdaksi kertomaan tien luonteen muuttumisesta hitaasti ajettavaksi väyläksi.



Kuva 10-5. Kiertoliittymä on muita tasoliittymiä turvallisempi (Tielaitos 1993).

Mitä suurempi ajoneuvon nopeus on, sitä suurempia vaatimuksia turvallinen liikkuminen asettaa ajoneuvon kuljettajan ja muiden tienkäyttäjien ominaisuuksille ja taidoille, tie- ja ympäristöolosuhteille sekä ajoneuvon ominaisuuksille. Tiekohtaisin *nopeusrajoituksin* voidaan vaikuttaa liikenneturvallisuuteen hyvin paljon. Nopeusrajoituksen alentaminen johtaa useimmiten keskinopeuden alenemiseen ja henkilövahinko-onnettomuuksien vähenemiseen. Tutkimusten mukaan keskinopeuden aleneminen yhdellä kilometrillä tunnissa vähentää henkilövahinko-onnettomuuksia noin kolme prosenttia. Kuolemaan johtaneiden onnettomuuksien osalta muutos on vielä suurempi (kuva 10-6). Myös talvinopeusrajoitukset on todettu toimivaksi keinoksi vähentää huonoista keliolosuhteista aiheutuvia onnettomuuksia. Nykyinen tekniikka mahdollistaa myös liikennetilanteen ja sääolosuhteiden mukaan muuttuvien nopeusrajoitusten käytön liikenteen ohjauksessa.

Kevyen liikenteen onnettomuuksia voidaan vähentää esim. rakentamalla erillisiä kevyen liikenteen väyliä, alikulkuja, suojakorokkein turvattuja ylityskohtia jne.



Kuva 10-6. Keskinopeuden muutoksen vaikutus henkilövahinko-onnettomuuksiin ja kuolemaan johtaneisiin onnettomuuksiin (Ranta, Kallberg 1997).

Ajoneuvojen turvallisuuden parantaminen

Ajoneuvojen tekniset turvallisuuskeinot voidaan jakaa aktiivisiin ja passiivisiin keinoihin. *Aktiiviset keinot* ovat toimenpiteitä ja rakenneratkaisuja, joilla voidaan ehkäistä onnettomuuksia ennakoita. *Passiivisilla keinoilla* pyritään lieventämään onnettomuuksien seurauksia.

Ajoneuvojen turvallisuutta ja kuntoa valvotaan vuosittaisilla katsastuksilla. Laissa on määrätty tietyt vaatimuksia esim. renkaiden, jarrujen ja valojen kunnan suhteen. Vain pieneen osaan onnettomuuksista löytyy syy pelkästään ajoneuvosta. Toisaalta huonokuntoinen ajoneuvo yhdessä huonon kelin tai huonokuntoisen tien kanssa lisää onnettomuusriskiä.

Suurin ajoneuvotekninen onnettomuuksiin johtava syy ovat huonokuntoiset *renkaat*. Renkailla on ratkaiseva vaikutus sekä jarrutusmatkaan että ajoneuvon ohjattavuuteen. Kulutuspinnan vähäisyys, alhainen rengaspaine, sekarengastus ja keliin sopimaton rengastus ovat tavallisimpia renkaiden vikoja onnettomuustapauksissa.

Turvavöillä lievennetään onnettomuuden seurauksia, estetään ajoneuvosta ulossinkoutuminen ja kojelautaa tai ohjauspyörää vasten iskeytyminen. Tutkimusten mukaan turvavyöt vähentävät onnettomuuksissa kuolleiden määrää (jopa 50 %) ja vammojen vakavuutta, mutta toisaalta lievien vammojen osuus kasvaa. Suomessa turvavyöt tulivat pakollisiksi varusteiksi uusien henkilöautojen etuistuimille vuoden 1971 alusta ja takaistuimille vuoden 1981 alusta. Turvavyön käyttö tuli pakolliseksi etuistuimilla vuonna 1975 ja takaistuimilla vuonna 1987.

Ajoneuvotekniikan kehitys on viime vuosina ollut nopeaa. Nykyisin autoihin saa vakiovarusteena lukkiutumattomia jarruja, airbag-turvatyynyjä ja sivutörmäyssuojia. Kasvaneista moottoritehoista ja huippunopeuksista huolimatta ajoneuvojen hallittavuus on säilynyt hyvänä, sillä myös ajoneuvojen ajo-ominaisuudet ovat kehittyneet tietokoneen hyväksikäyttöä lisäämällä. Törmäksenesto-, nopeuden- ja ajoneuvovälin säätö-, näkemisen parantamis- ja ajoneuvon hallintajärjestelmät tekevät tuloaan ajoneuvoihin. Myös ajoneuvojen ergonomiaa on parannettu hallintalaitteiden ja penkkien säätöjä monipuolistamalla.

10.2 Ympäristövaikutukset

10.2.1 Yleistä

Liikenteestä aiheutuu monenlaisia haitallisia ympäristövaikutuksia. Välittömistä vaikutuksista merkittävimpiä ovat melu, pakokaasupäästöt ja tärinä. Liikenteestä välillisesti aiheutuvia ympäristövaikutuksia ovat puolestaan mm. estevaikutus, maisemakuvan ja luonnonympäristön muuttuminen sekä luonnonvarojen sitoutuminen. Myös liikenneväylien rakentaminen ja kunnossapito, ajoneuvojen rakentaminen, kunnossapito ja käytöstä poisto sekä polttoaineiden tuotanto ja jakelu aiheuttavat haitallisia ympäristövaikutuksia.

10.2.2 Melu

Perusfysiikkaa

Liikenteestä aiheutuu melua. Melu on ääntä, jonka ihminen kokee häiritsevänä tai epämiellyttävänä. Ääni on kimmoisessa väliaineessa etenevää mekaanista värähdysliikettä. Äänen etenemistienä on useimmiten ilma. Ilmassa ääni havaitaan pieninä toistuvina poikkeamina vallitsevasta ilmanpaineesta. Näiden poikkeamien tehollista keskiarvoa sanotaan äänenpaineeksi. Siihen perustuen äänitaso määritellään kaavan 10-1 mukaisesti.

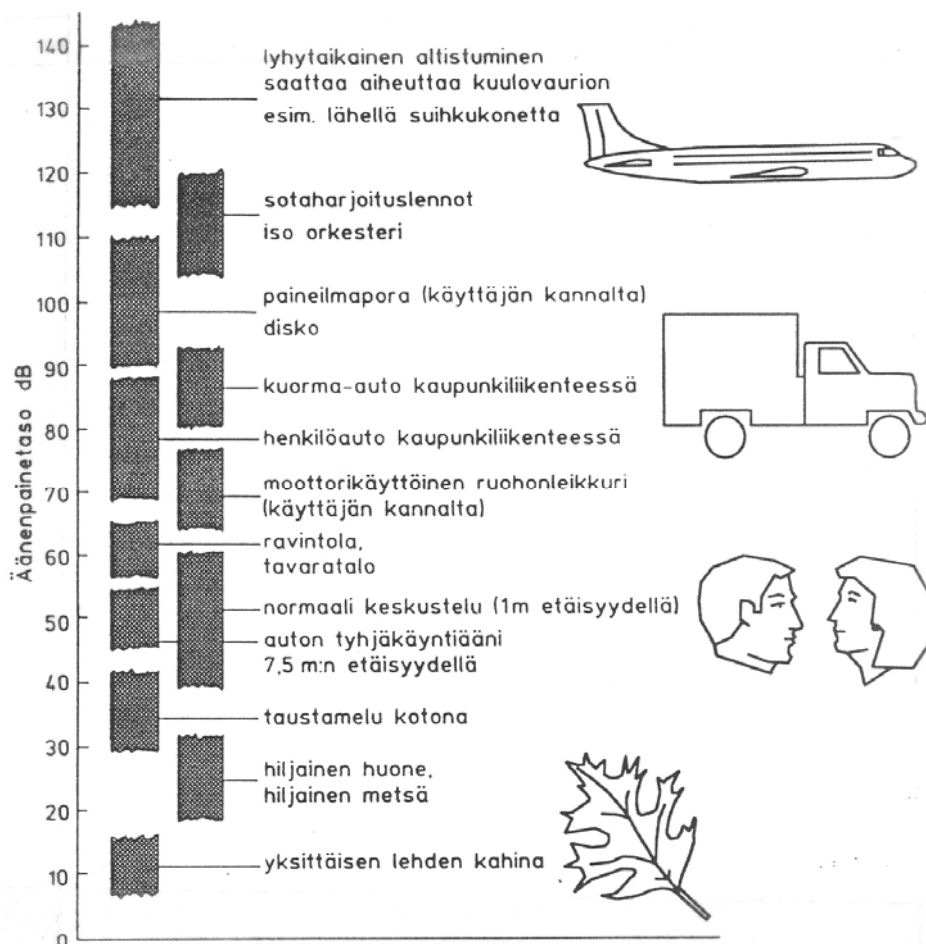
$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}, \text{ missä} \quad (10-1)$$

L = äänitaso (dB)

P = äänenpaine (Pa)

P_0 = vertailuäänepaine, kuulokynnys $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

Äänen mittaaminen perustuu äänenpaineen toteamiseen. Äänen mittayksikkönä on desibeli, dB, joka on paljas luku. Kuvassa 10-7 on havainnollistettu desibeliasteikkoa. Kuten kaavasta 10-1 käy ilmi, desibeliasteikko on logaritminen.



Kuva 10-7. Esimerkkejä melun voimakkuuksista (Mäntynen, Kalenoja 1992).

Melun häiritsevyyteen ja haitallisuuteen vaikuttaa myös äänen taajuusjakauma. Värähdysliikkeen taajuudella eli frekvenssillä tarkoitetaan värähdysten lukumäärää aikayksikössä. Taajuuden yksikkönä on hertsi, Hz, joka vastaa yhtä värähdystä sekunnissa (1/s). Ihmisen korva on herkimmillään taajuusalueella 1 000–4 000 Hz, ja herkkyys laskee voimakkaasti näistä rajoista matalia ja korkeita taajuuksia kohti. Tieliikenteen melumittauksissa käytetään yleisesti ns. A-suodatinta, joka painottaa eri taajuisia ääniä korvan kuuloaistimuksen mukaan (esim. 4 000 Hz +1 dB, 1 000 Hz +0 dB, 124 Hz -16 dB). Korjatun äänitason yksiköksi merkitään dB(A) tai dBA. Lentomelumittauksissa käytetään D-suodatinta.

Liikenneväylien läheisyydessä melutasot vaihtelevat jatkuvasti (kuva 10-8). Vaihteleva melu häiritsee enemmän kuin tasainen melu. Suoraa meluhavaintojen keskiarvoa paremman kuvan päivän melutasosta antaaakin ns. samanarvoinen jatkuva melutaso, L_{eq} .

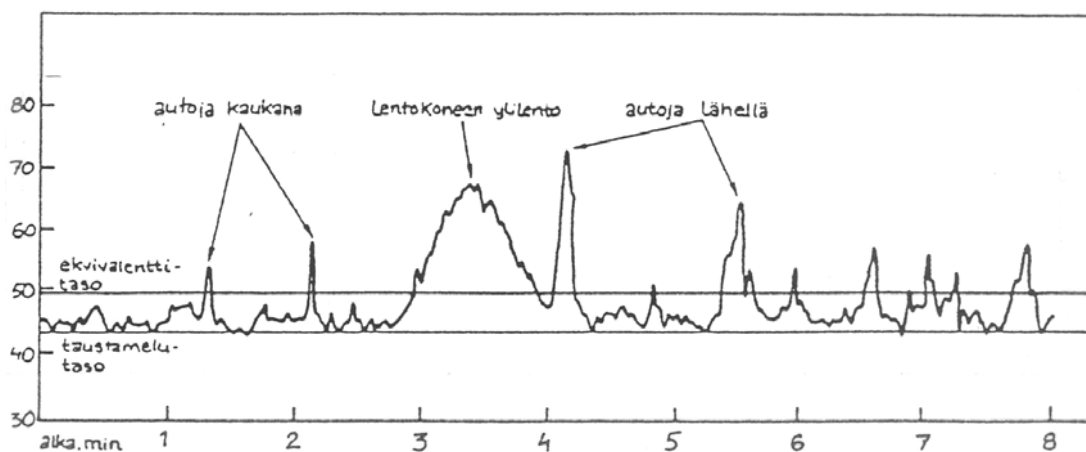
$$L_{eq} = 10 \lg \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} \right), \text{ missä} \quad (10-2)$$

L_{eq} = samanarvoinen jatkuva äänitaso

L_i = havainnon i äänitaso

n = havaintojen määrä.

Ekvivalenttia melutasoa määritettäessä lasketaan tietyin väliajoin mitattujen absoluuttisten äänenvoimakkuuksien keskiarvo siten, että meluhuiput painottuvat. Melutasojen 30, 40 ja 50 dB aritmeettinen keskiarvo on 40 dB, mutta L_{eq} on 45,7 dB. Ekvivalentista tasosta käytetään myös nimitystä tehollinen eli efektiivinen taso, Q-arvo ja energiakeskiarvo.



Kuva 10-8. Kahdeksan minuutin jakso ympäristömelusta asuntoalueella.

Terveys - ja viihtyisyysvaikutukset

Melu voi vaikuttaa ihmisen terveyteen, hyvinvointiin ja viihtyisyyteen haitallisesti. Vaikutukset ovat usein epäsuoria ja liittyvät eri tekijöiden yhteisvaikutukseen. Myös yksilölliset tekijät, kuten ikä, terveydentila ja stressi voivat vaikuttaa ratkaisevasti melun kuormittavuuteen.

Riskiryhminä ovat usein vanhukset, lapset, sairaat, kuulovammaiset sekä raskaana olevat.

Ihminen kokee 10 dB:n melutason kasvun melun kaksinkertaistumisena tai vastaavasti 10 dB:n melutason laskun melun puolittumisena. 2–3 dB:n muutoksen ihmiskorva kuulee jo selvästi havaittavana erona.

Pitkäaikainen melualtistus voi ilmetä ihmisen *terveydentilassa* esim. tilapäisenä kuulon heikkenemisenä tai pysyvänä kuulovauriona, unen häiriintymisenä (uni alkaa häiriintyä melutason ylittäessä 35–40 dBA) ja erilaisina elintoimintojen muutoksina esim. verenkiertoelimistössä. Lihasjännityksen lisääntymistä, verenpaineen nousua ja pulssin nopeutumista alkaa esiintyä, kun melutaso nousee yli 65 dBA:n. Kuulovaurioriski on mahdollinen, jos ihminen joutuu pitkiä aikoja altistumaan yli 85 dBA:n melulle. Melun seurauksia ovat myös näöntarkkuuden heikkeneminen, reaktioajan piteneminen, virhesuoritusten yleistyminen, keskittymiskyvyn ja vireystilan heikkeneminen ja stressioireet.

Melulla on myös paljon *sosiaalisia haittavaikutuksia*. Melu häiritsee ihmisten tavanmukaisia toimintoja, kuten työskentelyä, keskustelua, TV:n katselua, musiikin kuuntelua. Melulle altistuneen henkilön tunnetilan muutokset edistävät välinpitämättömyyttä ja heikentävät positiivista vuorovaikutusta ihmisten kesken. Yleisesti ottaen meluisat tilanteet ja ympäristöt koetaan epämiellyttäväiksi ja niitä pyritään välttämään. Melu voi vaikuttaa alentavasti myös kiinteistöjen ja asuntojen arvoon.

