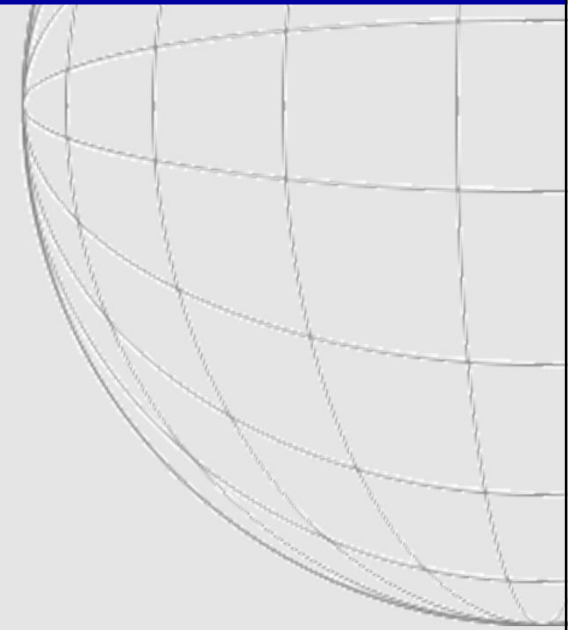


L u e n t o

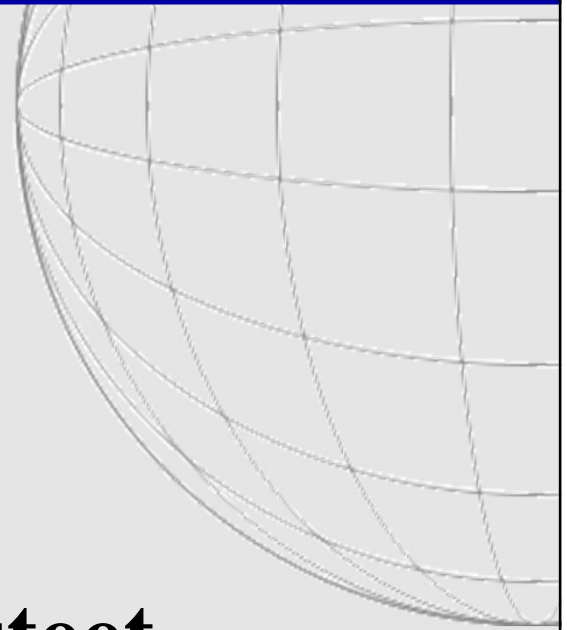
Varastojen hallinta



Luennon sisältö

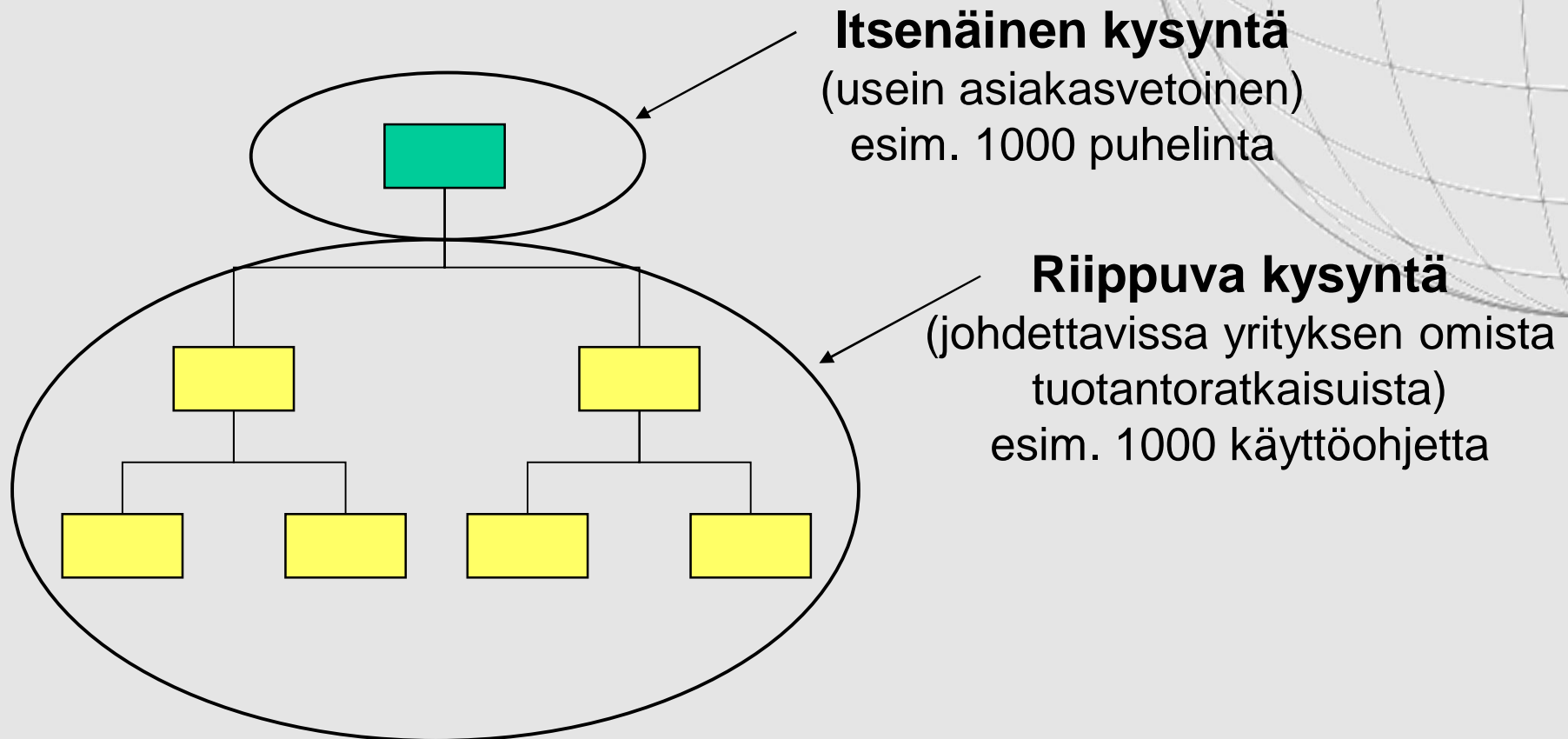
- Varastohallinnan perusteet
- Kiinteä tilausmäärä (Q)
- Kiinteä tilausperiodi (P)
- Muita malleja

Varastohallinnan perusteet



Varastonhallinta riippuu kysynnän laadusta

- case itsenäisen vs. riippuvan kysynnän nimikkeet -



Kuinka paljon ja milloin tilataan?

Varastonhallinta riippuu kysynnän laadusta

- case itsenäisen vs. riippuvan kysynnän nimikkeet -



Itsenäisen kysynnän nimikkeet

Materiaali- tyyppi	Lopputuotteet ja varasosat
Tavoite	Vastata asiakkaiden tarpeeseen
Kysynnän malli	Satunnainen
Ennus- teiden pohja	Aikaisempi kysyntä
Tilaus- filosofia	Täydennysorientoitunut
Eräkoko	EOQ ja muut varastohallintamallit
Valvonta	ABCD-analyysin pohjautuva



*Tietotekniikka auttaa,
mutta ei ratkaise!*

Varastonhallinta on yllättävän poikkifunktionaalista!

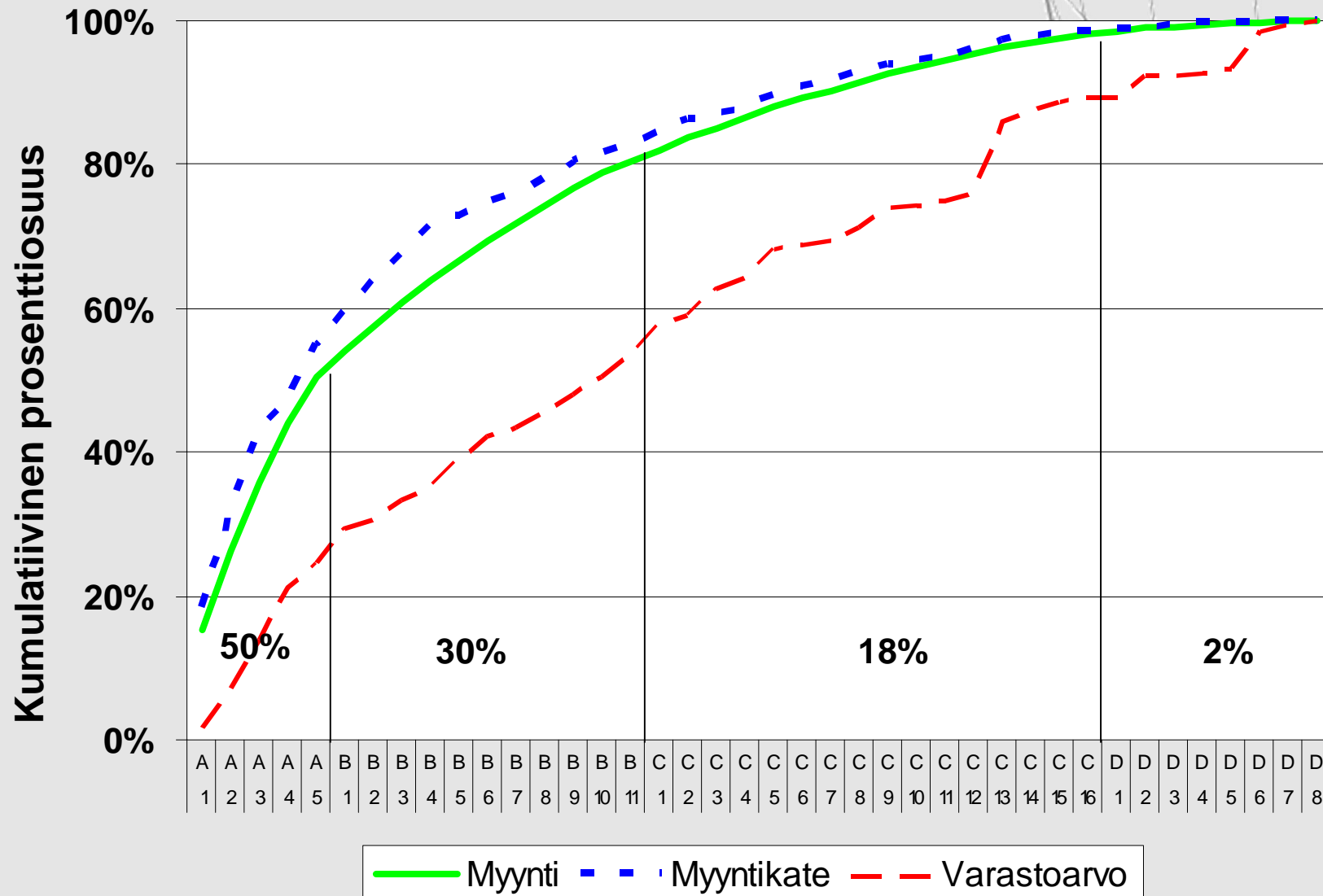
- **Tehokkaan hallintajärjestelmän pyörittäminen on kokonaisvaltainen prosessi**
 - kyettävä luokittelemaan tuotevalikoima ja valitsemaan sopivimmat hallintamallit jokaiselle tuotteelle
 - pystyttävä tekemään luotettavia kysyntäennusteita
 - estimoitava oikein jokaisen tuotteen varastoinnin kustannuskomponentit (säilytys, tilaaminen ja muut)
 - ymmärrettävä toimitusaikojen ja niiden vaihtelun merkitys
 - asettava palvelutasot järkevästi jokaisella tuotteella
 - hallittava varastokirjanpito ja varmistettava tietojen virheettömyys
 - jne.

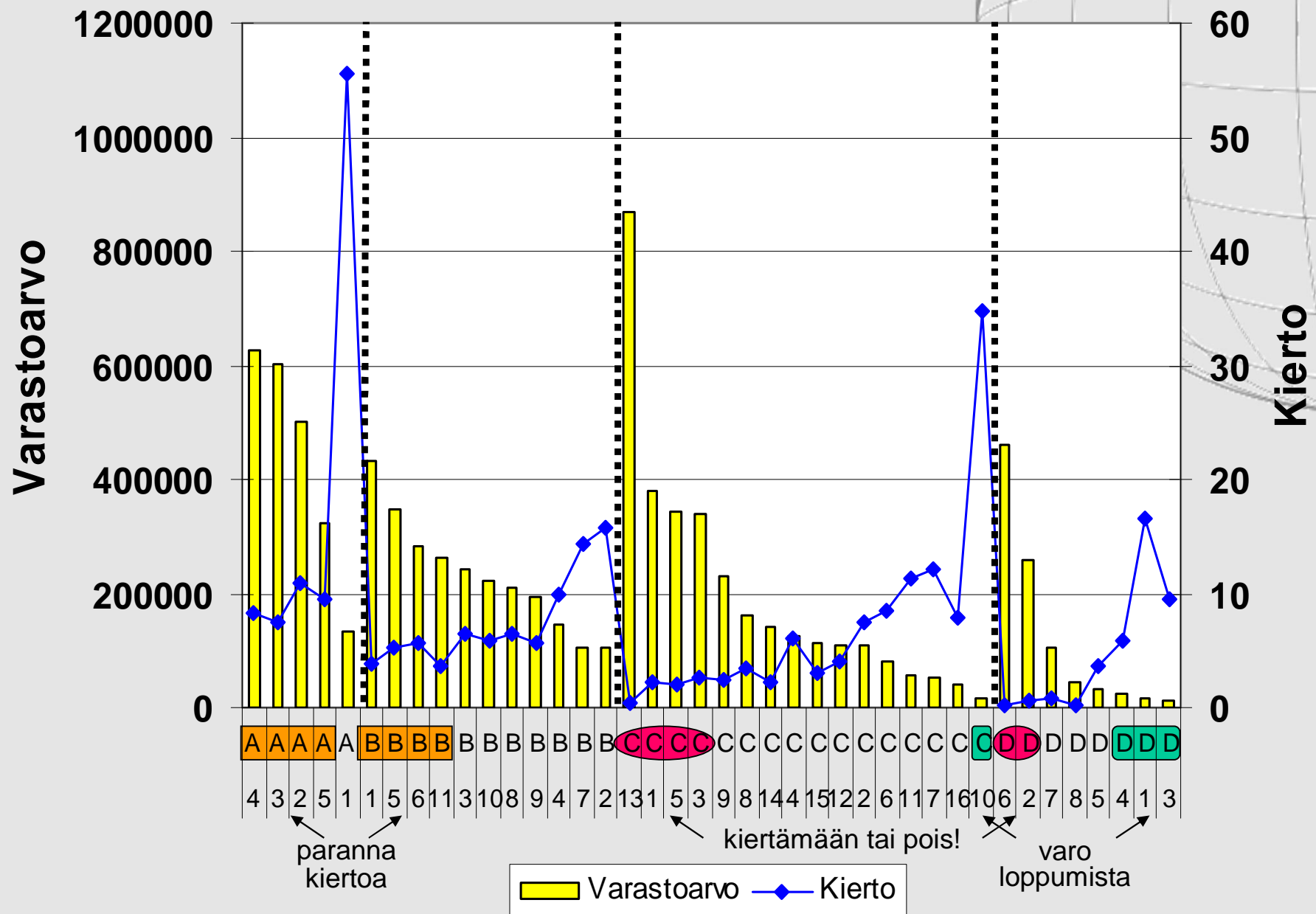
Myynti vaikuttaa varastohallintaan

- ABCD-luokittelu -

- **Varastoitavien tuotteiden tärkeyksissä eroja**
 - myynti- / käyttömäärät, tuottopotentiaali, sijoitettu pääoma, puutekustannus, kriittisyys jne. ⇒ tuotteita tulee ohjata eri tavalla
 - ABCD-luokittelu jakaa tuotteet 4 kategoriaan myynnin perusteella
- **A- ja B-tuotteiden kohdalla tavoitteena korkea kierto ja hyvä palvelukyky**
 - tiukka vahtiminen, ”jatkuva (A) ja jaksottainen menetelmä (B)”, säännöllinen täydennys (muuttuva erä koko) ja pienet toimituserät
- **C- ja D-tuotteiden kohdalla tavoitteena taloudellisen taakan minimointi**
 - ”jaksottainen ja 2 -laatikon menetelmä”, täydennyskustannusten minimointi, nimikkeiden vähentäminen
- **Luokittelu huomioi ainoastaan myyntimäärän**
 - perusmuodossaan ei huomioi tuotteen elinkaarta, kriittisyysastetta, ”strategisia ominaisuuksia” jne.