Melutasoon vaikuttavat tekijät

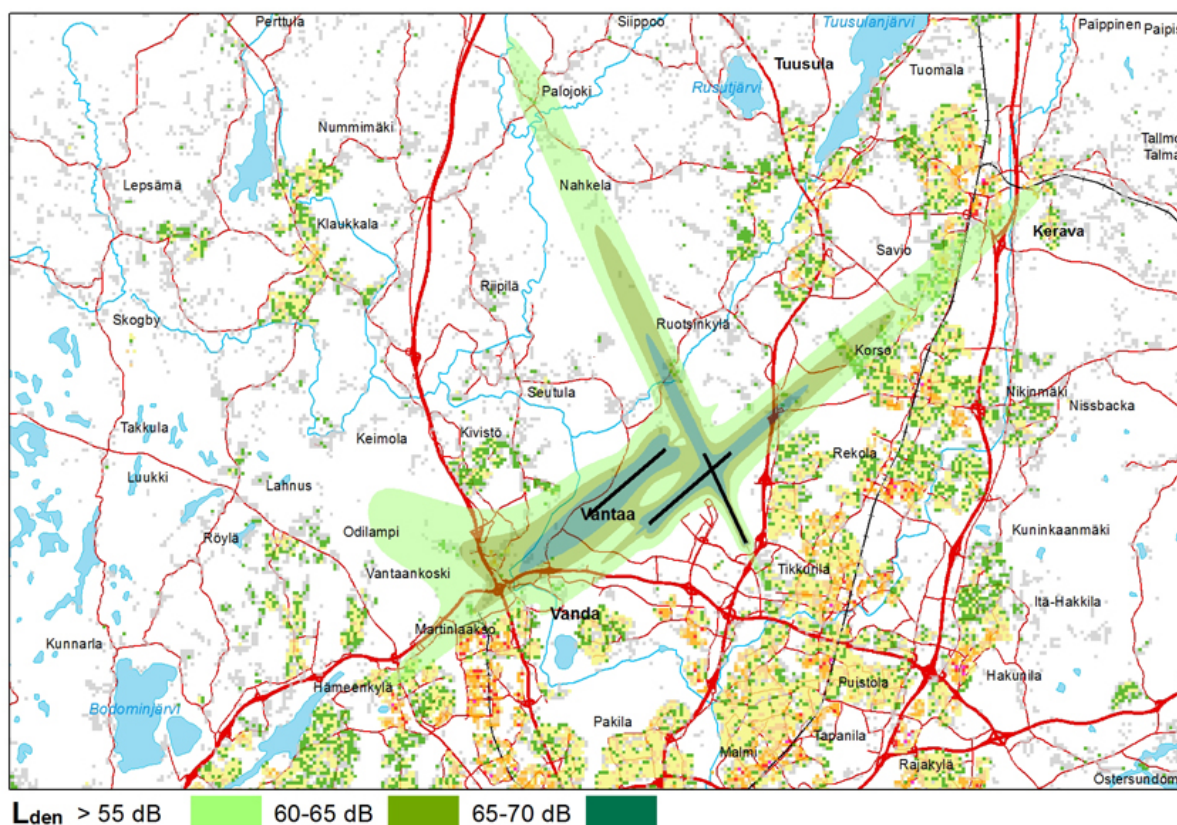
Tieliikennemelu muodostuu useiden ajoneuvojen yhteisvaikutuksesta, mutta yksittäisen ajoneuvon melua joudutaan tarkastelemaan varsinkin yöaikana. Melu syntyy pääosin renkaiden ja moottorin äänistä. Alhaisilla nopeuksilla moottorin ja pakoputkiston äänet ovat vallitsevia, kun taas nopeuksien kasvaessa ovat vallitsevana renkaiden ja korin ilmanvastuksen aiheuttamat äänet. Vilkasliikenteisten teiden ja katujen varsilla melun ekvivalenttitaso vaihtelee päiväsaikaan välillä 65–80 dBA. Tieliikenteen meluun vaikuttavat ajoneuvojen nopeus, liikennemäärä, liikenteen koostumus, tien pituuskaltevuus, liittymien läheisyys, ajoradan päällyste, sää, renkaat jne. seuraavasti:

- *Liikennemäärän* kaksinkertaistuessa melutaso L_{Aeq} kasvaa 3 dBA.
- *Nopeuden* kasvu 20 km/h:llä lisää melua 2–3 dBA (nopeudesta 50 km/h alkaen).
- *Raskaiden ajoneuvojen osuuden* kasvu 10 %:sta 20 %:iin lisää melutasoa 2 dBA. Dieselmoottoriset ajoneuvot ovat yleensä bensiinikäyttöisiä meluisampia.
- *Tien pituuskaltevuus* vaikuttaa melutasoon siten, että kaltevuuden ollessa esim. 5 % melutaso kasvaa noin 2,4 dBA (kun raskaiden ajoneuvojen osuus 10 %).
- *Kiihdytykset* aiheuttavat yleensä korkeimmat melutasot. Kiihdytyksessä melu on lähes nopeudesta riippumaton. Kiihdytysten vaikutus on merkittävä liittymien läheisyydessä.

- Myös *päälystetyyppi ja sää* vaikuttavat melutasoon. Päälystetyyppien väliset erot melutasoissa voivat olla 4–5 dBA. Märällä tiellä rengasmelun häiritsevyys korostuu. Talvikelillä päälysteen meluisuus lisääntyy 1–2 dBA ja myös nastarenkaat lisäävät melua.

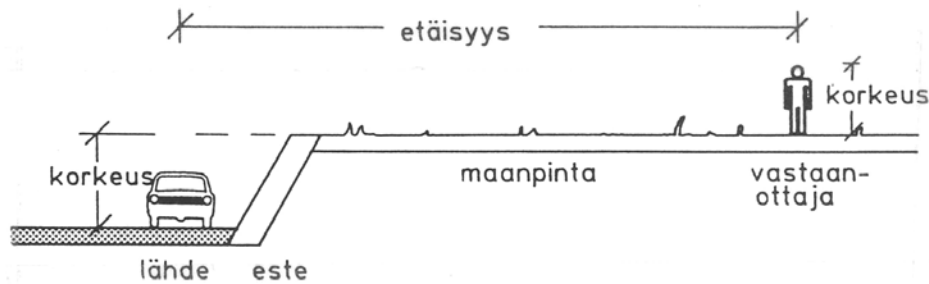
Raideliikenteen melu aiheutuu pääasiassa pyörien pyörimisestä kiskoilla. Moottori, ilmastointi- ja jäähdytyslaitteet aiheuttavat myös melua. Melutasoihin vaikuttavat käytettävä kalusto, junatyyppi, junan pituus sekä liikenteen määrä ja nopeus. Raideliikenne aiheuttaa myös tärinää.

Lentokoneiden melu syntyy pääasiassa moottorista, potkurikoneissa lisäksi potkurista. Lentomelu riippuu konetyypistä, kuormituksesta, lento-operaatiosta sekä liikenteen määrästä ja etäisyydestä. Lentokenttien nousu- ja laskusektoreissa lentoliikenne aiheuttaa korkeita mutta suhteellisen lyhytkestoisia meluhuippuja. Lentomelu onkin otettava erityisesti huomioon maankäytön suunnittelussa (kuva 10-9).



Kuva 10-9. Helsinki-Vantaan lentoaseman melualue vuonna 2011 (Finavia 2012).

Melun etenemiseen ja vaimenemiseen vaikuttavat äänilähteen, esteen ja maanpinnan ominaisuudet sekä näiden ja havaintopisteen keskinäinen asema. Melun vaimentumisen kannalta on edullisinta, että melulähde on matalalla, havaintopiste alhaalla ja maasto niiden välillä korkealla (kuva 10-10).



Kuva 10-10. Melun etenemiseen ja vaimenemiseen vaikuttavia tekijöitä (Tielaitos 1991).

Etäisyys vaimentaa melua, sillä lähteen ääniteho jakautuu suurelle alalle levitessään. Liikennevirran aiheuttama melu on viivalähde, jolloin etäisyyden kaksinkertaistuessa melutaso alenee 3 dBA. Yksittäisen ajoneuvon (pistelähde) etäisyysvaimeneminen on 6 dBA etäisyyden kaksinkertaistuessa. Maasto vaikuttaa etäisyysvaimenemiseen siten, että jos maastossa on esim. maanpinnan korkeuseroista johtuvia esteitä, melu alenee nopeammin. *Maanpinnan laatu* vaikuttaa melun vaimenemiseen. Kovat pinnat (esim. kallio) heijastavat ja pehmeät pinnat (esim. nurmi) vaimentavat melua. Kovalla pinnalla vaikuttaa vain etäisyysvaimennus. *Kasvillisuus* puolestaan aiheuttaa jonkin verran ääniaaltojen heijastumista ja sirontaa, merkittävää vaimennusta siitä ei kuitenkaan voida olettaa syntyvän.

Lisävaimenemisen suuruus riippuu myös *melulähteen ja havaintopisteen keskinäisestä korkeuserosta*. Havaintopisteen korkeuden kasvaessa melutaso kasvaa. Esim. 50 m:n etäisyydellä 5. kerroksessa melu on noin 6 dBA korkeampi kuin 1. kerroksessa.

Erilaiset *esteet* alentavat melutasoa. Este pidentää äänen kulkureittiä ja muuttaa äänen kulkusuuntaa. Osa äänestä absorboituu esteeseen ja osa heijastuu siitä. Melua vaimentavana esteenä voi olla esim. mäki, rakennus tai tieluiska. Melua voidaan myös vaimentaa rakennettavilla esteillä, kuten meluseinillä ja -valleilla.

Myös *sää* eli tuulen suunta ja nopeus, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä näiden muutokset eri korkeuksilla maanpinnasta vaikuttavat äänen etenemiseen. Säätila voi vaikuttaa melua vahvistavasti (esim. tyyni selkeä pakkasyö) tai vaimentavasti (esim. sumu).

Melutasojen määrittämiseksi ja eri tekijöiden huomioon ottamiseksi on olemassa useita erilaisia laskentamenetelmiä ja tietokoneohjelmia. Suomessa on tieliikenteen osalta käytössä ympäristöministeriön vuonna 2006 julkaisema *tieliikennemelun laskentamalli*. Siinä lähtöparametreina ovat tien nopeusrajoitus, ajoneuvomäärä ja raskaiden ajoneuvojen osuus. Mallissa lasketaan aluksi etäisyysvaimennus sekä maanpinnan ja esteiden aiheuttama lisävaimennus ja tehdään esim. pituuskaltevuuden, heijastusten ja havaintokulman vaatimia korjauksia. Vastaavasti raideliikennemelun osalta on käytössä ympäristöministeriön vuonna 2006 julkaisema *raideliikennemelun laskentamalli*.

Melun torjuntakeinot

Liikenteen melua voidaan vähentää mm.:

- ajoneuvotekniikalla
- maankäytön suunnittelulla
- liikennesuunnittelulla
- tiensuunnittelulla
- rakennustekniikalla
- melusteillä.

Ajoneuvoteknisillä toimenpiteillä voidaan vähentää ajoneuvojen melupäästöjä, mutta on muistettava, että autokanta uusiutuu kuitenkin suhteellisen hitaasti. Renkaiden kuvioinnilla voidaan vaikuttaa rengasmeluun.

Maankäytön suunnittelulla on melutorjunnassa keskeinen merkitys. Toimintojen oikealla sijoittamisella voidaan vähentää ajoneuvoliikenteen määrää ja luoda edellytykset matkojen tekemiselle jalan tai polkupyörällä. Pääväylät tulee sijoittaa mahdollisimman kauaksi asuntoalueista ja muista melua huonosti sietävistä toiminnoista. Rakennusten sijoittelussa on pyrittävä estämään melun leviäminen korttelien sisäosiin sekä heijastumiset rakennusten välillä.

Liikennesuunnittelun keinoin voidaan melua vähentää varsinkin taajama-alueilla. Liikenneverkon jäsentelyllä voidaan asuntoalueet rauhoittaa häiritsevältä läpikulkuliikenteeltä. Katuja voidaan sulkea ja yksisuuntaistaa, kaduille voidaan asettaa nopeusrajoituksia ja liikenteen valo-ohjaus voidaan tehdä mahdollisimman sujuvaksi.

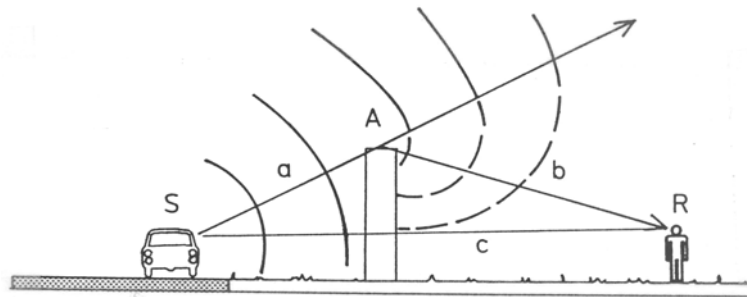
Tiensuunnittelulla voidaan vaikuttaa merkittävästi sekä liikennemelun aiheuttamiin häiriöihin että melualueen leveyteen. Liikennemelua vähentää esim. tien sijoittaminen leikkaukseen sekä loiva pituuskaltevuus. Muutenkin maaston muotoja voidaan käyttää luonnollisina melusteinä. Meluun voidaan vaikuttaa myös päällystevalinnoilla.

Rakennusteknisillä toimilla melua voidaan vähentää mm. lisäämällä rakennusten ääneneristystä paremmilla ikkunarakenteilla. Liikennemelu tulee ottaa huomioon myös asuntojen pohjaratkaisuissa siten, että melua paremmin sietävät toiminnot, kuten keittiö, eteinen ja pesutilat, sijoitetaan liikenneväylän puolelle ja olohuone ja makuuhuoneet pihan puolelle.

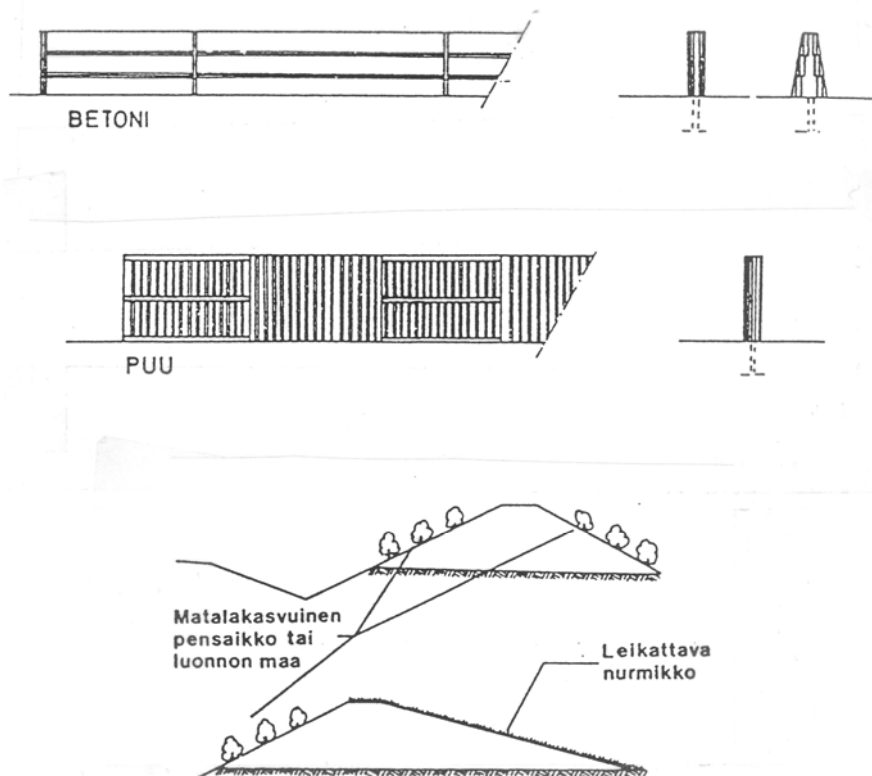
Melusteiden rakentaminen on usein ainoa mahdollisuus liikennemelun torjumiseksi rakennetuilla alueilla. Melusteinä tulevat kysymykseen maavallit, meluseinät ja melukaiteet. Melusteiden vaimennuskyky riippuu ensisijassa esteen mitoista ja äänen taajuudesta. Matalat äänet vaimenevat esteen vaikutuksesta vähemmän kuin korkeat. Esteen tehoon vaikuttaa ratkaisevasti äänen kulkeman reitin taittumisen jyrkkyys (*kuva 10-11*). Tehokkain vaikutus melusteillä saadaan aikaan, kun este sijoitetaan lähelle melulähdettä tai suojattavaa kohdetta. Melusteiden suunnittelussa on otettava huomioon myös esteen aiheuttamat heijas-

tukset. Usein esteen pitääkin imeä ääntä jossain määrin, jottei melutaso lisääntyisi tien vastakkaisella puolella. Osa melusta läpäisee esteen. Esteen ääneneristykseen pitääkin olla niin hyvä, ettei läpitullevalla äänellä ole merkitystä. Melusteilla voidaan käytännössä saavuttaa maksimissaan noin 15–20 dB:n vaimennus melutasoon.

Meluvalli vaatii melko suuren tilan. Ne soveltuvatkin parhaiten uusilla alueilla ja uusien teiden yhteydessä käytettäväksi. Vallin päälle voidaan sijoittaa istutuksia, jolloin rakenne sopeutuu maisemaan hyvin (kuva 10-11). Usein tilanpuutteen takia on mahdollista rakentaa vain *meluseinä*. Sen tulee olla tiivis ja niin painava, että se kestää tuulivoiman ja mahdollisen ilkivallan. Materiaalina voidaan käyttää mm. puuta, betonia, kevytsoraharkkoja, tiiltä, lujitemuovia, lasia, polykarbonaattilevyä ja metallilevyä (kuva 10-12). Pitkissä korkeissa seinissä voidaan estettä keventää läpinäkyvillä materiaaleilla. *Melukaide* on matala meluseinä, jota voidaan käyttää esim. silloilla ja korkeilla penkereillä.



Kuva 10-11. Meluesteen vaikutus (Tielaitos 1991).



Kuva 10-12. Esimerkkejä meluseinistä ja maavallin muotoilusta.

10.2.3 Pakokaasupäästöt

Haitalliset aineet

Liikenteen pakokaasut sisältävät paljon haitallisia aineita, joista aiheutuu niin paikallisia, alueellisia kuin maailmanlaajuisia vaikutuksia. Paikallisesti päästöistä aiheutuu lähinnä terveyshaittoja ihmisille ja lähiympäristön pilaantumista, alueellisesti ilman ja luonnon pilaantumista ja maailmanlaajuisesti muutoksia ilmakehään (kasvihuoneilmiö). Liikenteen päästöjen haitallisuus korostuu varsinkin taajamissa, sillä päästöt purkautuvat matalalta ja keskittyvät alueille, joilla ihmisetkin ovat, kun taas teollisuuden ja voimalaitosten päästöt purkautuvat korkeammalle ilmaan ja leviävät laajemmalle alueelle. Päästöjen vaikutukset voivat olla suoria tai seurausvaikutuksia. Seurausvaikutuksia aiheutuu, kun pakokaasu-komponentit reagoivat muiden yhdisteiden kanssa muodostaen uusia haitallisia yhdisteitä.

Pakokaasujen haitallisista aineista merkittävimmät ovat hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), hiukkaset ja rikkidioksidi (SO₂). Typen oksideista noin 90 % on typpi-monoksidia (NO) ja noin 10 % typpidioksidia (NO₂). Öljyperäisistä polttoaineista syntyy palamisreaktion tuloksena myös kasvihuoneilmiötä edistävää hiilidioksidia (CO₂). Aiemmin liikenne aiheutti myös lyijypäästöjä, mutta niistä on päästy lähes kokonaan lyijyttömän bensiinin myötä. Tieliikenteessä lähes rikkittömiin polttonesteisiin siirtyminen vuoteen 2009 mennessä leikkasi myös rikkidioksidipäästöjä voimakkaasti.

Liikenne on yksi suurimmista ilmansaasteiden päästölähteistä Suomessa. Eniten päästöjä tuottaa tieliikenne. Raide-, vesi- ja ilmaliikenteen osuudet ovat suhteellisen vähäisiä typpi-oksidi- ja hiilidioksidipäästöjä lukuun ottamatta (taulukko 10-4).

Taulukko 10-4. Suomen liikenteen päästöt 2010 (VTT 2011).

1000 tonnia	CO	HC	NO _x	Hiukk.	SO ₂	CO ₂
Tieliikenne	177,1	19,6	43,1	2,4	0,1	11 734,2
Rautatieliikenne	0,4	0,1	2,5	0,1	0,2	239,0
Vesiliikenne	28,1	6,5	47,1	1,5	11,6	2 757,2
Ilmaliikenne	3,9	0,3	3,1	0,1	0,2	888,7
Yhteensä	209,4	26,6	95,8	4,1	12,1	15 619,2
Tieliikenteen osuus, %	85 %	74 %	45 %	59 %	0,6 %	75 %

Luvut sisältävät rautatieliikenteen osalta sähköjunaliikenteen osuuden voimalaitospäästöistä, ulkomaille suuntautuvan vesiliikenteen ja ilmaliikenteen päästöt Suomen talousvyöhykkeellä ilman ylilentoja.

Terveysvaikutukset

Pakokaasujen komponenteista ainoastaan hiilimonoksidi, typpimonoksidi ja typpidioksidi ovat nopeavaikutteisia myrkkijä. Muut komponentit eivät pieninä pitoisuuksina ja lyhytaikaisina altistuksina aiheuta suoraa terveystariskiä tai ympäristön pilaantumista. Korkeina pitoisuuksina ja jatkuvassa altistuksessa niistäkin tosin aiheutuu terveyshaittoja. Kaikkia pitkäaikaisvaikutuksia ei tunneta. Päästöjen haitat voivat korostua epäedullisten olosuhteiden yhteisvaikutuksen vuoksi (sää, muut epäpuhtaudet, terveydentila). Fysiologisten vaikutusten lisäksi liikenteen päästöt aiheuttavat myös henkistä rasitusta.

Ympäristövaikutukset

Koska kokonaispäästöt koostuvat monista eri päästölähteistä ja päästöt kulkeutuvat pitkiä matkoja nopeasti, on liikenteen osuutta havaituista laaja-alaisista ympäristövaurioista vaikea arvioida. Liikenne on yksi ilmansaastuttaja muiden joukossa.

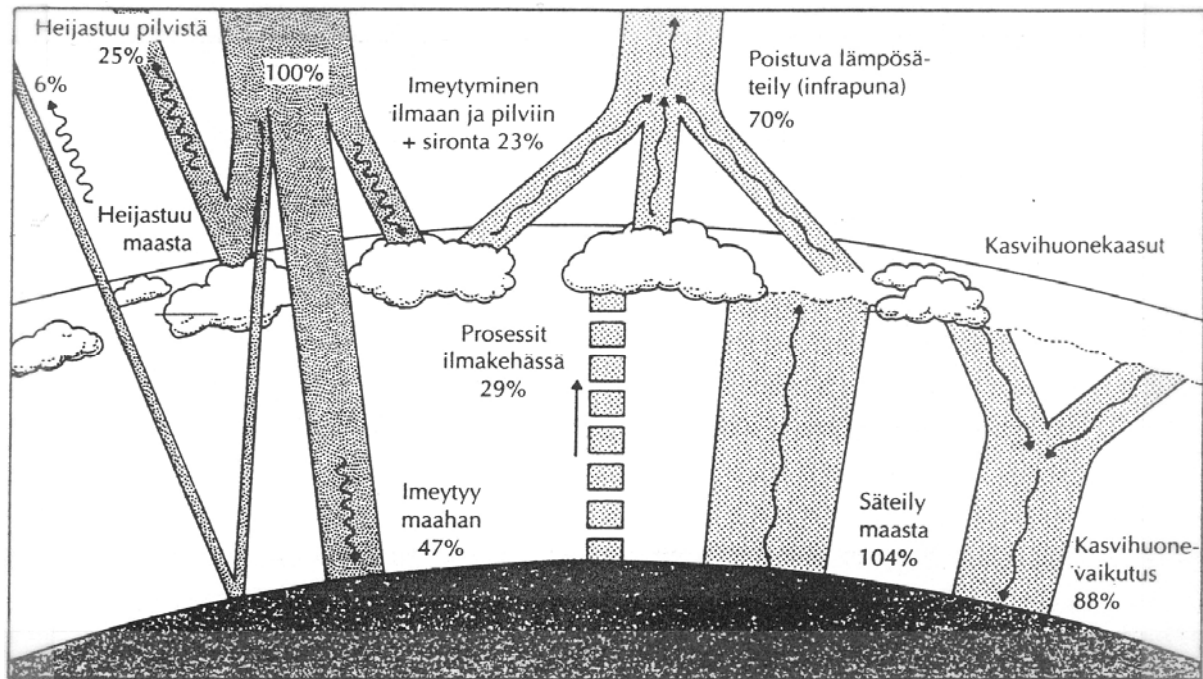
Päästöjen alueellisista ympäristövaikutuksista merkittävin on *happamoituminen*, jota edistäviä haitta-aineita ovat typen oksidit ja niistä muodostuva typpihappo, rikkidioksidista muodostuva rikkihappo, raskasmetallit ja ammoniakki.

Otsonia ja muita kemiallisia hapettimia eli oksidantteja muodostuu troposfäärissä typen oksidien, hiilivetyjen ja hapen välisessä ketjureaktiossa auringonvalon vaikutuksesta. Otsoni *vaurioittaa mm. puiden lehtiä ja hyötykasveja*. Ilmansaasteet ovatkin pääsyy tai ainakin vahvasti vaikuttava tekijä metsävaurioiden syntyyn.

Savusumu (smog) on suurkaupungeissa ja teollisuusalueilla esiintyvä ilman sameus, jonka aiheuttavat kiinteät hiukkaset ja vesihöyryn tiivistymistuloksena syntyvät pisarat. Savusumu ei ole yleensä pitkäaikainen ilmiö, vaan liittyy hetkellisiin inversiotilanteisiin.

Fossiilisista polttoaineista aiheutuva hiilidioksidi (CO₂) ei ole myrky, mutta se voimistaa *kasvihuoneilmiötä*. Kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan ilmakehän kasvihuonekaasujen (CO₂, metaani, CFC-yhdisteet, typpioksiduuli, alailmakehän otsoni) pitoisuuden kohoamista ja siitä johtuvaa lämpötilan nousua (*kuva 10-13*). Kasvihuonekaasujen pitoisuudet ilmakehässä ovat kasvaneet, mikä voimistaa kasvihuoneilmiötä ja lämmittää ilmastoa. Lämpötilan nousu saa aikaan ilmastomuutoksia, joista aiheutuu jäätiköiden sulamista, veden pinnan kohoamista sekä kasvillisuusmuutoksia. Esimerkiksi viime vuosina yleistyneiden rajujen myrskyjen ja pitkien kuivuusjaksojen on arveltu olevan kasvihuoneilmiön voimistumisen seurausta.

Pakokaasujen aiheuttamia ympäristöhaittoja ovat myös *materiaalien likaantuminen, korrosio ja rapautuminen*. Likaantumiseen ovat syynä pääasiassa noki- ym. hiukkaset. Happamat typpi- ja rikkidyhdisteet aiheuttavat korroosiota ja syövyttävät rakenteiden pintamateriaaleja. Ympäristön yleinen likaantuminen koskee rakenteiden lisäksi myös puistoja, viheralueita ja luonnonympäristöjä.



Kuva 10-13. Kasviuoneilmiön syntyminen (Mäntynen, Kalenoja 1992).

Päästömääriin vaikuttavat tekijät

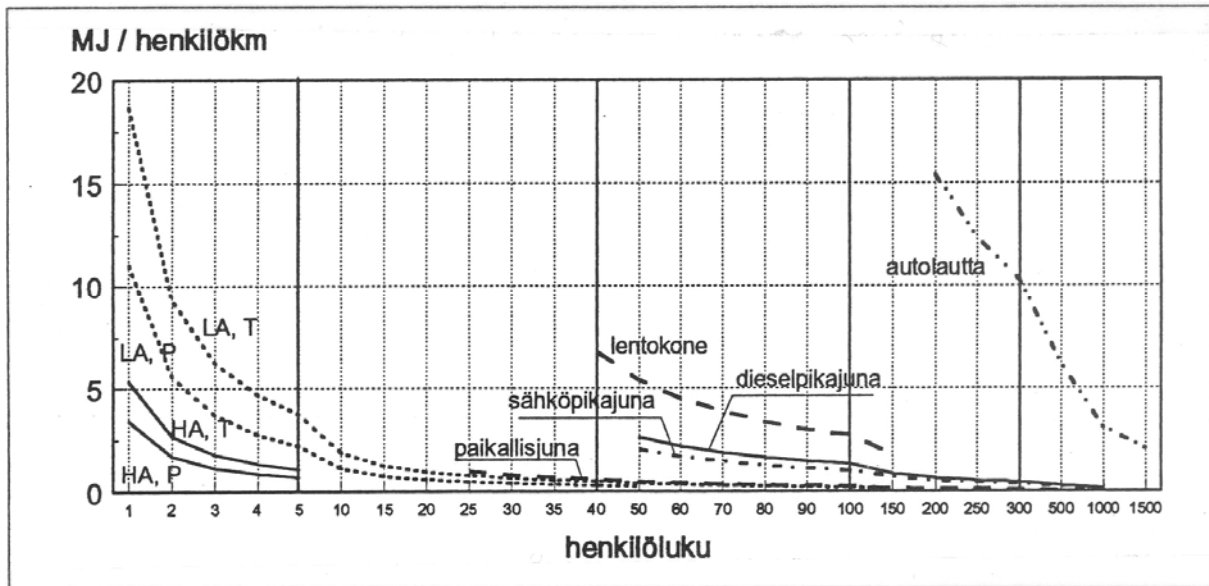
Pakokaasujen koostumus riippuu pääosin seuraavista tekijöistä:

- ajoneuvotyyppi
- polttoaineen laatu
- polttoaineen kulutus
- ajonopeus
- ajotapa
- ajoneuvon kuormitus
- pakokaasujen puhdistusteknologia
- ajoneuvon ikä ja kunto
- moottorin lämpötila
- ulkoilman lämpötila.

Eri kulkumuotojen ominaispäästöt vaihtelevat melko paljon. Raskaan polttomoottori-käyttöisen kaluston päästöt saattavat olla moninkertaiset kevyempiin ajoneuvoihin verrattuna. Samoin bensiini- ja dieselajoneuvojen päästöjen koostumukset poikkeavat. Hiilimonoksiidi- ja hiilivetypäästöjä aiheutuu eniten bensiinikäyttöisistä ajoneuvoista. Hiukkas- ja rikki-dioxidipäästöt ovat puolestaan suurimmaksi osaksi peräisin dieselkäyttöisistä ajoneuvoista.

Ajonopeus vaikuttaa päästöihin siten, että nopeuden kasvu yleensä pienentää päästömääriä lukuun ottamatta typen oksideja. Hyvin suurilla nopeuksilla myös CO-, HC- ja hiukkaspäästöt lisääntyvät. Vähiten päästöjä syntyy maantienopeuksilla 70–90 km/h.

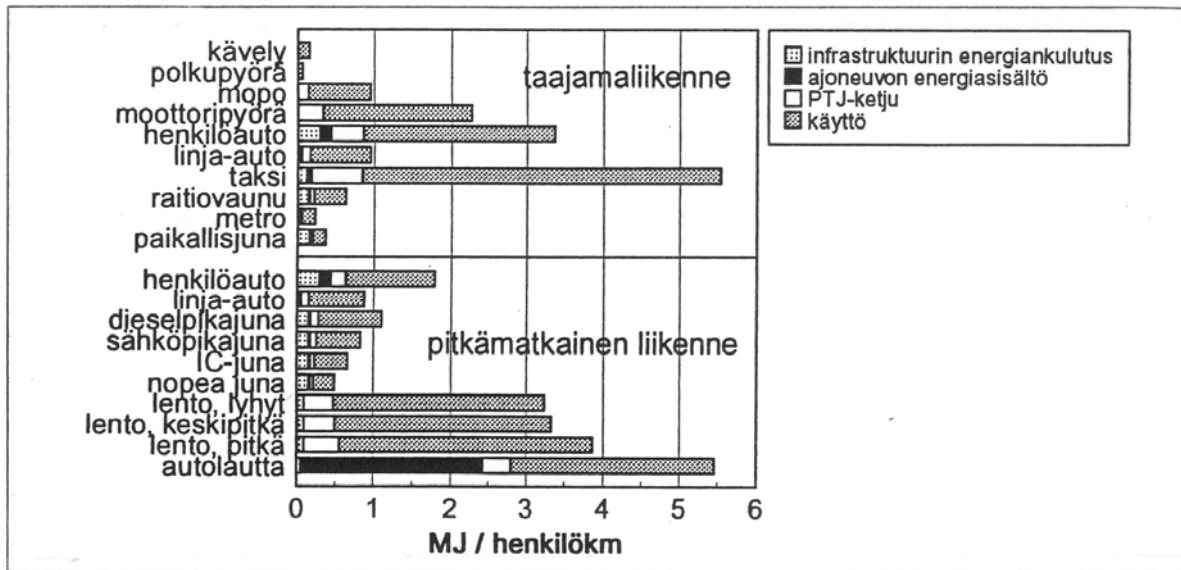
Päästöjen määrä riippuu ajoneuvon energiankulutuksesta niin, että yleensä energiatehokkaimmat liikennemuodot ovat parhaita myös päästöjen kannalta. Matkustajaa kohden laskettuna vähiten energiaa kuluttavat henkilöliikennemuodot ovat linja-auto ja raideliikenne, jos niiden kuormitusaste on tarpeeksi korkea (kuva 10-14). Ruuhka-aikoina joukkoliikenne on yleensä kilpailukykyinen henkilöautoliikenteeseen nähden niin energiankulutuksen kuin päästöjenkin suhteen, mutta hiljaisen kysynnän aikoina voivat matkustajaa kohti lasketut päästöt joukkoliikenteessä olla samaa tasoa tai jopa suuremmat kuin henkilöautoliikenteessä. Tavarankuljetuksissa energiatehokkaimmat kuljetusmuodot ovat vesi- ja raideliikenne.



Kuva 10-14. Eräiden liikennemuotojen energiankulutuksen riippuvuus ajoneuvojen kuormitusasteesta (HA, T = henkilöauto taajamaliikenteessä, HA, P = henkilöauto pitkämatkaisessa liikenteessä, LA, T = linja-auto taajamaliikenteessä, LA, T = linja-auto pitkämatkaisessa liikenteessä) (Kalenjo 1995).