Pieni osuus tuotteista toisia tärkeämpiä







Myös tavoitteet vaikuttavat varastohallintaan

Swatch



- Alhainen hinta
- Isoja alennuksia
 - ka. kate
 - ka. kierto

Minimoi ylimääräiset

Satsaa markkinatutkimukseen
Varastoi myös keskitetysti
Reagoi aikaiseen myyntidataan

Citizen



- ka. hinta
- Ei alennuksia
- Korkea kate
- Korkea kierto

Maksimoi volyymi

Varmista palvelutaso
Sijoita myyntivarastoihin
Paranna ennustamista

Rolex

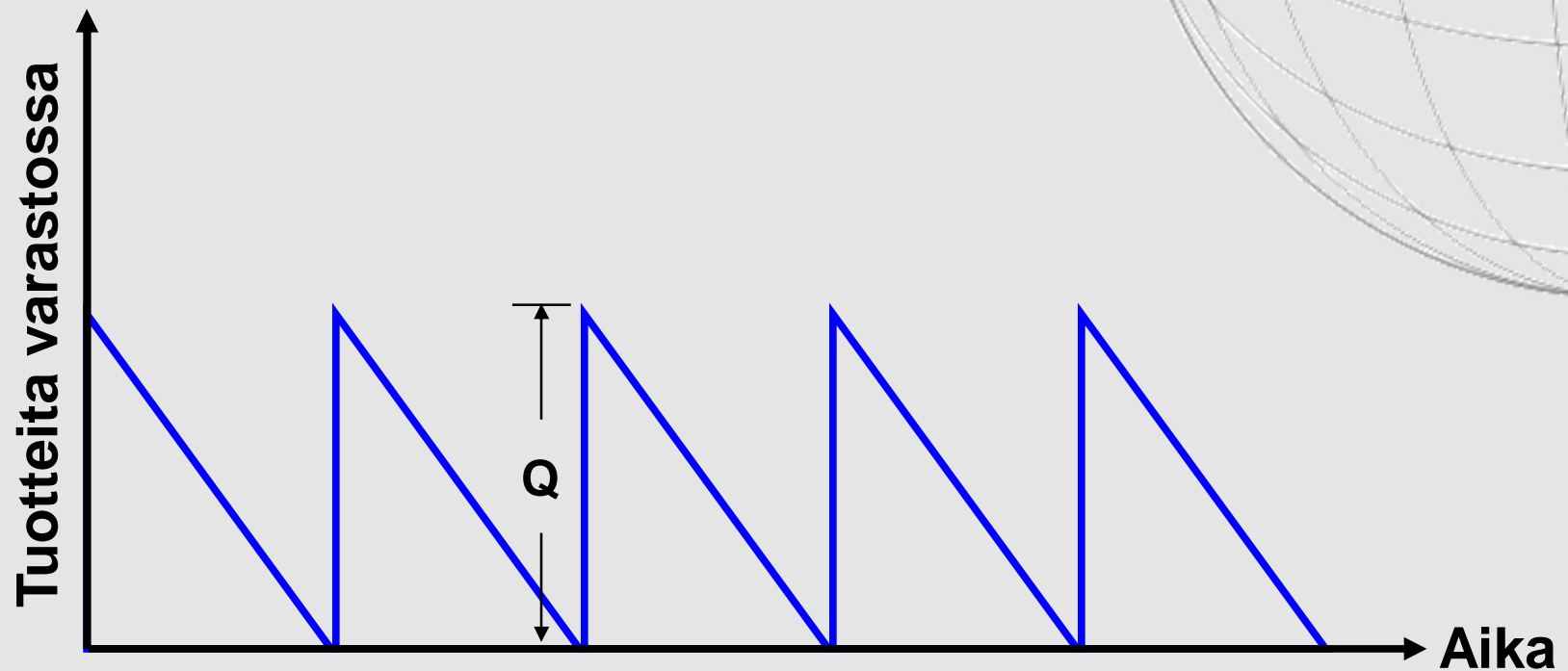


- Korkea hinta
- Ei alennuksia
 - ka. kate
- Huono kierto

Minimoi varastokustannukset

Alhaisemmat palvelutasot
Keskitetyt varastot
Toimipisteiden väliset kuljetukset

Varastohallinta on teoriassa yksinkertaista - rajallinen määrä muuttujia ja klassinen sahalaitakuvio -



Yksi tuote, tasainen kysyntä, vakio toimitusaika jne.

Käytännössä malleissa paljon muuttujia

- **Kysynnän luonne**
 - tasainen vs. muuttuva
 - tunnettu vs. satunnainen
 - jatkuva vs. diskreetti
- **Toimitusaika**
 - välitön
 - vakio vs. satunnainen
 - deterministinen vs. stokastinen
 - sisäinen (viiveellinen/hidas)
- **Valvonta- / hallintamalli**
 - jatkuva vs. jaksottainen valvonta
- **Suunnittelun aikahorisontti**
 - yksi jakso, monta jaksoa, ääretön
- **Kapasiteetti / resurssit**
 - rajaton vs. rajallinen
- **Alennusten luonne**
 - ei, kpl-kohtainen, epäjatkuva, kertal.
- **Ylisuurikysyntä**
 - ei huomioida, menetettyä myyntiä, jälkitoimitukset, korvaavat nimikkeet
- **Nimikkeiden lukumäärä**
 - yksi vs. monta
- **Nimikkeiden elinikä**
 - ikuisia, tasaisesti vanhenevia, epälineaarisesti vanhenevia
- **Nimikkeiden riippuvuus**
 - itsenäisiä, korrelaation omaavia, toisistaan rakenteellisesti riippuvia
- **Varastojen lukumäärä**
 - yksi, rinnakkaisia, peräkkäisiä

Varastohallinnan perusmallit



- **Kiinteä tilausmäärä -mallit** (K&R: Q-system)
 - tilauserän koko vakio, tilausten aikaväli vaihtelee
 - economic order quantity (EOQ)
 - volyymialennukset
 - economic production lot size (ELS)
 - vaatii jatkuvaa varastovalvontaa
 - yleistyneet viime aikoina tietoteknisten ratkaisuiden yleistyessä ja hintojen laskiessa (esim. viivakoodit, kassajärjestelmät, äänitunnisteet)
- **Kiinteä tilausperiodi -mallit** (K&R: P-system)
 - tilauserän eräkoko vaihtelee, tilausten aikaväli vakio
 - perustuu jaksottaiseen varastovalvontaan
 - menetelmänä vielä tällä hetkellä yleisemmin käytetty
- **Muita malleja**
 - esim. erilaiset laatikkojärjestelmät

Perusmallit toistensa vastakohtia

	Kiinteä tilausmäärä -mallit (Q)	Kiinteä tilausperiodi -mallit (P)
Varastoalvonta	Jatkuva	Jaksottainen
Tilauserän koko	Vakio (esim. EOQ)	Vaihtelee (lasketaan tilauksen ylätasosta)
Tilausten aikaväli	Vaihtelee (varaston pudotessa tilauspisteeseen)	Vakio (varaston tarkastelu- välin välein)
Organisoinnin kustannukset (esim. IT)	Korkeammat	Matalammat
Varaston koko	Pienempi	Suurempi
Sopivat tuotteet	Kriittiset, paljon myyvät, tuotteet	Vähemmän kriittiset tuotteet

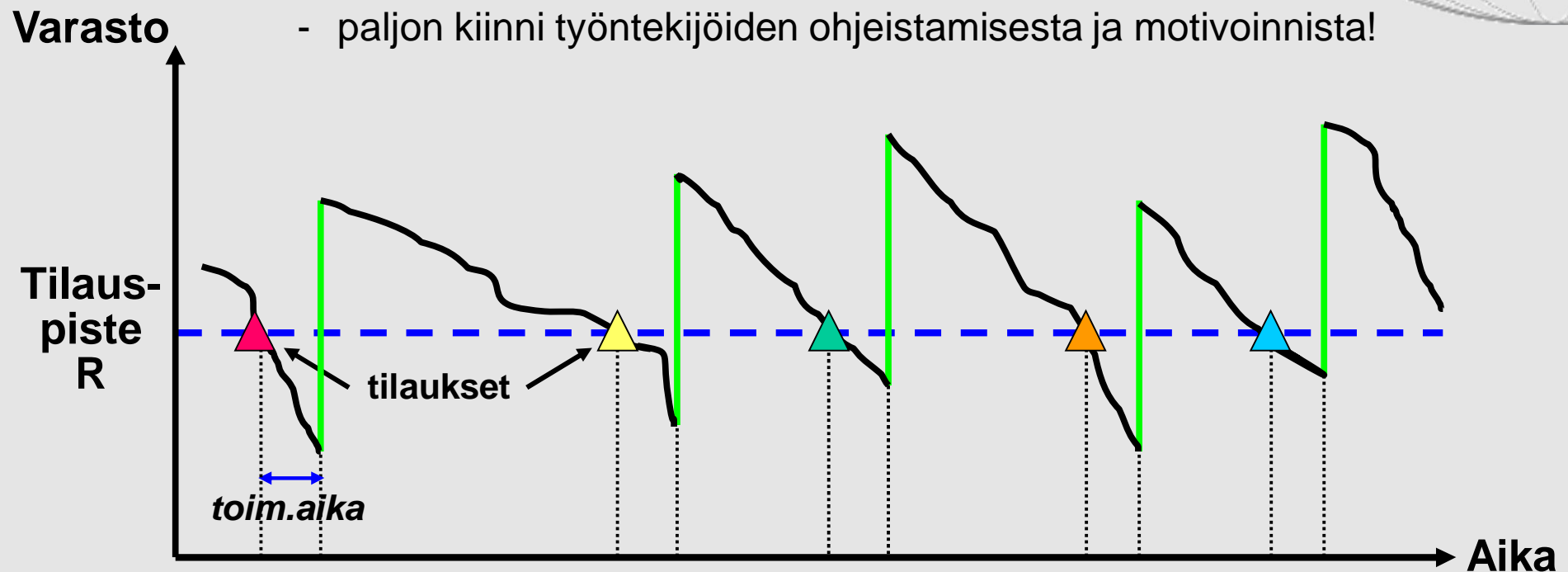
A wireframe globe is positioned in the upper right corner of the slide, showing a grid of latitude and longitude lines.

Kiinteä tilausmäärä -mallit (eli jatkuva varastovalvonta)

Kiinteä tilausmäärä

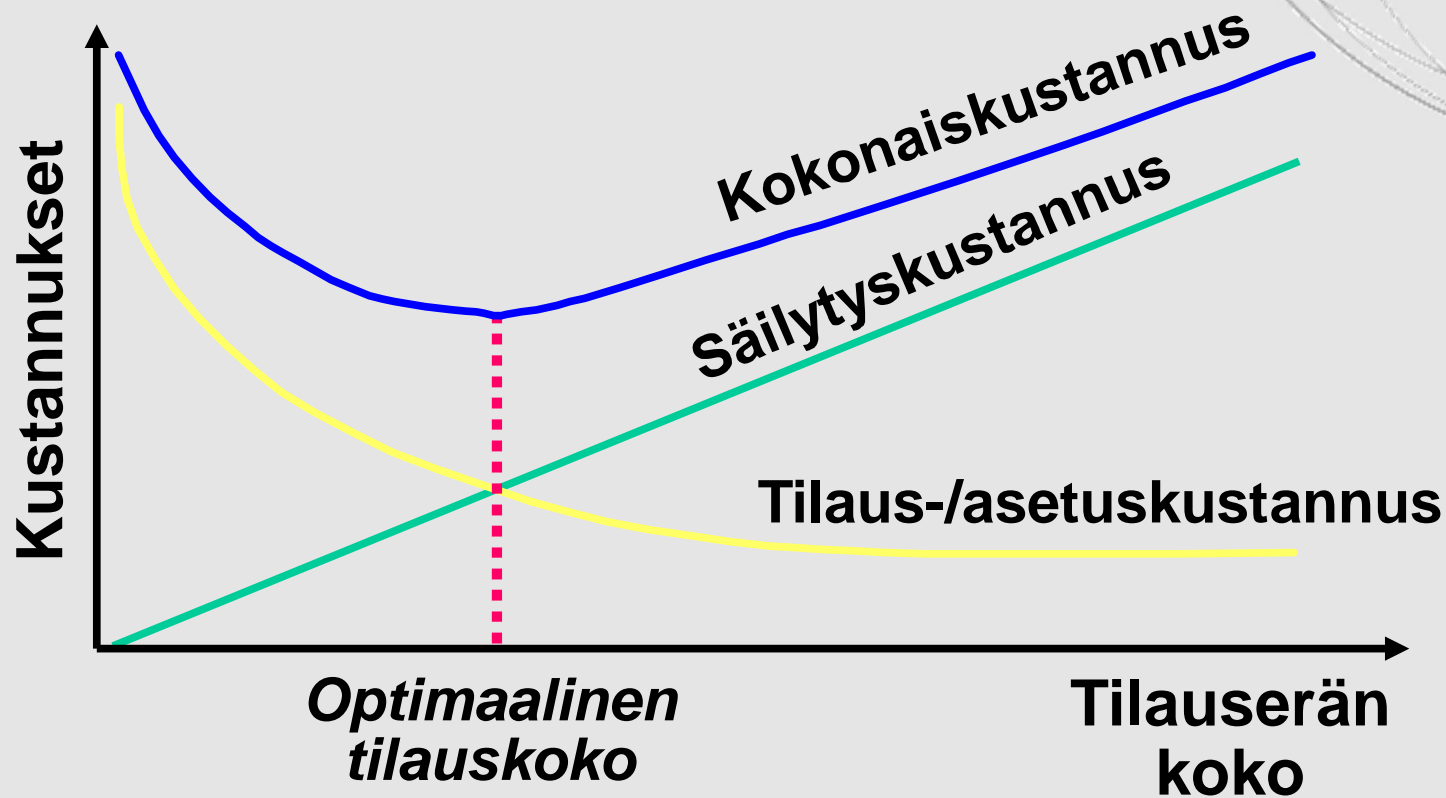
- continuous review, Q-system -

- Kiinteän tilausmäärän malleissa vakiokokoinen tilaus tehdään muuttuvilla tilausajankohdilla
 - keskeisinä kysymyksinä tilauksen eräkkö ja "oikea" tilausajankohta (tilaus-toimitusviive, palvelutaso ja varmuusvaraston koko...)
 - vaatii paljon erityisesti varastotiedoilta koska tietojen oltava aivan oikein
 - paljon kiinni työntekijöiden ohjeistamisesta ja motivoinnista!