Kulkumuotojen energiankulutusta vertailtaessa tulisi välittömän energiankulutuksen lisäksi ottaa huomioon myös välillinen energiankulutus. Kuvassa 10-15 on esitetty eri liikennemuotojen matkustajaa kohti laskettu energiankulutus, jos huomioon otetaan liikenteessä kuluvan energian lisäksi ajoneuvoihin, väyliin ja polttoaineen valmistukseen kuluva energia. Matkustussuoritekohtaiset kulutusluvut on laskettu valtakunnallisilla keskimääräistä kuormitusastetta kuvaavilla matkustajamäärillä.

Tieliikenteessä päästöjen määrään vaikuttaa eniten ajoneuvossa käytettävä puhdistusteknologia. Katalysaattorin käyttö vähentää bensiinikäyttöisten ajoneuvojen NO_x-, CO-, ja HC-päästöjä jopa 90 %. Katalysaattorilla varustetulla ajoneuvoilla CO- ja HC-päästöt eivät juuri muutu nopeuden kasvaessa. Katalysaattorin puhdistuskyky riippuu sen iästä ja kunnosta. Epäkunnossa oleva katalysaattori voi jopa lisätä päästöjä. Samoin itse ajoneuvon korkea ikä ja huono kunto lisäävät päästöjä. Nykyisin vuosikatsastuksen yhteydessä tarkistetaan, että ajoneuvojen päästömäärät ovat ohjearvojen mukaiset.



Kuva 10-15. Eri liikennemuotojen kokonaisenergiankulutus [MJ/henkilökm], PTJ-ketju tarkoittaa polttoaineen tuontanto- ja jakeluketjua (Kalenoja 1995).

Ulkolämpötilalla ja moottorin lämpötilalla on merkitystä päästöjen kannalta. Kylmänäajo ja kylmäkäynnistys lisäävät hiukkaspäästöjä jonkin verran. Kylmällä myös katalysoattorin puhdistusteho huononee merkittävästi.

Ajotapa vaikuttaa myös jonkin verran päästömääriin. Ajon epätasaisuus lisää CO- ja HC-päästöjä, muttei typen päästömääriä. Ajoneuvopainon lisääntyminen lisää energiankulutusta ja sitä kautta myös päästöjä.

Päästömäärien arvioimiseen on kehitetty useita erilaisia *laskentaohjelmistoja*. Suomessa tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentaan käytetään VTT:n kehittämää LIISA-laskenta-järjestelmää. Järjestelmä tulostaa päästömäärät tonneina kunnittain, lääneittäin ja koko Suomen osalta. Päästömäärien kehityksestä esitetään 20 vuoden ennuste. Päästömäärät jaetaan kahdeksalle väylätyypille ja yhdeksälle ajoneuvotyypille. Päästölajit ovat hiilimonoksidi, hiilivedyt, typen oksidit, hiukkaset, metaani, typpioksiduuli, rikkidioksidi ja hiilidioksidi. Lisäksi lasketaan polttoaineen kulutus. Päästöjen laskenta perustuu kunkin ajoneuvotyypin liikennesuoritteisiin eri väylätyypeillä ja niitä vastaaviin päästökertoimiin. Rikkidioksidi ja hiilidioksidi lasketaan kulutetun polttoainemäärän ja päästökertoimen avulla. Kylmäkäytön ja joutokäynnin päästölisä sekä erityyppiset polttonesteet huomioidaan laskennassa.

Päästöjen vähentämismahdollisuudet

Pakokaasupäästöjen vähentämiseen on periaatteessa olemassa vain kaksi tapaa: ajoneuvojen päästöjen vähentäminen tai liikenteen vähentäminen. Päästöihin voidaan vaikuttaa esim.:

- ajoneuvoteknisillä toimenpiteillä

- kuljettajaan kohdistuvilla toimenpiteillä
- väylään kohdistuvilla toimenpiteillä
- liikennesuunnittelulla ja liikennelainsäädännöllä
- yhdyskuntasuunnittelulla
- taloudellisilla ja hallinnollisilla toimenpiteillä
- korvaavalla teknologialla tai uusilla liikennemuodoilla.

Liikennetekniikan keinoin voidaan pakokaasupäästöjen määrää vähentää autoliikenteen määrää vähentämällä tai liikenteen sujuvuutta parantamalla. Keinoja ovat esim. väylien toiminnallinen luokitus, reitinvalintaan liittyvä opastus, pysäköintipolitiikka, liikenteen fyysiset rajoitukset, lakisääteiset rajoitukset, taloudellinen ohjaus, kulkumuotojakaumaan vaikuttaminen ja liikenneinvestoinnit.

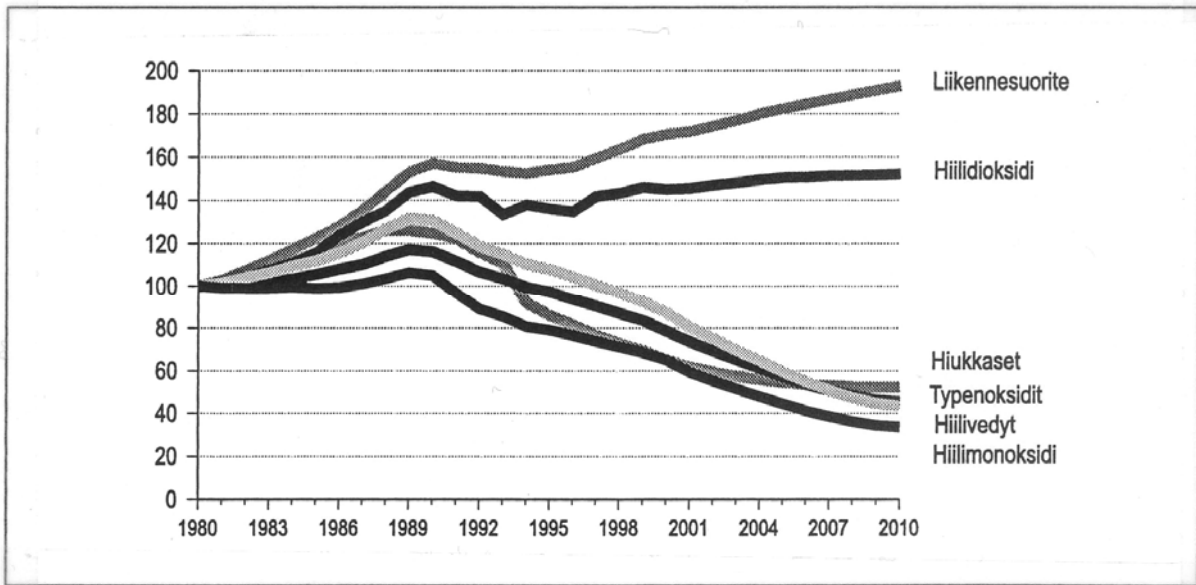
Henkilö- ja tavaraliikenteen *kulkumuotojakaumaa muuttamalla* voidaan päästömääriä vähentää merkittävästi. Henkilöliikenteessä joukkoliikenteen osuutta kasvattamalla voidaan vähentää liikenteen energiankulutusta ja vaikuttaa tiettyjen päästölajien vähenemiseen. Varsinkin raideliikenne on edullista, sillä tällöin päästöt keskittyvät voimalaitoksiin ja ovat helpommin hallittavissa kuin pakoputkista kaupunki-ilmaan levitessään. Henkilöliikenteen päästöihin voidaan vaikuttaa myös henkilöautojen kuormitusastetta nostamalla eli siirtymällä yhteiskäyttöön. Tavaraliikenteessä kuljetusten siirtäminen teiltä raiteille ja vesille silloin kun mahdollista on päästöjen kannalta edullista. Samoin kuljetusten ja jakeliikenteen tehostaminen sekä yhdistettyihin kuljetuksiin siirtyminen vähentävät energiankulutusta ja päästöjä.

Taloudellisina ohjauskeinoina tulevat kysymykseen erilaiset verot ja maksut. Verohelpotuksilla voidaan edistää autokannan uusiutumista. Haittaverolla voidaan suosia vähäpäästöisiä liikennemuotoja kuten rautatieliikennettä. Maksuja voidaan periä esim. keskusta-alueen rajan ylittämisestä, keskustassa ajamisesta tai pysäköimisestä.

Liikenteen määrään voidaan vaikuttaa myös *maankäytön suunnittelulla*. Ihmisten liikkumistarvetta voidaan vähentää sijoittamalla toiminnot järkevästi. Maankäytön suunnittelulla luodaan edellytykset ympäristöystävällisempien kulkumuotojen käytölle. Kaavoituksen yhteydessä päästöille herkät toiminnot voidaan sijoittaa siten, että suora altistus haitallisille aineille jää mahdollisimman vähäiseksi ja että katutila on ilmastoitu.

Liikenteestä aiheutuvia ilmansaastepäästöjen vaikutusta voidaan lieventää *rakenteellisilla toimenpiteillä*, kuten rakennusten julkisivueristyksellä, rakennusmateriaalien valinnalla, päästöjä sietävillä istutuksilla ja koneellisella ilmanvaihdolla. Toimenpiteet tarjoavat lähinnä ensiapua, jolla päästöjen vaikutuksia voidaan hetkellisesti vähentää.

Kuvassa 10-16 on havainnollistettu tieliikennepäästöjen kehitystä vuosina 1980–2010.

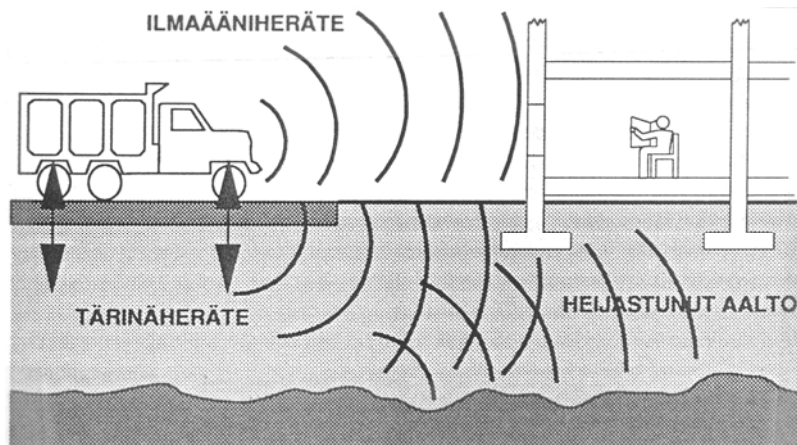


Kuva 10-16. Tieliikenteen päästöjen kehitys 1980–2010 (Vuosi 1980=100) (Tilastokeskus ja Ympäristöministeriö 2003).

10.2.4 Tärinä

Liikenteestä aiheutuu myös tärinää. Tärinä on kiinteässä väliaineessa etenevää mekaanista värähdysliikettä. Liikenne kuormittaa alapuolisia rakenteita ajoneuvon kannalta jatkuvalla ja tierakenteen kannalta pulssimaisella kuormituksella. Tärinää syntyy, kun maaperän tai kallion jännitystilä purkautuu.

Tärinä kulkeutuu rakennuksiin maaperän tärinänä tai pienitaajuisena ilmaäänenä (kuva 10-17). Liikenteen aiheuttama tärinä on melko matalataajuisista (1–80 Hz). Tie- ja rautatierakenteen epäjatkuvuuskohdissa, kuten silloilla, tärinää syntyy huomattavasti ja sen taajuus poikkeaa maarakenteessa syntyvästä tärinästä.



Kuva 10-17. Tärinän kulkeutuminen rakenteisiin (Mäntynen, Kalenoja 1992).

Tärinän fysiologiset vaikutukset ovat samantyyppisiä kuin melunkin vaikutukset. Tärinä aiheuttaa esim. unihäiriöitä ja keskittymisvaikeuksia, sydämen toiminnan kiihtymistä, verenpaineen kohoamista ja hengitystiheyden kasvua. Yleisin haittavaikutus on kuitenkin epämiellyttävyyden tunne ja viihtyisyyden väheneminen. Tärinä voi aiheuttaa myös rakenteiden vaurioitumista. Tärinän vaikutus rakenteisiin riippuu rakenteiden tyypistä ja rakennustavasta.

Tieliikenteen tärinään vaikuttavat mm. tienpinnan ja maaperän ominaisuudet, ajoneuvotyyppi ja ajonopeus. Rautatieliikenteen tärinään vaikuttavat junan pituus, nopeus, kiskon pinnan ja vaunujen pyörien kunto, pohjasuhteet sekä vaihteiden ja kiskoatkosten määrä.

Tärinän torjumiseksi tulisi väylät rakentaa hyvin kantavalle maapohjalle ja riittävän etäälle tärinäherkistä toiminnoista. Tienpinnan tekeminen mahdollisimman tasaiseksi, nopeuden alentaminen ja raskaiden ajoneuvojen ohjaaminen tärinälle alttiiden kohteiden ohi ovat keinoja tärinähaittojen vähentämiseksi.

10.2.5 Muut ympäristövaikutukset

Liikennealueet muodostavat useimmiten ympäristölleen *estevaikutuksen*, jonka suuruus riippuu mm. väylän ylitystarpeesta, väylän leveydestä, liikenteen määrästä ja nopeudesta sekä ylityspaikkojen määrästä ja laadusta. Estevaikutushaittoja voidaan tarkastella ihmisen tai luonnon kannalta. Ihmisen kannalta vaikutus voi olla välitön tai välillinen. Välittömät vaikutukset ilmenevät esteen ylitystilanteessa esim. matkan pitenemisenä, kiertomatka johtuvana epä mukavuutena tai turvattomuuden tunteena. Välillisiä vaikutuksia ovat mm. naapuruston sosiaalisten kontaktien vaikeutuminen, kulkuyhteyksien muuttumisesta aiheutuvat liiketoiminnan muutokset sekä kaupunkikuvan muutokset. Estevaikutukset koettelevat eniten kevyttä liikennettä etenkin vanhuksia ja lapsia. Liikenneväylät haittaavat myös eläinlajien liikkumista ja leviämistä. Estevaikutuksen syntymistä voidaan vähentää liikenneverkon ja maankäytön kokonaisvaltaisella suunnittelulla.

Liikenneinfrastruktuurin rakentaminen *muuttaa maisemakuvaa* ja ohjaa osaltaan maankäyttöä ja yhdyskuntarakenteessa tapahtuvia muutoksia. Maisema tarjoaa tienkäyttäjille näkymiä, joiden vuorottelusta väylän visuaalinen ilme muodostuu. Tiet saattavat pirstoa laajoja luonnonkokonaisuuksia ja tuhota yksittäisiä maamerkkejä, luonnonelementtejä yms. Väylien suunnittelussa tulisikin pyrkiä seuraamaan maisemarakennetta ja sitomaan rakenteet maaston muotoihin. Kaupungeissa liikenneinfrastruktuuri on voimakas kaupunkikuvaa muokkaava tekijä. Kaupunkialueilla väyläsuunnittelussa tulikin pyrkiä kaupunkikuvan eheyttämiseen ja kaupunkirakenteen säilyttämiseen.

Liikenneväylien rakentaminen ja kunnossapito aiheuttavat *muutoksia luonnonympäristöön* väylän alueella ja sen välittömässä läheisyydessä (esim. kasvillisuusmuutokset, vaikutukset maaperään ja pohjaveteen). Väylien rakentamisesta aiheutuu myös välittömiä pöly-, melu-,

tärinä- ja savukaasuhaittoja sekä työkoneiden pakokaasuhaittoja. Väylän käytön aikana aiheutuu tiestä mm. pölyhaittoja. Kunnossapitotoimista varsinkin hiekoittaminen ja tiesuolaus aiheuttavat haittaa luonnolle. Väylien rakentaminen ja kunnossapito *sitoo* myös paljon *luonnonvaroja*, kuten maa- ja kiviaineksia.

Ajoneuvojen rakentaminen ja kunnossapito sekä polttoaineiden tuotanto ja jakelu aiheuttavat ympäristöhaittoja päästöjen ja jätemateriaalien muodossa. Samoin *käytöstä poistetuista ajoneuvoista* aiheutuu näkyviä ympäristöhaittoja. Auton romujen käsittely vaatii monimutkaisia prosesseja ja on varsin kallista. Esim. Suomessa syntyy vuosittain yli 70 000 tonnia romua. Vähemmän haitallisten materiaalien käyttö ja materiaalien kierrätys ovat keinoja haittojen pienentämiseksi.