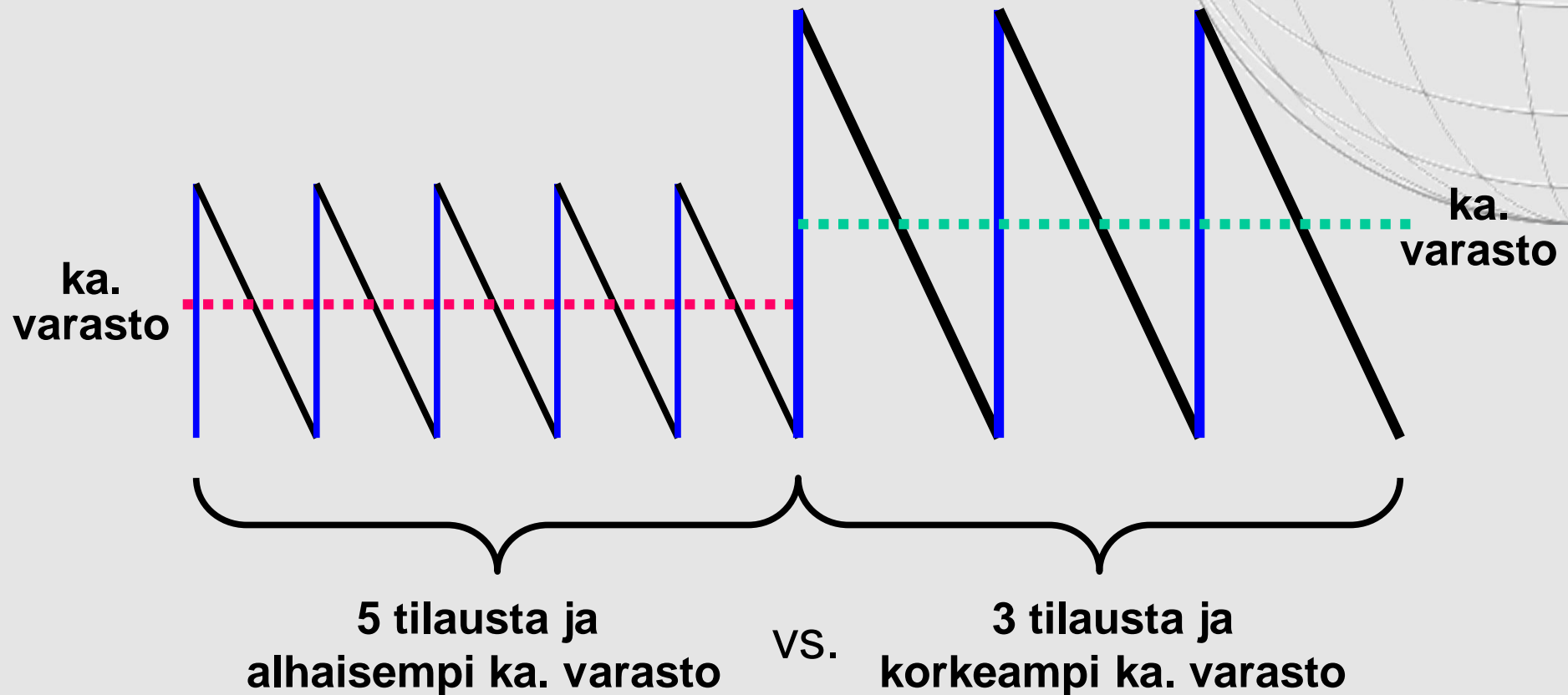


Kustannusten välillä selvä trade-off

- optimaalinen tilauskoko EOQ -



Optimaalinen tilauskoko riippuu kustannuskomponenttien suuruudesta



EOQ:n laskeminen

1. Määritä säilytyskustannus per tuote (ei aina helppoa L)

$$\text{Säilytyskustannukset} = \frac{Q}{2} (H) = \frac{\text{Eräkkoko}}{2} * \text{Säilytyskustannus per tuote}$$

2. Määritä tilauskustannus per tilaus (ei aina helppoa L)

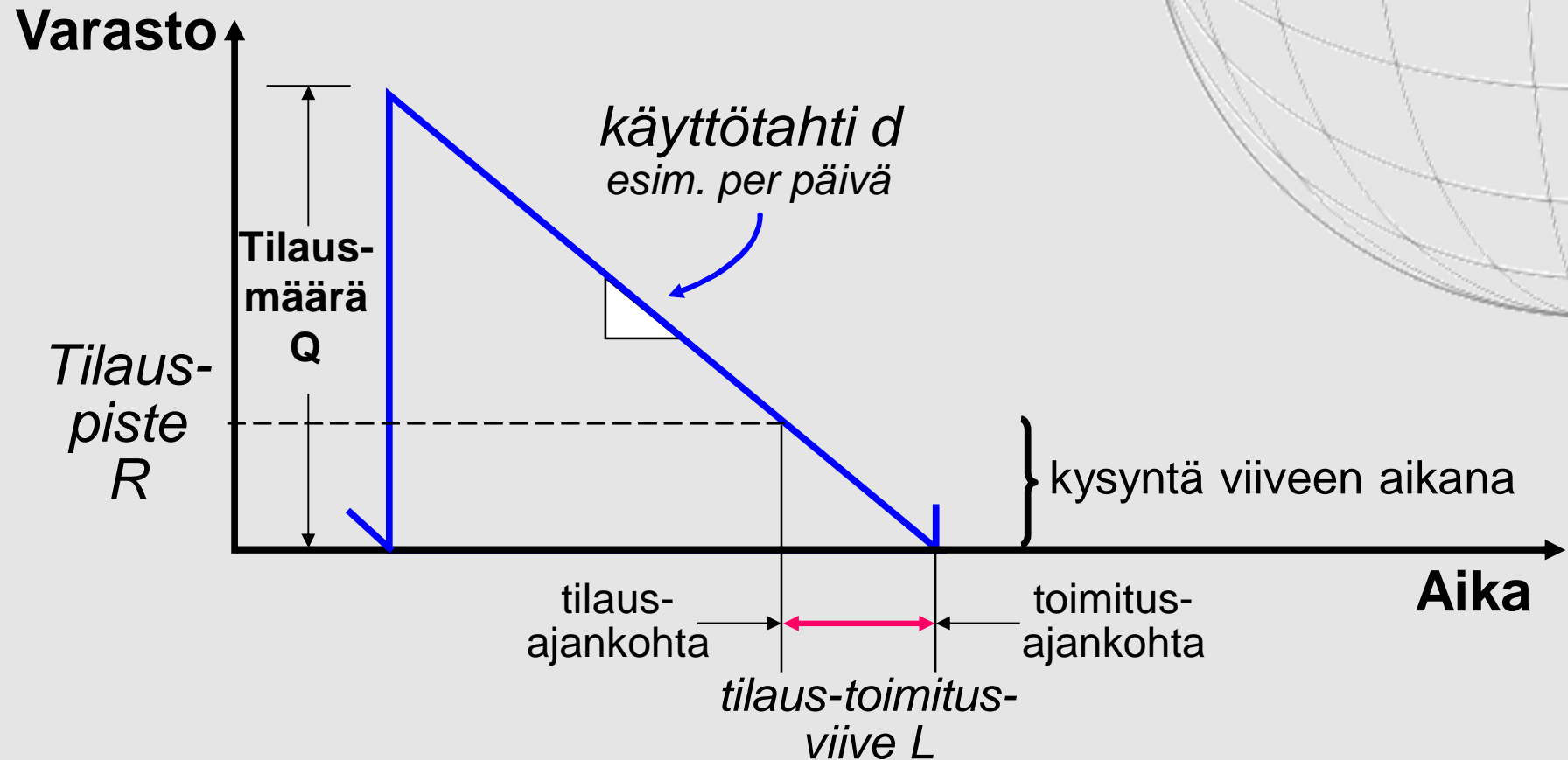
$$\text{Tilauskustannukset} = \frac{D}{Q} (S) = \frac{\text{Kysyntä}}{\text{Eräkkoko}} * \text{Tilauskustannus per tilaus}$$

3. Ratkaise kokonaiskustannusten derivaatan nollakohta (= millä eräkoolla säilyttäminen ja tilaaminen on yhtä kallista J)

$$\text{EOQ} = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2 * \text{Kysyntä vuodessa} * \text{Tilauskustannus per tilaus}}{\text{Säilytyskustannus per tuote per vuosi}}}$$

Tilauspisteen määrittäminen EOQ-mallissa

$$- R = dL -$$



Tilaa EOQ:n osoittama määrä varaston pudotessa tilauspisteeseen

Tarkkana:
EOQ -kaavan
yksiköt muistettava!

EOQ esimerkki

Kissahotelli tarvitsee toimiakseen runsaasti kissanhiekkaa. Kissanhiekasta hotellyrittäjä joutuu maksamaan \$11,70/pussi ja hiekan tarve on keskimäärin 90 pussia viikossa. Tilaukustannusten hän on arvioinut olevan \$54 per tilaus ja säilytyskustannusten 27% ostohinnasta (per annum). Hiekan toimitusaika on tällä hetkellä 3 viikkoa (18 työpäivää). Hotelli käyttää jatkuvaa varastovalvontaa ja on auki ympäri vuoden (52 viikkoa, 6 päivää viikossa). Laske optimaalinen tilauskoko, tilausten väli, tilauspiste ja vuosittaiset kokonaiskustannukset.

Tilauskoko:
$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}} = \sqrt{\frac{2*(90*52)*54}{11,70*27\%}} = 400 \text{ kpl}$$

ka.varasto
200 kpl

Tilausten väli:
$$TBO = \frac{EOQ}{D} = \frac{400}{90*52} = 0,08547 \text{ vuotta} \approx 4,44 \text{ vko}$$

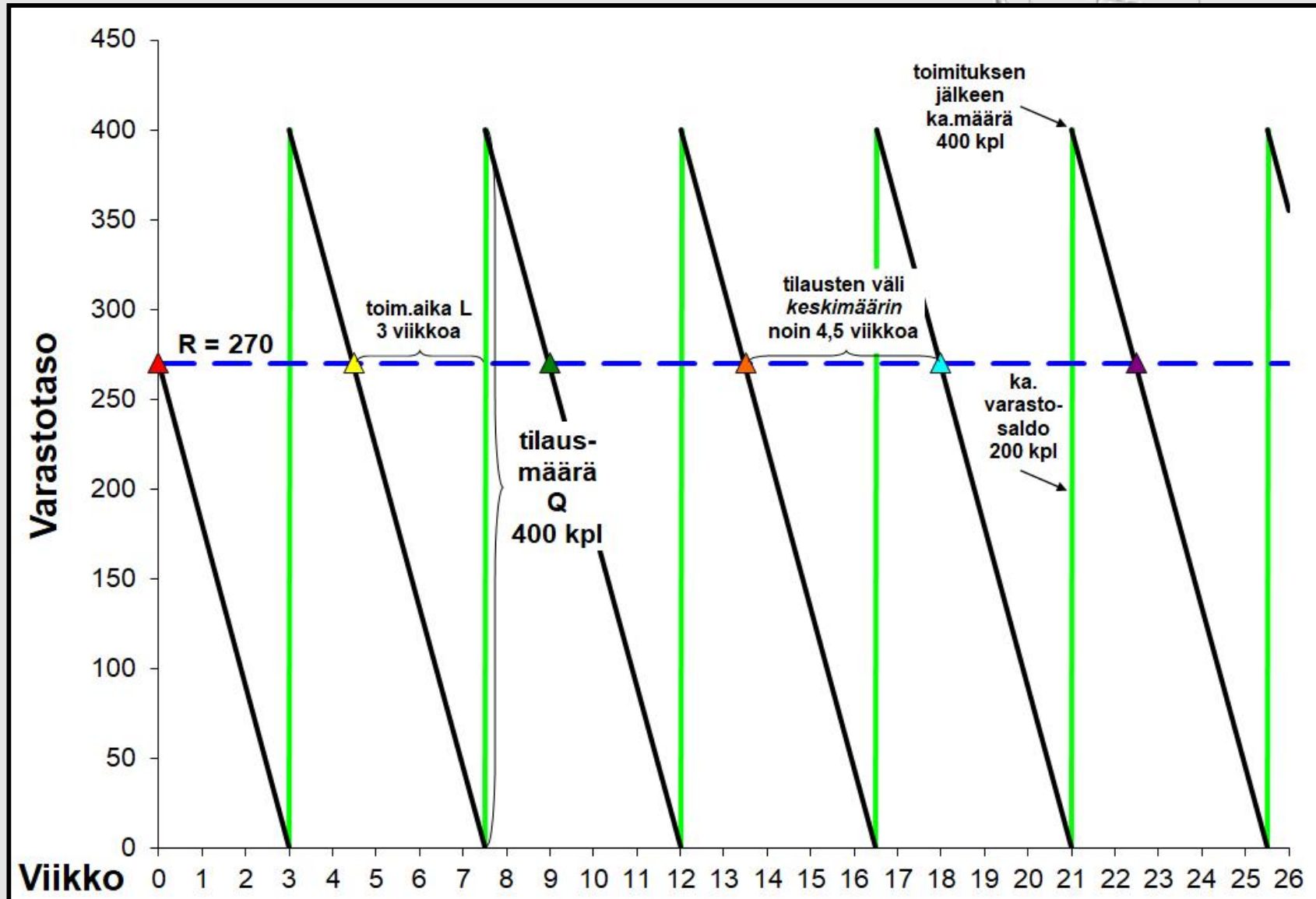
tilauksia vuodessa
11,7 kpl

Tilauspiste:
$$R = dL = 90*3 = 270 \text{ kpl}$$

Kustannukset:
$$TC = \frac{Q}{2} * H + \frac{D}{Q} * S = \frac{400}{2} * (11,70*27\%) + \frac{4680}{400} * 54$$