10.3 Taloudelliset vaikutukset

10.3.1 Yleistä

Liikenne on välttämätön osa yhteiskunnan toimintaa. Ihmiset haluavat liikkua ja kuljettaa tavaroita (ja tietoa) paikasta toiseen. Henkilöiden ja tavaroiden liikkumisen mahdollistamiseksi tarvitaan liikenne- ja kuljetusvälineitä sekä liikenneväyliä. Väylien ja välineiden rakentaminen sitoo resursseja, eli luonnonvaroja, työvoimaa ja pääomaa. Myös itse liikenne aiheuttaa huomattavia kustannuksia. Keskeisenä ongelmana onkin se, miten riittävät palvelut voitaisiin tuottaa mahdollisimman vähin panoksin. Samalla tulee myös miettiä, milloin palvelut ovat riittävät. Avuksi tarvitaan taloustieteellistä tutkimusta.

Taloustiede on oppi niukkojen resurssien tehokkaasta käytöstä. *Makrotaloustiede* tutkii yhteiskuntien kokonaistaloudellisia suureita, kuten kokonaiskysyntä ja -tarjonta. Makrotaloustiede painottuu kansantalouden toimintahäiriöiden, kuten työttömyyden ja inflaation, tutkimiseen. *Mikrotaloustiede* tutkii yksityisten talousyksiköiden, kotitalouksien ja yritysten toimintaa sekä yksittäisten markkinoiden tasapainoehtoja, joiden vallitessa kansantalous toimii tehokkaasti. *Liikennetalous* on pääasiassa mikrotaloustieteen osa-alue. Liikennetalouden tutkimuskohteita ovat mm. liikenteen taloudellinen merkitys yhteiskunnalle (hyödyt, haitat ja niiden arvottaminen), liikennepalvelusten ja -väylien hinnoittelu (mm. liikenteen verotus) sekä investointien kannattavuuden arviointi. Liikennetaloudessa sivutaan myös makrotaloustiedettä esim. arvioitaessa suurten liikenneinvestointien kerroinvaikutusta kansantuloon.

Liikennetalouden erityispiirteitä ovat:

- Liikenteen kysyntä on ns. johdettua kysyntää (*derived demand*). Lopullinen hyödyke ei ole tehty matka sinänsä, vaan sen aiheuttanut syy.
- Matkat ovat ajallisesti ja paikallisesti ainutkertaisia, niitä ei voi varastoida.
- Rahallisten kustannusten lisäksi mukana on osallisten aikauhraus.
- Liikenteellä on ulkoisia ns. vastikkeettomia haittoja (melu, pakokaasut), joista aiheuttajan ei tarvitse maksaa. Liikenneinvestoinneilla on myös sisäisiä (esim. polttoainesäästöt) ja ulkoisia hyötyjä (esim. maan arvonnousu), joista hyötyjän ei tarvitse maksaa.
- Kustannusten arvottaminen on ongelmallista (esim. onnettomuuskustannukset).
- Väylärakenteilla ei ole vaihtoehtoja käyttöä. Liikenneinvestoinnit ovat jaottomia (*indivisibility*, esim. pitkä silta on rakennettava kerralla kokonaan) ja pitkävaikutteisia. Käytöstä ei yleensä peritä välitöntä korvausta.
- Eri liikennemuodot voivat käyttää samoja rakenteita, mistä johtuen kustannusten jako on ongelmallista.

- Julkisen sektorin osuus on suuri:
 - Valtio ja kunnat huolehtivat liikenneverkoista
 - Kilpailu ei yleensä ole vapaata (tariffit, liikenneluvat)
 - Julkinen sektori on myös liikenteen harjoittaja (VR, HKL)
 - Liikenne on verotus- tai subventiokohde.

Liikenteellä on huomattava merkitys niin koko yhteiskunnan taloudelle kuin yksityisten ihmisten taloudellekin. Liikenteen osuus bruttokansantuotteesta oli Suomessa vuonna 2010 7,8 %. Valtion tilinpäätöksestä liikenteen osuus oli 4,5 %. Vuoden 2006 kulutustutkimuksen mukaan kotitaloudet käyttivät noin 16 % yksityisestä kulutuksestaan liikenteeseen.

10.3.2 Liikennetalouden tarkastelunäkökulmat

Liikennetalouden tarkastelunäkökulma voi olla erilainen sen mukaan, kuka asiaa analysoi.

Liiketaloudellinen tarkastelutapa lähtee yksittäisen talousyksikön näkökulmasta ja pyrkii rahamääräisen voiton maksimointiin. Mukana ovat vain ne hyödyt ja kustannukset, jotka ilmenevät rahamääräisesti talousyksikön tilinpidossa.

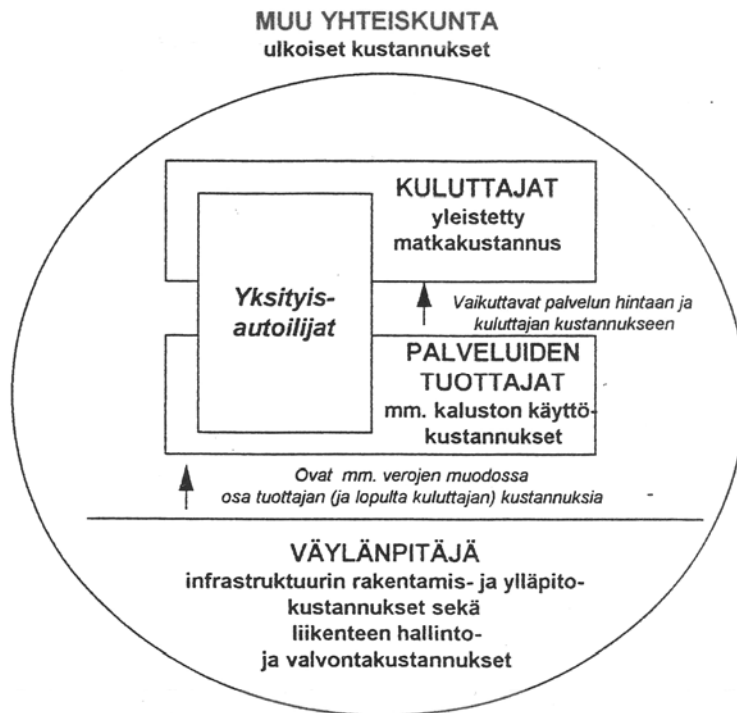
Yhteiskuntataloudellinen tarkastelutapa pyrkii koko yhteiskunnan kannalta parhaaseen mahdolliseen tulokseen eli väestön elinolosuhteiden parantamiseen. Mukana laskelmissa ovat kaikki hyödyt ja kustannukset riippumatta siitä kenelle ne kohdistuvat. Ei-rahamääräisille vaikutuksille (esim. päästöt, ajanhukka) on määritettävä varjohinnat mikäli mahdollista. Vain reaaliset tulot ja menot ovat mukana, tulonsiirrot (verot) eivät.

Muita tapoja ovat mm. *valtionaloudellinen ja kunnallistaloudellinen tarkastelutapa*. Valtion ja kuntien taloustarkasteluissa kyse on tulo- ja menovastaavuudesta.

10.3.3 Kustannukset

Liikenteestä aiheutuu monenlaisia kustannuksia. Kustannukset voidaan jakaa neljään ryhmään (*kuva 10-18*):

- liikennepalvelun kuluttajan yleistetty kustannus
- liikennepalvelun tuottajan liikennöimiskustannus
- liikenteen ulkoiset kustannukset
- liikenneverkon rakentamis- ja ylläpitokustannukset sekä hallinto- ja valvontakustannukset.



Kuva 10-18. Liikennesektorin kustannukset (Metsäranta 1996).

Liikennepalvelujen *kuluttaja* on se, jolla on tarve kulkea tai kuljettaa tavaroita paikasta toiseen. Liikkuminen ja tavaroiden kuljettaminen aiheuttavat kuluttajalle kustannuksia. Kustannuksista osa on rahamääräisiä (esim. matkalipun hinta, polttoaineen hinta, rahtimaksu), osa ei (esim. käytetty aika, onnettomuusriski). *Kuluttajan yleistetty matkakustannus* on rahamääräisten ja muiden kustannusten summa. Se on pitkälle kuluttajan arvostuksiin perustuva kustannustekijä, jonka suuruutta ei voi objektiivisesti määrätä. Kuluttajan yleistettyyn kustannukseen sisältyvät:

- rahamääräinen korvaus liikennöitsijälle tai yksityisautoilijan ajoneuvokustannukset (polttoaine-, rengas-, korjaus-, huolto- ja voitelukustannukset sekä periaatteessa myös auton hankkimis- ja omistamiskustannukset ajettavaa matkaa kohti lasketuina)
- edellisiin sisältyvät verot ja maksut
- matkaan kuluva aika
- koettu onnettomuusriski
- liikennepalvelun saatavuus ja laatu, matkustusmukavuus.

Liikennepalvelujen *tuottajia* ovat esimerkiksi linja-autoyhtiöt, taksiautoilijat ja kuljetusyrietykset. *Tuottajan kustannuksia* ovat:

- kaluston pääomakustannukset
- kaluston käyttö-, huolto- ja korjauskustannukset
- vakuutuskustannukset
- henkilöstökustannukset
- liikennepalvelujen tuottamiseen kohdistettavat yleiskustannukset
- edellisiin sisältyvät verot ja maksut.

Ulkoiset kustannukset ovat taloudellisen toiminnan seurauksena ulkopuoliselle aiheutuneita haittoja, joista haitan aiheuttaja ei maksa korvausta. Ulkoisvaikutukset voivat kohdistua ihmisiin välittömästi tai välillisesti. Ulkoiset kustannukset ovat erityisen mielenkiinnon kohteena liikenteen hinnoittelussa ja vaihtoehtojen arvioinnissa. Liikenteen ulkoisia kustannuksia ovat:

- melun ja tärinän aiheuttamat kustannukset
- päästökustannukset
- muille liikenteessä olijoille aiheutuvat ulkoiset kustannukset (ruuhkautumisen aiheuttama viivytys, lisääntynyt onnettomuusriski)
- onnettomuuksien kustannukset muulle yhteiskunnalle.

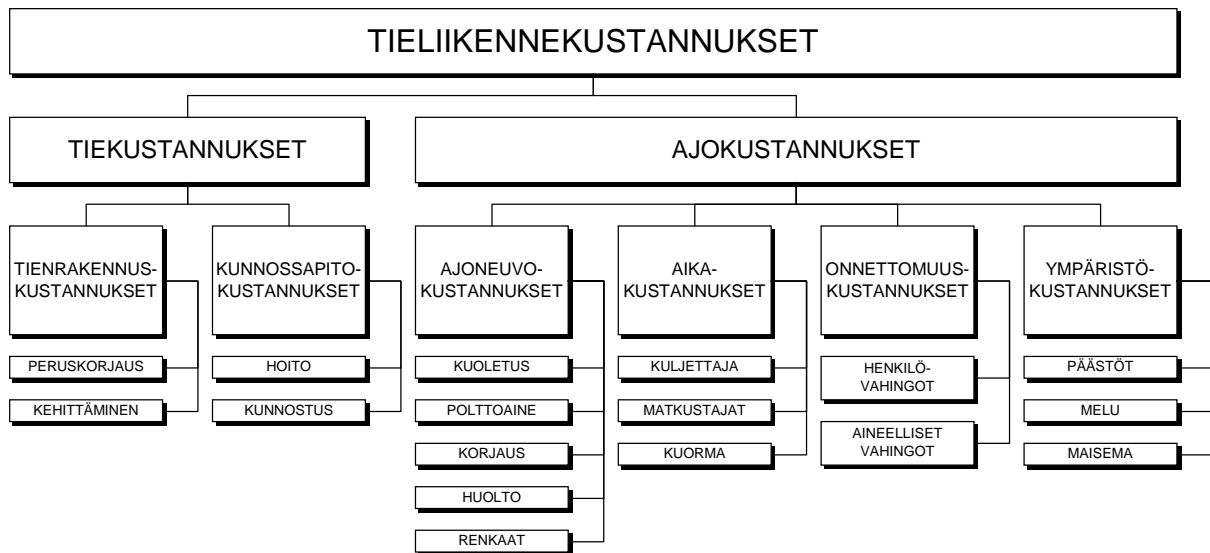
Yhteiskunta vastaa kollektiivisesti osasta liikennemarkkinoiden perusedellytysten olemassaolosta. Julkinen sektori (valtio ja kunnat) ylläpitää verovaroin riittävää liikenneinfrastruktuuria ja hoitaa liikenteen hallinnon ja valvonnan. *Infrastruktuurikustannuksia* ovat:

- suunnittelukustannukset
- lunastuskustannukset
- rakentamiskustannukset
- kunnossapitokustannukset.

Hallinnon kustannuksia synnyttävät julkishallinnon eri yksiköt. Liikenteen *valvonnan kustannuksia* aiheutuu esim. osasta poliisin ja oikeuslaitoksen toimintaa. Ympäristöön kohdistuvat ulkoiset haitat eivät yleensä aiheuta välittömiä kustannuksia julkiselle sektorille. Julkinen sektori kerää kuitenkin veroa ulkoisten kustannusten vastineeksi ja kuluttajien käyttäytymisen ohjaamiseksi.

Liikenteen kustannukset voidaan jakaa myös ns. voimavarakustannuksiin ja yhteiskuntataloudellisiin kustannuksiin. *Liikenteen voimavarakustannuksilla* tarkoitetaan liikennepalvelusten tuottamiseen käytettyjen voimavarojen (raaka-aineet, hyödykkeet, palvelut) hankinnasta aiheutuvia kustannuksia. Voimavarakustannukset muodostuvat markkina-peräisistä vastikkeellisista tekijöistä, joten ne ilmenevät aina rahamääräisinä. Esim. liikennöimis- ja infrastruktuuri- kustannukset ovat voimavarakustannuksia. *Yhteiskuntataloudellisiin kustannuksiin* sisältyvät voimavarakustannusten lisäksi myös mm. liikenneonnettomuudessa kuolleille, meluhaitoille tai liikenteessä kuluvalle vapaa-ajalle annetut ei-markkina-peräiset rahalliset arvot. Yhteiskuntataloudelliset kustannukset muodostuvat siis paitsi vastikkeellisista myös vastikkeettomista tekijöistä, joten ne ilmenevät vain osittain rahamääräisinä.

Tieliikennekustannukset voidaan jakaa tienpitäjän kustannuksiin eli *tiekustannuksiin* ja liikenteen *ajokustannuksiin*. Tarkempi jaottelu käy ilmi *kuvasta 10-19*. Tiekustannusten osuus kokonaiskustannuksista on verraten pieni.



Kuva 10-19. Tieliikennekustannusten jakautuminen.

10.3.4 Hyödyt

Liikennejärjestelmän parantamisesta aiheutuu erilaisia hyötyjä kuluttajille, tuottajille ja julkiselle sektorille ja myös liikenteen ulkoiset haitat voivat pienetä. Aivan kuten kustannuspuolellakin osa hyödyistä on rahamääräisiä, osa ei. Hyötyjä ovat esim.:

- ajoneuvokustannussäästöt
- aikasäästöt
- palvelutason parantuminen
- matkustusmukavuuden lisääntyminen
- yhdyskuntarakenteen jäsentyminen
- maan arvon nousu
- onnettomuuskustannussäästöt
- ympäristökustannussäästöt
- liikennöimiskustannussäästöt
- kunnossapitokustannusten säästöt jne.

10.3.5 Hankkeiden taloudellinen arviointi

Arvioinnin tarkoitus ja ongelmat

Hyödyn tavoittelu on keskeinen taloudellisiin valintoihin vaikuttava tekijä. Liikennejärjestelmiä paranneltaessa pyritään siihen, että hankkeet olisivat yhteiskuntataloudellisesti kannattavia. Tämän takia suunniteltavien hankkeiden kannattavuutta arvioidaan aina ennen kuin päätös toteuttamisesta tehdään. Vaihtoehtoisista toimintatavoista tulisi valita paras mahdollinen.

Arviointia tarvitaan päätöksenteon tueksi. Lopulliseen päätöksentekoon vaikuttaa kuitenkin myös paljon muita kuin pelkästään taloudellisia arvoja, esim. ympäristöarvot, tasapuolisuusnäkökohdat jne. Myöskään taloudellinen arviointi itsessään ei ole objektiivista, vaan siihen liittyy käytännössä lukuisia arvostuksista riippuvaisia tekijöitä ja painotuksia. Arviointiin tuleekin liittyä aina paljon päätöksentekijöiden välistä keskustelua ja mielipiteiden vaihtoa.

Liikennehankkeiden taloudellisessa arvioinnissa ongelmia tuottavat varsinkin sellaiset kustannustekijät, joilla ei ole selkeästi määriteltyjä markkinoita ja markkinahintaa. Tällaisia ovat mm. aika-, onnettomuus- ja ympäristökustannukset ja vaikutukset maisemaan. Ongelmia tuottaa myös se, että koska suuri osa liikenteen hyödyistä ja kustannuksista syntyy vasta pitkän ajan kuluessa tulevaisuudessa, niiden arvo laskentahetkellä tulisi osata määrittää. Liikenteellä on myös paljon erilaisia kerrannaisvaikutuksia, joiden sisällyttämistä laskelmiin tulee tarkoin tapauskohtaisesti harkita, jottei samoja kustannuseriä oteta mukaan useampia kertoja.