$$TC = 631,80 + 631,80 = \$1263,60$$

EOQ esimerkki

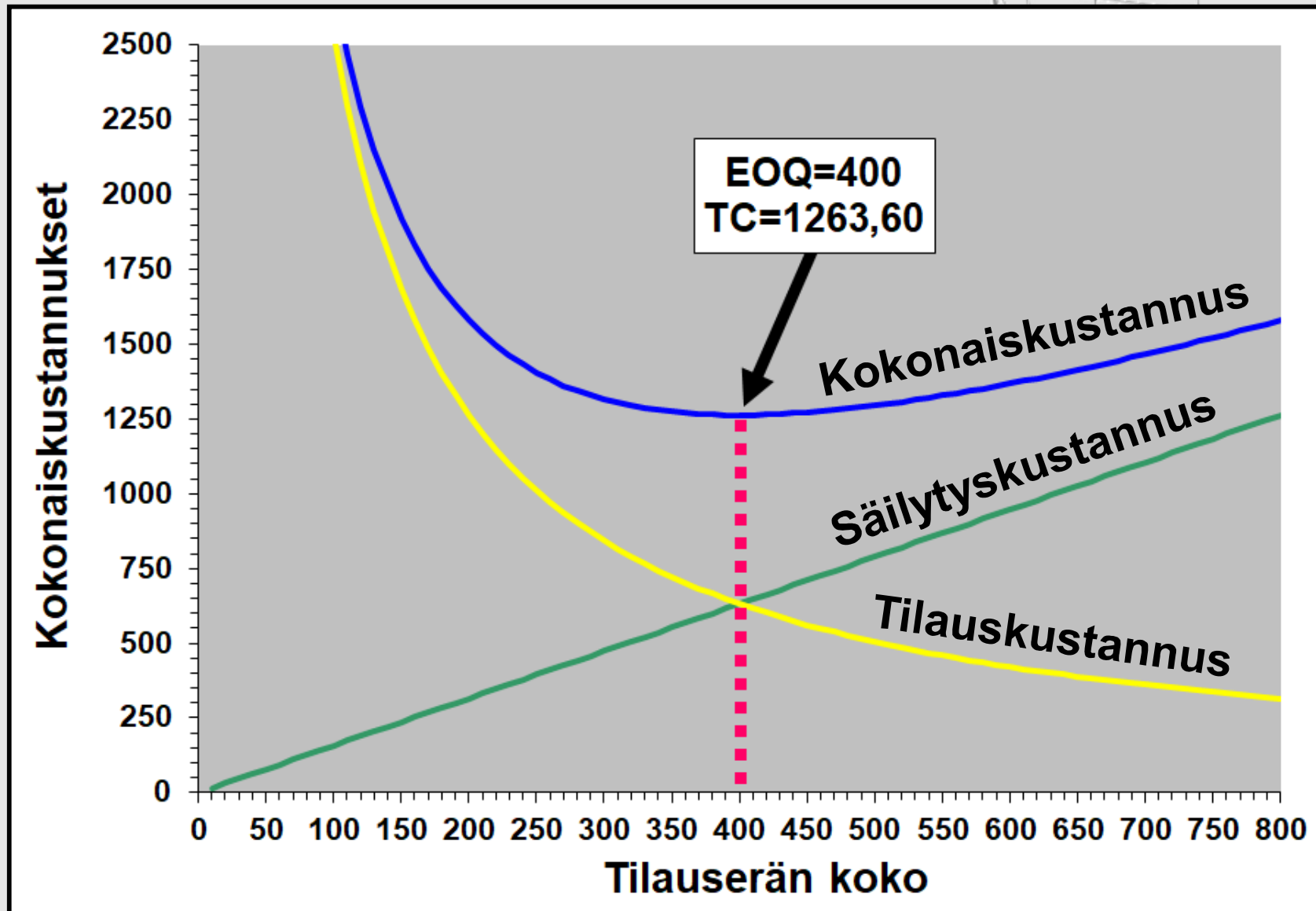


EOQ:n herkkyysanalyysi

- **Kokonaiskustannusfunktio EOQ:n lähellä melko tasaisen muotoinen**
 - erityisesti optimipisteestä oikealle kokonaiskustannukset nousevat melko vähän
 - funktion tasainen muoto tarkoittaa myös, että pienehköt virheet kustannustekijöiden estimoinnissa (ja täten tilausmäärissä) ei kauheasti nosta kokonaiskustannuksia optimista
- **Eri muuttujien vaikutus eräkokoön nähdään suoraan kaavasta**
 - kysynnän (D) kasvu nostaa eräkokoaa
 - tilauskustannusten (S) kasvu nostaa eräkokoaa
 - säilytyskustannusten (H) kasvu pienentää eräkokoaa
 - kasvu ”omakustannushinnassa” tai ”säilytyskustannusprosentissa” (pääoma/tilat&henkilöstö/säilytysriski/vakuutukset&verot)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

EOQ:n ympärillä erot kustannuksessa pienet



EOQ:n herkkyysanalyysi

- **Kokonaiskustannusfunktio EOQ:n lähellä melko tasaisen muotoinen**
 - erityisesti optimipisteestä oikealle kokonaiskustannukset nousevat melko vähän
 - funktion tasainen muoto tarkoittaa myös, että pienehköt virheet kustannustekijöiden estimoinnissa (ja täten tilausmäärissä) ei kauheasti nosta kokonaiskustannuksia optimista

- **Eri muuttujien vaikutus eräkokoon nähdään suoraan kaavasta**

- kysynnän (D) kasvu nostaa eräkokoa
- tilauskustannusten (S) kasvu nostaa eräkokoa
- säilytyskustannusten (H) kasvu pienentää eräkokoa
 - kasvu ”omakustannushinnassa” tai ”säilytyskustannusprosentissa” (pääoma/tilat&henkilöstö/säilytysriski/vakuutukset&verot)

$$EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

EOQ-mallissa monia perusoletuksia

- **Kysyntä on tasaista ja tiedossa**
 - kysyntä täytetään varastosta; ei tavaran loppumista, jälkitoimituksia tai muutakaan epävarmuutta
- **Toimitusaika on vakio ja tiedossa**
- **Tuotteen yksikköhinta on kiinteä**
 - ei volyyomialennuksia
- **Toimitukset ovat kokonaisia eriä**
 - vain yksi toimituskerta per tilaus, ei maksimitilaiseräkkoa
- **Rajatut kustannustekijät**
 - säilytys- ja tilaus- ainoat kustannukset
 - säilytyskustannus perustuu keskimääräiseen varastoon ja tilauskustannus oletettu vakioksi
- **Tuotteet toisistaan riippumattomia**



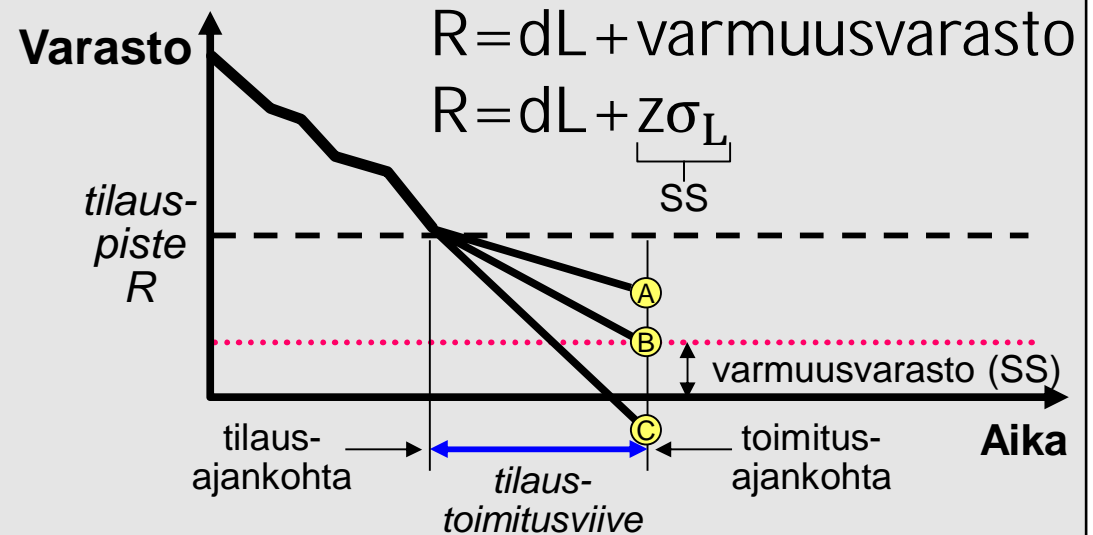
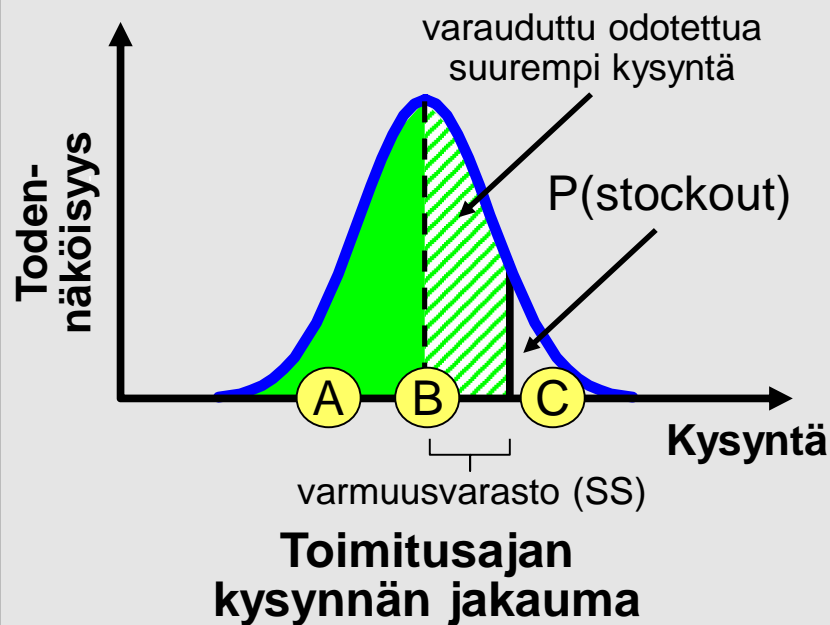
Kuinka realistisia oletuksia?