Vaikutusten arvottaminen

Markkinahinnat ja varjohinnat

Yhteiskuntataloudellisissa tarkasteluissa pitäisi kustannukset laskea *vaihtoehtokustannusperiaatteen* eli menetetyn hyödyn periaatteen mukaan. Sen mukaan vaihtoehtokustannus on yhtä suuri kuin se hyöty, joka tiettyyn toimintaan käytettävistä resursseista saataisiin parhaassa mahdollisessa vaihtoehtoisessa käytössä.

Jos *markkinahinnat* eivät vastaa menetettyä hyötyä voidaan taloudellisissa laskelmissa käyttää laskennallisia hintoja eli ns. *varjohintoja*, jotka ovat ko. toiminnan vaihtoehtokustannuksen suuruisia. Käytännössä kuitenkin oletetaan, että markkinahinnat kuvaavat riittävän hyvin yhteiskunnallista vaihtoehtokustannusta ja käytetään niitä kannattavuuslaskelmissa.

Sellaiset vaikutukset, joilla ei ole markkinahintaa, pitää pystyä ottamaan jotenkin huomioon yhteiskuntataloudellista arviointia tehtäessä. Varsinkin liikennetaloudessa tämä on erittäin merkityksellistä, sillä liikenteellä on paljon vaikutuksia, joilla ei ole selkeää rahamääräistä arvoa. Tällaisille tekijöille määritetäänkin usein varjohinnat. Ne voidaan määrittää esim. selvittämällä kuluttajien maksuhalukkuus ko. tekijän suhteen esim. RP- tai SP-tutkimuksen avulla (*katso luku 5.3*).

Rakentamis- ja kunnossapitokustannukset

Eri liikennemuotojen osalta verkkojen rakentamis- ja kunnossapitokustannusten arviointi on periaatteeltaan varsin yhdenmukaista. Arvottaminen perustuu markkinahintoihin. Kustannusten suuruus riippuu luonnollisesti paljon toimenpiteen laajuudesta ja paikallisista olosuhteista.

Liikennöimiskustannukset

Tieliikenteen ajoneuvokustannuksia tarkastellaan liikennetaloudellisissa laskelmissa yhteiskuntataloudellisesta näkökulmasta. Erityisveroja ei oteta huomioon, koska ne ovat kansantalouden kannalta siirtoeriä. Liikennevirastossa ajoneuvokustannusten perusarvot määritetään tietyille tyyppiajoneuvoille niitä edustavien autolajien ominaisuuksien perusteella (mm. polttoaineen kulutus, keskim. ajosuorite jne.). Ajoneuvokustannukset muodostuvat polttoainekustannuksista ja verottomista muista käyttökustannuksista, jotka määräytyvät ajosuoritteen mukaan. Tarkastelut on tehtävä hankkeen olosuhteisiin sovitetuilla yksikkökustannuksilla laskentakaavoja apuna käyttäen (kustannuksiin vaikuttavina tekijöinä ovat mm. tien leveys, kaistojen määrä, mäkisyys, kaarteisuus, liittymätiheys, nopeusrajoitus, liikennemäärä).

Muiden liikennemuotojen liikennöimiskustannusten yksikköhinnat määritetään vastaavasti erilaisten kustannusmallien avulla.

Aikakustannukset

Ajan arvon määrittäminen on hyvin vaikeaa ja usein kiistelläänkin, miten ajan arvo pitää ottaa kannattavuuslaskelmissa huomioon. Eri organisaatiot käyttävät laskelmissaan erilaisia arvoja ja arvottamisperiaatteita. Liikenneväylähankkeiden arvioinnissa ajalla on kuitenkin suuri merkitys, koska suurin osa hankkeiden hyödyistä tulee matkojen nopeutumisesta.

Ajan arvon määrittämistä hankaloittaa mm. se, että ajan arvo voi vaihdella sekä rahallisten että ajallisten resurssien vaikutuksesta eli rikkaan ja kiireisen ihmisen aika on arvokkaampaa kuin vähävaraisen työttömän. Samoin toimintamahdollisuudet matkan aikana voivat vaikuttaa aikasäästön arvoon. Myös matkustusmukavuus vaikuttaa ajan arvoon siten, että esim. joukkoliikenteessä kävely- ja odotusaika on eriarvoista kuin ajoneuvossaoloaika. Aikasäästöllä voi olla eri arvo kuin aikahäviöllä ja aikasäästön arvoon voi vaikuttaa säästön määrä. Usein on keskusteltu varsinkin pienten aikasäästöjen jättämisestä pois laskelmista. Toisaalta pienikin säästö voi olla hyvin merkityksellinen kokonaisuutensa lyhyellä matkalla verrattuna pitempään matkaan. Ajan arvon määrittäminen onkin pitkälti sopimuksenvaraista.

Teoriassa liikenteessä käytetyn ajan arvo vapaa-ajan matkoille määräytyy sen mukaan, kuinka arvokkaaksi matkustaja arvostaa kyseisen ajan parhaassa vaihtoehtoisessa käytössä. Työaikana suoritettavan liikematkan aika arvotetaan puolestaan työnantajalle koituvien palkka-, sosiaali- ja muiden kustannusten perusteella.

Liikenneviraston laskelmissa liikenteessä käytetyn ajan arvo on sidottu työntekijän keskimääräiseen bruttotuntipalkkaan ja matkan tarkoitukseen. Työajan matkoilla ajan arvo on 1,2 kertaa bruttotuntipalkan ja vastaavien välillisten työnantajakulujen summa, muilla matkoilla 35 % keskimääräisestä bruttotuntipalkasta. Aikakustannukset (senttiä/km) saadaan laskettua jakamalla autokohtainen ajan arvo matkanopeudella.

Onnettomuuskustannukset

Onnettomuuskustannusten arvioiminen on hankalaa varsinkin siksi, että siinä joudutaan mittaamaan ihmishengen arvo rahassa ja laskemaan sille varjohinta. Onnettomuuskustannuksiin sisältyy kaksi osaa: reaalityaloudelliset menetykset (ajoneuvovahingot, sairaanhoitokulut, uhrin tuotantopanoksen menetys), jotka voidaan selvittää markkinahintojen perusteella, sekä hyvinvoinnin menetykset (ns. riskiarvo), jotka määritetään yksilöllisen maksuhalukkuuden perusteella erikseen kullekin henkilövahinkotyyppille. Riskiarvon kustannusosa sisältää sekä onnettomuuden seurauksena aiheutuvat että koetun onnettomuusriskin aiheuttamat hyvinvoinnin menetykset.

Ajokustannuksia laskettaessa arvioidaan nykyisten ja suunniteltujen teiden henkilövahinkoonnettomuusasteet. Arvioitujen liikennesuoritteiden avulla määritetään odotettavissa olevat onnettomuusmäärät ja edelleen onnettomuuskustannukset.

Ympäristökustannukset

Ympäristökustannusten arvioiminen rahamittallisina on hankalaa aivan kuten aika- ja onnettomuuskustannustenkin. Ympäristöhaittojen arvottaminen voidaan tehdä maksuhalukkuus-, haittakustannus- tai poistokustannusmenetelmillä. Maksuhalukkuusmenetelmässä ihmisiltä kysytään, paljonko he olisivat valmiita maksamaan meluttomammasta ja saasteettomammasta ympäristöstä. Haittakustannusten selvittämisellä tarkoitetaan esim. ympäristöhaitoista aiheutuvien sairaanhoitokustannusten, tuotannon lisäkustannusten ja tuottomenetyksen selvittämistä. Poistokustannusten selvittäminen puolestaan tarkoittaa ympäristöhaittojen vähentämisen tai estämisen aiheuttamien kustannusten selvittämistä.

Liikennevirasto arvioi melun ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen kustannukset. Muita ympäristövaikutuksia ei hinnoitella, vaan ne arvioidaan YVA-menettelyn yhteydessä. Melukustannuksiin sisältyvät haitat, jotka aiheutuvat lähinnä viihtyisyyden vähenemisestä. Kustannukset lasketaan melun häiritseväksi kokevien asukkaiden määrän ja melun yksikköhinnan avulla. Meluhaitat lasketaan päiväajan ulkomelun ekvivalenttitasojen avulla. Haittakustannuksia lasketaan aiheutuvan 55 dB:stä lähtien. Polttoaineperäisten päästöjen kustannuksiin sisältyvät haittojen aiheuttamat taloudelliset menetykset. Yksikköhinnat on määritetty tarkastelemalla sairauksia, korroosiota, likaantumista, viihtyisyyden vähenemistä, metsän ja pellon tuoton vähenemistä sekä ilmastonmuutosta.

Ympäristökustannuksia laskettaessa arvioidaan tiehankkeissa sekä nykyisten että suunniteltujen teiden melualueet ja niillä asuvat asukkaat ja liikenteestä aiheutuvat päästömäärät. Tarkasteluissa otetaan huomioon katalyysaattoreiden yleistymisestä ja ajoneuvojen kehityksestä johtuva päästömäärien aleneminen eri vuosina. Vastaavasti myös vesi- ja rautatie liikenteelle on määritetty kulkumuotoikohtaiset päästökustannusten yksikköarvot.

Laskentamenetelmät

Yleisperiaatteita

Hankkeiden edullisuuden arviointiin ja vaihtoehtojen vertailuun on kehitetty useita erilaisia laskentamenetelmiä. Menetelmät vaihtelevat sen mukaan, arvioidaanko kaikki hyödyt ja kustannukset rahassa vai ei. Jos kaikki vaikutukset arvioidaan rahassa, on kyse *investointilaskelmasta*.

Jos hankkeita ja vaihtoehtoja vertailtaessa tarkasteluihin otetaan mukaan myös vaikutuksia, joita ei voi tai ei haluta muuttaa rahamääräisiksi (esim. vaikutukset asukkaisiin, elinkeinoelämään, ympäristöön ja maisemaan), tehdään hankkeista yleensä kuitenkin aluksi myös yhteiskuntataloudellinen investointilaskelma, jonka perusteella vaihtoehtojen alustava järjestys määräytyy. Varsinaisessa arvioinnissa ei-rahamääräiset vaikutukset voidaan ilmaista esim. määrällisesti tai sanallisesti kuvailemalla. Vertailumenetelminä tulevat kysymykseen esim. *monikriteerianalyysi* ja *tilanneanalyysi* (katso luku 7.2.5).

Vanhin ja yleisimmin käytetty vertailumenetelmä on ns. *hyöty-kustannusanalyysi*. Hyöty-kustannusanalyysi on toimintavaihtoehtojen systemaattinen edullisuustarkastelu, jossa otetaan huomioon eri osapuolille aiheutuvat hyödyt ja kustannukset ja jossa eriaikaiset ja erilaiset vaikutukset pyritään tekemään keskenään vertailukelpoisiksi. Kaikki hyödyt ja haitat arvioidaan rahassa. Hankkeen haittoja verrataan sen aikaan saamiin hyötyihin, ja mikäli hyödyt ovat suuremmat kuin haitat, on hanke kannattava (käytännössä lasketaan tietty edullisuutta kuvaava tunnusluku eli indikaattori).

Hyötykustannusanalyysiin pohjautuvia laskentamenetelmiä ovat:

- nykyarvomenetelmä
- annuiteettimenetelmä
- sisäisen korkokannan menetelmä
- ensimmäisen vuoden tuottoaste -menetelmä
- hyöty-kustannussuhdemenetelmä.

Laskelmaa varten tarvitaan tiedot:

- laskenta-ajasta
- perusinvestoinnin suuruudesta ja vaikutusajasta
- hankkeen juoksevasti syntyvistä kustannuksista (menot, haitat)
- hankkeen juoksevasti syntyvistä hyödyistä (tulot, säästöt)
- investoinnin jäännösarvosta
- laskentakorosta.

Laskenta-aika määräytyy osittain rakenteiden ja laitteiden taloudellisten pitoaikojen ja osittain liikenteen ennustamismahdollisuuksien perusteella. Esimerkiksi Liikennevirasto käyttää tie- ja siltahankkeille laskenta-aikana 30 vuotta.

Hankkeen *investointikustannus* laskentajakson alussa on luonteeltaan kiinteä kerta-kustannus. *Muut kustannukset*, kuten väylän kunnossapitokustannukset ja liikenteen ajo-kustannukset, syntyvät juoksevasti laskentajakson aikana. Ne määritetään vuotuis-kustannuk-sina. Mikäli jollakin hankkeen rakenteella katsotaan olevan käyttöä vielä laskentajakson jälkeen, otetaan *jäännösarvo* huomioon vähentämällä se alkuperäisestä kustannuksesta (diskontattuna nykyarvoonsa).

Investoinnista aiheutuu vaikutuksia pitkällä ajalla. Eri aikoina esiintyvät hyödyt ja haitat voidaan muuttaa keskenään vertailukelpoisiksi diskonttaamalla tulevaisuuden hyöty- ja kustannuserät tarkasteluhetkeen *laskentakoron* avulla. Koron avulla siis selvitetään, kuinka paljon arvokkaampi tietty rahamäärä on nykyhetkellä kuin tulevaisuudessa. Kustannusten ja hyötyjen eriaikaisuus merkitsee myös sitä, että investoinnissa sitoutuu pääomaa. Korko-kantaa voidaanakin pitää investoinnin tuottovaatimuksena. Laskentakoron valinta on usein ongelmallista. Julkisella sektorilla on sovittu laskelmissa käytettäväksi korkokannaksi valtion-hallinnossa 4 % ja kunnallishallinnossa 3 %.

Diskonttauksen keskeiset laskentakaavat ovat:

Kertakaikkisen erän nykyarvo

Diskonttauskertoimen avulla siirretään haluttu rahamäärä K_n valitun korkokannan i (%) mukaan n vuotta ajassa taaksepäin.

$$K = K_n \frac{1}{(1+i)^n} \quad (10-3)$$

Tarkasteluhetkestä rajoitetun ajan jatkuvien samansuuruisien vuotuiserien nykyarvo

Jaksollisten maksujen diskonttauskertoimen avulla siirretään n vuoden vuosierät k niiden alkamishetkeen.

$$K = \frac{k[(1+i)^n - 1]}{(1+i)^n i} \quad (10-4)$$

Nykyarvomenetelmä

Nykyarvo eli pääoma-arvo menetelmässä eriaikaiset kustannukset ja hyödyt tehdään vertailukelpoisiksi diskonttaamalla ne yhteiseen tarkasteluajankohtaan ja laskemalla näiden erotus. Tarkasteluajankohtana käytetään yleensä vuotta, jolloin investointikohde otetaan käyttöön. Laskentakaava investoinnin pääoma-arvon laskemiseksi on siis:

$$P = \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} (H_t - K_t) + \frac{1}{(1+i)^n} J - I, \text{ missä} \quad (10-5)$$

- P = pääoma-arvo
 H_t = hyötyerä (kustannussäästö tai tuotto) vuonna t
 J = investoinnin jäännösarvo laskentajakson lopussa ($t=n$)
 K_t = kustannuserä (käyttö- tai ylläpitokustannus) vuonna t
 I = investointikustannus vuonna 0
 n = laskenta-ajan pituus vuosina
 i = laskentakorkokanta
 t = aika vuosina.

Jos kohteen rakentaminen kestää useita vuosia, investointikustannuksille lasketaan rakentamisajalta korkoa. Jos rakentaminen aloitetaan vuonna $t = -m$ ja otetaan käyttöön vuonna $t = 0$, investointikustannusten I_t nykyarvo saadaan kaavalla:

$$I = \sum_{t=-m}^0 \frac{1}{(1+i)^t} I_t. \quad (10-6)$$

Hanke on kannattava, jos sen pääoma-arvo on suurempi kuin nolla. Vaihtoehtoisista hankkeista paras on se, jonka pääoma-arvo on suurin. Menetelmä sopii luonteeltaan samankaltaisten hankkeiden vertailuun. Nykyarvomenetelmä on kritisoitu mm. siksi, että korko ratkaisee investoinnin kannattavuuden.

Hyöty-kustannussuhde

Hyöty-kustannussuhdemenetelmässä määritellään nykyarvoon diskontattujen hyötyjen ja kustannusten suhde. Suhde voidaan määrittää joko brutto- tai nettoperiaatteella. HK_b mittaa bruttobyötyä suhteessa kokonaiskustannuksiin ja HK_n nettobyötyä suhteessa investointikustannuksiin.

$$HK_b = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} H_t + \frac{1}{(1+i)^n} J}{I + \sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} K_t} \quad (10-7)$$

$$HK_n = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{1}{(1+i)^t} (H_t - K_t) + \frac{1}{(1+i)^n} J}{I} \quad (10-8)$$

Hanke on kannattava, jos sen hyöty-kustannussuhde on vähintään yksi. Vaihtoehtoisista hankkeista edullisin on se, jonka hyöty-kustannussuhde on suurin. Hyöty-kustannussuhde on kannattavuuslaskelmamenetelmistä yleiskäyttöisin ja eniten käytetty.

LÄHDELUETTELO

Asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 5.3.1999/268.

Boverket (1992). Förslag till råd för planering av stadens trafiknät och trafik i sammanhållen bebyggelse TRÅD 1992. 129 s.

Enberg Å., Pursula M. (1988). Jononmuodostus ja palvelutaso kaksikaistaisilla teillä. Tie ja Liikenne luentopäivät 1988. 6 s.

Ernvall T., Luttinen T., Ojala J. (2007). Liikennepolitiikka, Liikennetekniikan seminaari 2006–2007. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 112, Espoo. 197 s.

Euroopan Komissio (2001). Valkoinen kirja. Eurooppalainen liikennepolitiikka vuoteen 2010: valintojen aika. Euroopan yhteisöjen virallisten julkaisujen toimisto. Luxembourg. 123 s.

Euroopan Komissio (2011). Valkoinen kirja. Yhtenäistä Euroopan liikennealuetta koskeva etenemissuunnitelma – Kohti kilpailukykyistä ja resurssitehokasta liikennejärjestelmää. Bryssel 28.3.2011. KOM(2011) 144 lopullinen.

Finavia (2012). Toteutuneiden tilanteiden lentokonemeluselvitykset, melualuekartat. <http://www.finavia.fi/ymparisto/melu/helsinkivantaajamelu/melualuekartat> (Haettu 7.11.2012)

Gunnarsson S-O., Korner J. (1975). Trafikplanering, Förutsättningar och principer. Akademiförlaget, Göteborg.

Haapanen M., Oksanen R. (1986). Kuljetustalous. Ekondata Oy, Espoo. 319 s.

Haapanen M., Ryttilä P. (1986). Kuljetukset. Ekondata Oy, Espoo. 253 s.

Haapanen M., Valta E. (1990). Logistiikka. Ekondata Oy, Espoo. 206 s.

Hallintolaki 6.6.2003/434.

Hallinto-organisaatioiden Internetsivut:

Finavia <http://www.finavia.fi>

Liikenne- ja viestintäministeriö <http://www.lvm.fi>

Liikennevirasto <http://www.liikennevirasto.fi>

Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi <http://www.trafi.fi/>

Luotsausliikelaitos Finnipilot <http://www.finnipilot.fi>

Ympäristöhallinto <http://www.ymparisto.fi>

Heino J. (1991). Liikenteen taloudellinen merkitys. Erikoistyö. Teknillinen korkeakoulu, Liikennelaboratorio.

Helsingin kaupunki (1994). Helsingin kantakaupungin pysäköintiopas. Helsingin kaupunki, Kaupunkisuunnitteluvirasto, Liikennesuunnitteluosasto. Esite. 6 s.

Himanen V. (1984). Ennusteet pettävät, ympäristö muuttuu – mitä tekee liikennesuunnittelija. INSKO 49-84, Luku X. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus ry (INSKO), Helsinki. 3 s.

Hirvonen S. (1987). Liikennejärjestelmän ja maankäytön vuorovaikutus. RIL 165-1 Liikenne ja väylät 1, Luku B5.2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 182–188.

- HKL (2003). Kertomus vuoden 2002 toiminnasta. Helsingin kaupungin liikennelaitos. 23 s.
- HSL (2010). Liikkumistottumukset Helsingin seudun työssäkäyntialueella vuonna 2008. HSL Helsingin seudun liikenne. HSL:n julkaisuja 32/2010. 90 s.
- HSL (2011a). Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma, HLJ 2011. HSL:n julkaisuja 14/2011. Helsinki. 136 s.
- HSL (2011b). Helsingin seudun työssäkäyntialueen liikenne-ennustemallit 2010. HSL Helsingin seudun liikenne. HSL:n julkaisuja 33/2011. 220 s.
- Häkkinen S., Luoma J. (1994). Liikennepsykologia. Hämeenlinna.
- Hölttä T. (1987). Pysäköintitutkimukset, RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, Luku B16.2.2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 393–395.
- Ikkänen P., Kokkarinen V. (2004). Toimialojen kuljetusintensiteetit. Tulevaisuuden näkymiä 2/2004. Tiehallinto, heinäkuu 2004. Helsinki. ss. 5-13.
- Ilmailuhallinto (2008). Ilmailuhallinnon organisaatio. <http://www.ilmailuhallinto.fi/organisaatio> (Haettu 9.1.2008).
- Ilmailulaitos (2007). Lentoliikennetilasto 2006. 21 s.
- Jokinen R. (1987). RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, Luku B9.4, Liikenteen melu ja muut saasteet. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 313–325.
- Joutsensaari J., Mäntynen J., Mäki J. (2000). Tavaraliikenteen infrastruktuurin nykytila ja muutostekijät. Liikenneministeriön julkaisuja 1/2000, Helsinki.
- Kaartokallio M. (1996). EU:n toimielimet, päätöksenteko ja liikennepolitiikka. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Tiedote 33, Otaniemi. 38 s.
- Kaartokallio M. (1997). Liikkumistottumukset ja niiden muutokset pääkaupunkiseudulla. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1997:7. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. 126 s.
- Kalenoja H. (1995). Henkilöliikennemuotojen energiankulutus ja ympäristövaikutukset – Henkilöliikennemuotojen elinkaarianalyttinen vertailu. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Liikenne- ja kuljetustekniikka, Tutkimuksia 3. Tampere. 113 s.
- Kallama M., Silfverberg L. (1984). Materiaalitoimintojen perusteet. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Opetusmoniste 6, Otaniemi. 186 s.
- Karasmaa N. (2000). Joukkoliikenteen kysyntä ja siihen vaikuttavat tekijät. Joukkoliikenne Suomen liikennejärjestelmän osana. Teknillistieteelliset akatemit 2000:1, Helsinki. ss. 29–48.
- Karasmaa N., Kurri J. (2003). Opetusmoniste kurssille Yhd-71.135 Liikennetutkimukset ja -ennusteet. Teknillinen korkeakoulu, Liikennelaboratorio, Espoo. 98 s.
- Kari T. (2003). Uusien oppimis- ja opetusmenetelmien hyödyntäminen liikennetekniikan opetuksessa. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja ympäristötekniikan osasto. 109 s.
- Katajisto P. (1995). Liikennetekniikan seminaari 1994–95, Liikenneturvallisuus, Luku I, Liikenneturvallisuustyö. Otaniemi 27 s.
- Khisty C.J, Lall B.K. (2003). Transportation Engineering, An Introduction. Third Edition. Prentice Hall, New Jersey. 813 s.

- Kokkarinen V. (1996). Liikenteen vertailutietoja eri maista. S2 Liikenteen kysyntä. Tielaitoksen selvityksiä 27/1996. Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki. 80 s.
- Kokkarinen V. (1999). Liikenteen vertailutietoja eri maista. Liikenneministeriön julkaisuja 29/99. Liikenneministeriö, Helsinki. 176 s.
- Kokkarinen V. (2000). Ajokorttien määrän kehitys Suomessa 1980-1999. Tulevaisuuden näkymiä 1/2000. Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka, Helsinki. s. 5–11.
- Kokkarinen V. (2004). Päivityksiä liikenteen vertailutietoja esittäviin kuviin, jotka on esitetty alunperin em. Kokkarisen julkaisuissa. Tiehallinto. 8 Power Point -kalvoa.
- Korpela J. (1996). Liikenteen ulkoiset kustannukset ja hinnoittelu. Tie ja liikenne 10/96. s. 6–11.
- Kärki O., Pajunen K. (2001). Liikenteen ja muiden toimintojen turvallisuuden vertailu 1997–1999. Tiehallinnon selvityksiä 2/2001. Helsinki. 46 s.
- Lahelma H. (1992). Joukkoliikenneinvestointien yhteiskuntataloudelliset vaikutukset. Suomen paikallisliikenneliitto r.y., LT-Konsultit Oy. Helsinki. 116 s.
- Lahti P., Viitanen K., Harmaajärvi I., Karvinen R., Pusin S., Tolsa H. (1989). Suurten liikennejärjestelyjen yhdyskuntarakenteelliset vaikutukset, kolme esimerkkiä. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 1023, Espoo. 246 s.
- Lait ja asetukset: <http://www.finlex.fi>
- Joukkoliikennelaki. 13.11.2009/869.
 - Laki julkisista hankinnoista. 23.12.1992/1505.
 - Laki kadun ja eräiden yleisten alueiden kunnossa- ja puhtaanapidosta. 31.8.1978/669.
 - Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 10.6.1994/468.
 - Taksiliikennelaki. 2.3.2007/217.
- Laurikko J. (1993a). Auto, Ympäristö. Tilastotietoja ja muuta aineistoa.
- Laurikko J. (1993b). Auto, Ympäristö. Yhteensovittamisen ongelmia ja ratkaisuja.
- Lehti E., Ristola K. (1990). Suunnittelu luovaa työtä. Rakennuskirja Oy, Helsinki. 127 s.
- Lehtinen R. (1987). Joukkoliikennetutkimukset, RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, Luku B17.2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 430–432.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2000). Kohti älykästä ja kestävästä liikennettä 2025. Liikenne- ja viestintäministeriö, Ohjelmia ja strategioita 1/2000. Helsinki. 47 s.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2001). Logistiikkaselvitys 2001. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja A 52/2001. Helsinki. 190 s.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2002). Väylät 2030. Väestön ja elinkeinoelämän haasteet liikenneväylien pidolle. Ohjelmia ja strategioita 1/2002. Helsinki. 48 s.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2003a). Liikenneväylähankkeiden arvioinnin yleisohje. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 34/2003. Helsinki. 76 s.
- Liikenne- ja viestintäministeriö (2003b). Liikennejärjestelmäsuunnitelmien laatiminen, Prosessikuvaus. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 43/2003. Helsinki. 58 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2006). Logistiikkaselvitys 2006. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 35/2006. Helsinki. 138 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2007). Liikenne 2030. Suuret haasteet, uudet linjat. Ohjelmia ja strategioita 1/2007. Helsinki. 41 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2012a). Kilpailukykyä ja hyvinvointia vastuullisella liikenteellä. Valtioneuvoston liikennepoliittinen selonteko eduskunnalle 2012. Ohjelmia ja strategioita 2/2012. Helsinki. 65 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2012b). Logistiikkaselvitys 2012. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 11/2012. Helsinki. 169 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2013). Hallinnonala. Saatavissa: <http://www.lvm.fi/web/fi/hallinnonala> (Haettu 17.1.2013).

Liikenne- ja viestintäministeriön asetus tieliikenteen liikennevaloista. Suomen säädöskokoelma 1012/2001.

Liikenneministeriö (1989). Joukkoliikenne ja kaupunkien maankäyttö. Liikenneministeriö, Julkaisuja 33/89, Helsinki. 37 s.

Liikenneministeriö (1991a). Henkilöliikennemuotojen siirtymä- ja korvattavuusmahdollisuudet. Liikenneministeriön julkaisuja 10/91. Helsinki.

Liikenneministeriö (1991b). Kaupunkien joukkoliikenteen palvelutaso. Helsinki. 42 s.

Liikenneministeriö (1991c). Toisen parlamentaarisen liikennekomitean mietintö, Liikenne 2000. Komiteanmietintö 1991:3, Helsinki. 344 s.

Liikenneministeriö (1994a). Kaupunkiseudun liikennejärjestelmän suunnittelu. Yksityiskohdista toimenpidekokonaisuuksiin. Esite. Helsinki. 12 s.

Liikenneministeriö (1994b). Liikenteen väylähankkeiden vaikutus selvitysten yhdenmukaistaminen. Liikenneministeriön julkaisuja 26/94, Helsinki. 48 s.

Liikenneministeriö (1995a). Matkakeskus liikenteen palvelupaikkana. Liikenneministeriön julkaisuja L 41/95. Liikenneministeriö, Helsinki. 89 s.

Liikenneministeriö (1995b). Suomen liikenneinfrastruktuuri 2010. Liikenneministeriön julkaisuja L 15/95. Liikenneministeriö, Helsinki. 96 s.

Liikenneministeriö (1997). Logistiikkaselvitys 1996–1997. Liikenneministeriön julkaisuja 33/1997. Helsinki.

Liikenneministeriö, Tielaitos, Liikenneturva (1992). Liikenneturvallisuuden käsikirja. Tampere. 458 s.

Liikenneministeriön päätös liikenteen ohjauslaitteista. Suomen säädöskokoelma 203/1982.

Liikenneturva (2003). Tieliikenneonnettomuuksien tilastointi Suomessa. <http://www.liikenneturva.fi/suomi/tilastot/tilastoi.htm> (Haettu 10.12.2003).

Liikenneviikku 2/1989. s. 28.

Liikennevirasto (2010). Tieliikenteen ajokustannusten yksikköarvot 2010. Liikenneviraston ohjeita 21/2010. Helsinki. 15 s.

Liikennevirasto (2011a). LAM-kirja 2010. Liikennevirasto 2011, Helsinki. <http://portal.liikennevirasto.fi/portal/page/portal/f/aineistopalvelut/tilastot/tietilastot/lam->

kirja/lam2010.pdf (Haettu 16.1.2012)

Liikennevirasto (2011b). Liikenneviraston organisaatio. Saatavissa:
<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto> (Haettu 27.9.2011)

Liikennevirasto (2011c). Liikenneväylien hankearvioinnin yleisohje. Liikenneviraston ohjeita 14/2011. Helsinki. 37 s. + liitteet.

Liikennevirasto (2011d). Suomen rautatietilasto 2011. Liikenneviraston tilastoja 5/2011. Suomen virallinen tilasto, Liikenne ja matkailu 2011. Helsinki. 52 s.

Liikennevirasto (2012). Henkilöliikennetutkimus 2010–2011. Suomalaisten liikkuminen. Liikennevirasto, liikennesuunnitteluosasto. Helsinki 2012. 98 s. + 3 liitettä.

Liikonen L., Leppänen P. (2005). Altistuminen ympäristömelulle, Tilannekatsaus 2005. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 809. Helsinki. 58 s.

Luttinen R. T. (1997). Luentokalvot kurssille Liikennetalous, syksy 1997. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka.

Luttinen R. T. (1996). Statistical Analysis of Vehicle Time Headways. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 87, Espoo. 193 s.

Lyly S. (1971). Tie- ja katuliikenteen ominaisuudet. Tekniikan käsikirja 6. K.J. Gummerus osakeyhtiö, Jyväskylä. s. 187–228.

Lyly S. (1978). Yhdyskuntien joukkoliikenne. Helsingin teknillinen korkeakoulu, liikennetekniikka, Julkaisu 42, Otaniemi. 169 s.

Lyly S. (1987). Liikenteen kysyntä, RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, Luku B3. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 90–130.

Lyly S., Mantere J. (1982). Liikenneturvallisuus. Helsingin teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Opetusmoniste 4. Otaniemi. 390 s.

Lyly S., Rintamäki H., Pursula M. (1987). Liikenne-tutkimukset, RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, Luku B2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 68–84.

Lyly S., Ryttilä P. (1977). Liikennetekniikan perusteet. Otakustantamo, Espoo. 229 s.

Lyly S., Ryttilä P. (1981). Liikennetekniikan perusteet. Otakustantamo 389, Espoo. s. 62–72.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 5.2.1999/132.

Meluestekäsikirja. Suomen Kuntatekniikan Yhdistyksen julkaisuja 18/97.

Merenkululaitos (2008). Merenkululaitos turvaa meritien maailmalle.
<http://www.merenkululaitos.fi/organisaatio/> (Haettu 9.1.2008)

Metsäranta H. (1996). Liikennetalouden perusteita. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 91, Otaniemi. 84 s.

Mäkelä K., Laurikko J., Kanner H. (2003). Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. LIISA 2002 laskentajärjestelmä. MOBILE2 raportti M2T9916-18. VTT Rakennus ja yhdyskuntatekniikka, Tutkimusraportti RTE 1377/03, Espoo. 97 s.

Mäkinen I., Saarialho A., Timmerbacka E. (1992). Kuljetusjärjestelmät. MH-konsultit Oy, Espoo. 434 s.

Mäntynen J., Kalenoja H. (1992). Liikenteen ympäristövaikutukset ja liikenneturvallisuus, Osa I, Liikenteen ympäristövaikutukset. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tie- ja liikennetekniikka, Julkaisu

18, Tampere. 147 s.

Mäntynen J., Kalenoja H. (1992). Liikenteen ympäristövaikutukset ja liikenneturvallisuus. Osa II, Liikenneturvallisuus. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tie- ja liikennetekniikka, Julkaisu 18, Tampere. 81 s.

Mäntynen J., Pelkonen H. (1994). Liikennetalous. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tie- ja liikennetekniikka, Julkaisu 24, Tampere. 180 s.

Niittymäki J. (1994). Liikennetekniikan kenttämittaukset. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Opetusmoniste 12, Otaniemi. 79 s.

Niittymäki J., Pursula M. (1994). Valo-ohjattujen liittymien simulointi ja ajodynamiikka. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 81, Espoo. 53 s.

Noukka M. (1995). Tieliikenteen telematiikka, sen vaikutukset ja vaikutusten arviointi. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Espoo.

Ojala J., Pursula M. (1994). Taajamien joukkoliikenteen suunnittelu ja hoito. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Opetusmoniste 13, Suomen Paikallisliikenneliitto ry, Otaniemi. 238 s.

Ojala K., Lehtinen R., Vepsäläinen S. (1988). RIL 165-2, Liikenne ja väylät II, Luku B17, Joukkoliikenne. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 428–455.

Peltola H., Aittoniemi E. (2008). Liikenteen ja muiden toimintojen turvallisuuden vertailu 2004–2006. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 38/2008. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki. 56 s.

Penttinen M. (1997). Autonkuljettajien informaatiotarpeet. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Espoo.

Pesonen H., Hillo K. (2007). Neliporrasperiaatteen soveltaminen Hämeenlinnanväylän liikennekäytävän kehittämisessä. Tiehallinnon selvityksiä 15/2007. Helsinki. 46 s. + liitt. 5 s.

Pohjoismaiden tieteknillinen liitto (1978). Liikenteen valo-ohjauksen suunnittelu LIVASU -78. Pohjoismaiden tieteknillinen liitto, Raportti 1:1978, Suomen osajaosto 51, Helsinki. 105 s.

Poutanen O-P., Myllylä M., Hölttä T. (1988). RIL 165-2, Liikenne ja väylät II, Luku B16.2, Pysäköinti. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 392–420.

Pursula M., Innamaa S. (2001). Liikennevirran ominaisuudet. Opetusmoniste kurssille Yhd-71.145 Liikennevirran ominaisuudet. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Espoo. 150 s.

Pöllänen M., Kallberg H., Kalenoja H., Mäntynen J. (2006). Autokannan tulevaisuustutkimus, Tulevaisuuden autokantaan vaikuttavat tekijät ja skenaarioita vuoteen 2030. Ajoneuvohallintokeskus Tutkimuksia ja selvityksiä Nro 4/2006. 50 s.

Ranta S., Kallberg V-P. (1996). Ajonopeuden turvallisuusvaikutuksia koskevien tilastollisten tutkimusten analyysi. Ajonopeuksien liikenneturvallisuusvaikutukset. Tielaitoksen tutkimuksia 2/1996. Tielaitos, Keskushallinto, Tienpidon suunnittelu, Helsinki. 91 s.

Ratahallintokeskus (2007a). Ratahallintokeskuksen toiminta- ja taloussuunnitelma 2009–2012. 74 s. + liitt.

Ratahallintokeskus (2007b). Suomen rautatietilasto 2007. 51 s.

Ratahallintokeskus (2008). organisaatio. <http://www.rhk.fi/rhk/organisaatio/> (Haettu 9.1.2008)

Rauhämäki H., Kouri P. (1991). Liikennetekniikan perusteet, luku 8., Pysäköinti. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Tie- ja liikennetekniikka, Julkaisu 16, Tampere. s. 90–105.

- RIL (2005). RIL 165-1 Liikenne ja väylät I. Luvut 1–2. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry. Helsinki.
- Roine M., Pihlaja M., Hoikkanen M. (1987). RIL 165-1 Liikenne ja väylät 1, Luku B8, Liikenneturvallisuus. Suomen rakennusinsinöörien liitto (RIL), Helsinki. s. 249–280.
- Ruostetsaari I. (1995). Liikennepoliittikkaa etsimässä. S11 Tienpidon yhteiskunnalliset vaikutukset. Tielaitoksen selvityksiä 71/1995. Tielaitos, Helsinki. 158 s.
- Salusjärvi M. (1981). Riskiluvut liikenneturvallisuustyössä. Espoo, VTT, Tiedotteita 45/1981. 76 s.
- Sanasvuori E. (1996). Maankäytön ja liikenteen yhteensovittaminen kaupunkiseudulla. Tielaitoksen selvityksiä 81/1996. S1 Liikenne ja maankäyttö. Tielaitos, Helsinki. 160 s.
- Sane K., Kosonen I. (1994). HUTSIM-käsikirja. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 82. Espoo. 71 s.
- Sauna-aho J. (1987). RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, luku A, Liikennemuodot ja liikennepoliittikka. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 14–36.
- Sauna-aho J. (1987). RIL 165-1 Liikenne ja väylät I, Luku B6, Liikennetalous ja vaihtoehtojen vertailu. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL, Helsinki. s. 202–221.
- Sauna-aho J. (1980). Liikennetalous. Helsingin teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 47, Otaniemi. 408 s.
- Sirkä A., Markkanen A., Metsäranta H. (2000). Henkilöliikenteen infrastruktuurin nykytila ja muutostekijät. Liikenneministeriön julkaisuja 21/2000, Helsinki. 115 s.
- Sisäasiainministeriö (1982). Autoliikenne taajamien suunnittelussa ja eriasteisessa kaavoituksessa. Sisäasiainministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, Tiedotuksia 6/1982, Helsinki. 101 s.
- Sisäasiainministeriö (1982). Kevytliikenne taajamien suunnittelussa ja eriasteisessa kaavoituksessa. Sisäasiainministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, Tiedotuksia 7/1982, Helsinki. 87 s.
- SKAL (2003). Tavara-autoja. Suomen kuorma-autoliitto SKAL.
- Soininen S. (1990). Pääkaupunkiseudun autonomistusselvitys v. 1988. Pääkaupunkiseudun liikennetutkimus 1988. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 1990:7. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Helsinki. 117 s.
- Sorsa T. (1994). Liikennetekniikan seminaari 1993–94, Tutkimusmenetelmät ja -tekniikat, Luku VIII, Liikenteen simulointi. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 93, Otaniemi. 28 s.
- Statens planverk (1975). Stadens trafiknät, cykeln. Statens planverk rapport nr. 33 del 1, Uppsala. 72 s.
- Statens planverk (1977). Stadens trafiknät: trafik vid bostaden. Statens planverk rapport nr 33 del 4, Karlskrona. 88 s.
- Statens planverk (1981). Stadens trafiknät, bilen. Statens planverk rapport nr. 33 del 5, Stockholm. 130 s.
- Statens planverk (1982). Stadens trafiknät, fotgängaren. Statens planverk rapport nr. 33 del 3, Uppsala. 80 s.
- Statens planverk, Trafiksäkerhetsverket, Vägverket (1977). Stadens trafiknät. Trafik vid bostaden. Statens planverk rapport nr 33 del 4. Karlskrona. 88 s.

Steierwald G. (1983). Verkehrsplanung und Städtebau. Universität Stuttgart, Institut für Strassen- und Verkehrswesen, Stuttgart.

Suomen Kaupunkiliitto (1987). Joukkoliikenne Suomen kaupungeissa. Kaupunkiliiton julkaisu nro 400. Helsinki. 124 s.

Suomen kuljetusopas (2008). www.kuljetusopas.com. Opasmedia Oy. (Haettu 9.1.2008).

Suomen kuntaliitto (1994). Kaupunkien liikennesuunnittelu. Helsinki. 64 s.

Tampereen kaupunki, Tie- ja vesirakennushallitus, Liikennetekniikka oy (1971). Tampereen kaupunkiseudun liikennetutkimus 1969. Tampere. 104 s.

Teknillinen korkeakoulu (1992). Liikennesuunnittelu. Liikennetekniikan seminaari 1991–92. Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka, Julkaisu 76. Otaniemi.

Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka (1991). Liikennetekniikan seminaari 1990-1991, Liikennetalous. Julkaisu 74, Otaniemi.

Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka (1992). Liikennesuunnittelu, Liikennetekniikan seminaari 1991–92. Julkaisu 76, Espoo.

Teknillinen korkeakoulu, Liikennetekniikka (1996). Kurssin Liikennetalous opetusmoniste, syksy 1996. Julkaisematon.

Teollisuuden keskusliitto (1992). Kuljettamisesta logistiikkaan. Keskustelumustio 21, Helsinki. 48 s.

Tie- ja vesirakennushallitus (1984), TVH 722326, Taajamatiet, Helsinki. 222 s.

Tiehallinto (2001a). Tieliikenteen ajokustannukset 2000. Suunnitteluvaiheen ohjaus. Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka, Helsinki. 45 s.

Tiehallinto (2001b). Mitä maksaa? Tienpidon kustannuksia 2001. <http://www.tieh.fi/thtieto/mmaksaa.pdf>. (Haettu 9.12.2003).

Tiehallinto (2003a). Liikenneonnettomuudet yleisillä teillä 2002. Tiehallinnon tilastoja 3/2003, Tiehallinto, Tekniset palvelut, Helsinki. 59 s.

Tiehallinto (2003c). Liikenteen automaattinen mittaus. www.tieh.fi/liikennekeskus/lam.htm. (Haettu 6.10.2003.)

Tiehallinto (2003d). The Finnish Traffic Monitoring System. Muistio 6.5.2003. 4 s.

Tiehallinto (2003e). Yleisohjeet liikennemerkkien käytöstä. Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus. Helsinki.

Tielaitos (1990). Tien palvelutaso -kalvosarja. Tiehallitus, Kehittämiskeskus.

Tielaitos (1991). Vähemmän melua – opas tiensuunnittelijoille. Tielaitos, Tiehallitus, Ympäris-tö, Helsinki.

Tielaitos (1992). Tiemerkinntät. Liikennetekniikka. Tielaitos, Tiehallitus, Helsinki.

Tielaitos (1993). Kiertoliittymät. Esite. 4 s.

Tielaitos (1996a). Liikenne- ja autokantaennuste 1995–2020. Tienpidon strateginen projekti S2. Tielaitoksen selvityksiä 50/1995. Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki. 189 s.

Tielaitos (1996b). Liikennejärjestelmäsuunnitelma. Lähtökohtia, Suunnitelman laatiminen, Raportointi. Liikenne ja tieverkko. Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki. 80 s.

Tielaitos (1996c). Liikenteen ohjaus. Viitoitus. Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki.

Tielaitos (1996d). LIVASU 95. Liikennevalot. Liikennetekniikka. Tielaitos, Kehittämiskeskus, Helsinki.

Tielaitos (1996e). Tielaitos kestäväällä tiellä. Tielaitoksen ympäristöpolitiikka ja ympäristöpäämäärät 2005. Tielaitoksen ympäristöohjelma 1996. Tielaitos, Keskushallinto, Helsinki. 12 s.

Tielaitos (1996f). Tieliikenteen telematiikka - E18 Kokeilualue. Muistio 15.4.1996.

Tielaitos (1998). Kevyen liikenteen suunnittelu. Tielaitos, Tiehallinto, Tie- ja liikennetekniikka, TIEL2130016, Helsinki. 151s.

Tieliikenneasetus muutoksineen. Suomen säädöskokoelma (182/1982).

Tieliikennelaki muutoksineen. Suomen säädöskokoelma (267/1981).

Tilastokeskus (2003). Liikennetilastollinen vuosikirja 2003. Suomen virallinen tilasto. Liikenne ja matkailu 2003:17. Helsinki. 216 s.

Tilastokeskus (2007d). Yrittäjäkotalouksien kulutus kasvanut eniten 2001–2006.
http://www.stat.fi/til/ktutk/2006/ktutk_2006_2007-12-19_tie_001.html

Tilastokeskus (2011a). Liikennetilastollinen vuosikirja 2011. Suomen virallinen tilasto, Liikenne ja matkailu 2011. Helsinki. 224 s.

Tilastokeskus (2011b). Suomen tilastollinen vuosikirja 2011. Suomen virallinen tilasto. Helsinki.
http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/vuosikirja2011/. (Haettu 16.1.2013)

Tilastokeskus (2011c). Tieliikenteen tavarankuljetukset, tilastotaulukoita vuodelta 2010.
<http://www.stat.fi/til/kttav/tau.html> (Haettu 16.1.2013).

Tilastokeskus (2012). Tilastokeskuksen PX-Web-tietokannat.
http://pxweb2.stat.fi/database/StatFin/databasetree_fi.asp (Haettu 27.11.2012)

Tilastokeskus, Liikenneturva (2003). Tieliikenneonnettomuudet 2002. Suomen virallinen tilasto, Liikenne ja matkailu 2003:13. Helsinki. 64 s.

Tilastokeskus, Liikenneturva (2011). Tieliikenneonnettomuudet 2010. Suomen virallinen tilasto. Liikenne ja matkailu 2011. Helsinki. 73 s.

Tilastokeskus, Ympäristöministeriö (2003). Luonnonvarat ja ympäristö 2003. Suomen virallinen tilasto. Ympäristö ja luonnonvarat 2003:3. Helsinki. 78 s.

Trafi (2013). Trafian organisaatio. Saatavissa: http://www.trafi.fi/tietoa_trafista/organisaatio (Haettu 17.1.2013)

Transportation Research Board (2000). Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

Tuomela L. (1991). Liikenneturvallisuuksien suunnittelun taustatietoja. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu, Rakennus- ja maanmittaustekniikan osasto, Espoo. 165 s.

Uusiheimala M. (1996). Uudenmaan tiepiirin liikenteen hallintakeskuksen tehtävät ja toiminnot. Tielaitoksen selvityksiä 5/1996. Tielaitos, Uudenmaan tiepiiri, Helsinki. 116 s.

VALT (2003). Vakuutusyhtiöiden liikennevahinkotilasto 2002. Liikennevakuutuskeskus, Vakuutusyhtiöiden liikenneturvallisuustoimikunta (VALT), Helsinki. 104 s.

VTT (2011). LIPASTO – liikenteen päästöt. <http://lipasto.vtt.fi/>

Valtioneuvosto (2001). Valtioneuvoston periaatepäätös tieliikenteen turvallisuuden parantamisesta. 18.01.2001. <http://www.valtioneuvosto.fi/vn/liston/base.lsp?r=1346&k=fi&old=754> (Haettu 10.12.2003).

WSP LT-Konsultit Oy, Liikenne- ja viestintäministeriö, Tiehallinto (2006). Henkilöliikennetutkimus 2004–2005. Helsinki. 82 s.

Ylönen J-L (2011). Autojen nopeudet vuonna 2010. Liikennevirasto, liikenne- ja väylätieto-osasto. Helsinki 2011. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 36/2011. 51 s.

Ympäristöministeriö (1986). Turvallinen ja viihtyisä katu – viisi hidaskatussuunnitelmaa. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennustutkimuksen neuvottelukunta, Julkaisuja 3/1986, Helsinki. 45 s.

Ympäristöministeriö (1992). Liikenneturvallisuus kaavoituksessa. Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, Opas 1/1992, Helsinki. 44 s.

Ympäristöministeriö (1993). Tieliikennemelun laskentamalli. Ohje 6 1993. Ympäristöministeriö, Ympäristönsuojeluosasto, Helsinki. 82s.

Ympäristöministeriö (1995). Ympäristövaikutusten arviointi – parempaan suunnitteluun. Helsinki. 24 s.

Ympäristöministeriö (2002). Raideliikennemelun laskentamalli. Ympäristöopas 97. Helsinki. 117 s.

Ympäristöministeriö (2003). Liikenne yhdyskunnan suunnittelussa. Ympäristöopas 104. Helsinki. 295 s.

Ympäristöministeriö (2006). Liikenneturvallisuus kaavoituksessa. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2006. Helsinki. 82 s.

YTV (1987). Ajoneuvoliikenteen aikavaihteluselvytys, pääkaupunkiseudun liikennetutkimus 1988. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 1987:15, Helsinki. 57 s.

YTV (1992). Väliraportti: Liikennepolitiikan suuntia. Pääkaupunkiseudun liikennejärjestelmäsuunnitelma 2020. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 1992:11. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta (YTV), Liikenneministeriö, Helsinki. 40 s.

YTV (2000). Joukkoliikenteen lippulajitutkimus 1999. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2000:10. Helsinki. 76 s.

YTV (2002a). Liikkumistottumukset ja niiden muutokset pääkaupunkiseudulla vuonna 2000. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 2002:11. YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, Helsinki. 116 s.

YTV (2002b). Matka-aikatutkimus v. 2001. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2002:2. Helsinki 49 s.

YTV (2003). Pääkaupunkiseudun liikenne-ennustemallit 2000. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2003:9. YTV Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta, Helsinki. 195 s.