EOQ-mallin laajennuksia

- kysynnän epävarmuuden huomioiminen -

- **Kysyntä on harvoin ihan tasaista ja puutekustannus voi olla suurin kustannuserä**

- odotettua suurempaan kysyntään varaudutaan varmuusvarastolla, jonka kokoon vaikuttaa optimoitu / ”johdon päättämä” palvelutaso ja tilaus-toimitusviiveen aikaisen kysynnän keskihajonta



Varmuusvarasto esimerkki

Kissanhiekan käyttö Kissahotellissa ei ole aivan tasaista. Hiekan kriittisyyden vuoksi yrittäjä haluaa varautua myös ennustettua korkeampiin tarvemääriin. Riittäväksi palvelutasoksi hän on päättänyt 80%. Kysynnän keskihajonnaksi on historiallisesta datasta laskettu 15 pussia viikossa. Kuinka varmuusvaraston olemassaolo muuttaa varastoinnin keskeisiä tunnuslukuja?

Tilaukoko ja tilausten väli: 400 kpl ja 4,44 viikkoa
(pysyvät samoina)

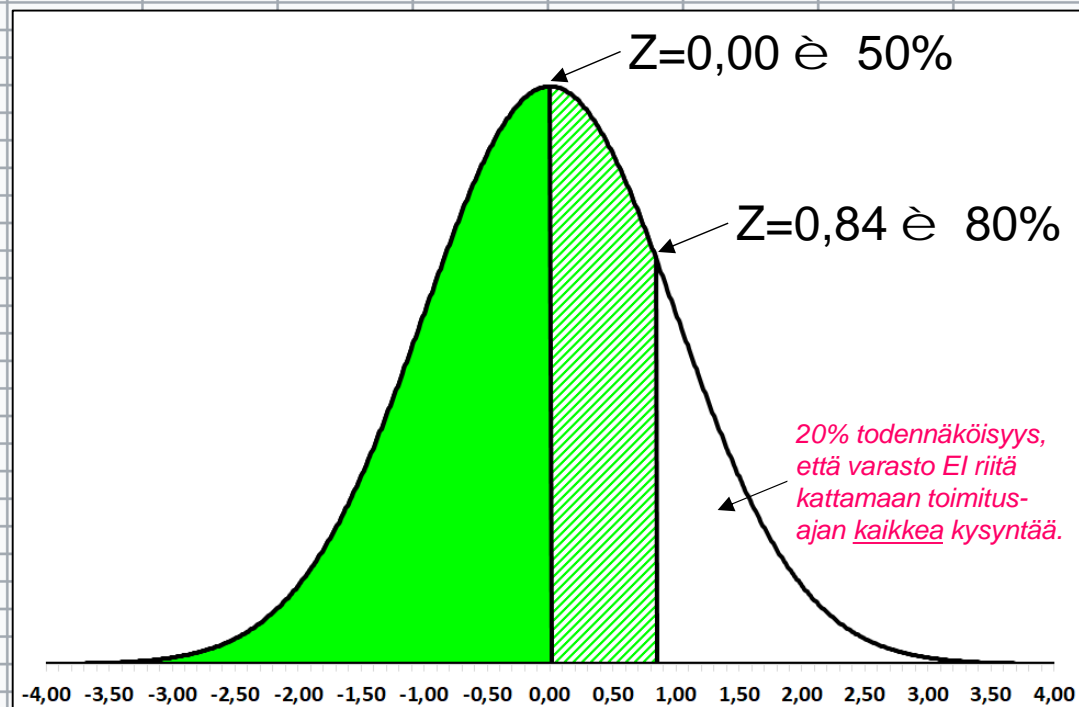
Tilauspiste: $R = dL + \text{varmuusvarasto} = dL + z\sigma_L$

*palvelutason z-arvo
määritetään
normaalijakauman
kertymäfunktioista*

*toimitusajan kysynnän
hajonta lasketaan
yhden jakson
kysynnän hajonnan ja
jaksojen lukumäärän
neliöjuuren avulla*

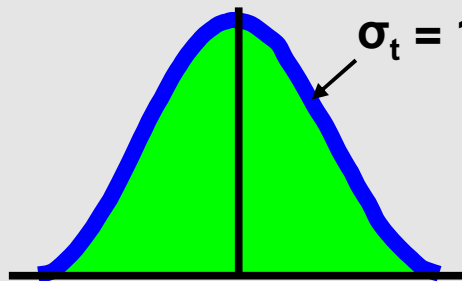
Palvelutason z-arvon määrittäminen

z	+0,00	+0,01	+0,02	+0,03	+0,04	+0,05	+0,06	+0,07	+0,08	+0,09
0,0	50,000 %	50,399 %	50,798 %	51,197 %	51,595 %	51,994 %	52,392 %	52,790 %	53,188 %	53,586 %
0,1	53,983 %	54,380 %	54,776 %	55,172 %	55,567 %	55,962 %	56,356 %	56,749 %	57,142 %	57,535 %
0,2	57,926 %	58,317 %	58,706 %	59,095 %	59,483 %	59,871 %	60,257 %	60,642 %	61,026 %	61,409 %
0,3	61,791 %	62,172 %	62,552 %	62,930 %	63,307 %	63,683 %	64,058 %	64,431 %	64,803 %	65,173 %
0,4	65,542 %	65,910 %	66,276 %	66,640 %	67,003 %	67,364 %	67,724 %	68,082 %	68,439 %	68,793 %
0,5	69,146 %	69,497 %	69,847 %	70,194 %	70,540 %	70,884 %	71,226 %	71,566 %	71,904 %	72,240 %
0,6	72,575 %	72,907 %	73,237 %	73,565 %	73,891 %	74,215 %	74,537 %	74,857 %	75,175 %	75,490 %
0,7	75,804 %	76,115 %	76,424 %	76,730 %	77,035 %	77,337 %	77,637 %	77,935 %	78,230 %	78,524 %
0,8	78,814 %	79,103 %	79,389 %	79,673 %	79,955 %	80,234 %	80,511 %	80,785 %	81,057 %	81,327 %
0,9	81,594 %	81,859 %	82,121 %	82,381 %	82,639 %	82,894 %	83,147 %	83,398 %	83,646 %	83,891 %
1,0	84,134 %	84,375 %	84,614 %	84,849 %	85,083 %	85,314 %	85,543 %	85,769 %	85,993 %	86,214 %
1,1	86,433 %	86,650 %	86,864 %	87,076 %	87,286 %	87,493 %	87,698 %	87,900 %	88,100 %	88,298 %
1,2	88,493 %									90,147 %
1,3	90,320 %									91,774 %
1,4	91,924 %									93,189 %
1,5	93,319 %									94,408 %
1,6	94,520 %									95,449 %
1,7	95,543 %									96,327 %
1,8	96,407 %									97,062 %
1,9	97,128 %									97,670 %
2,0	97,725 %									98,169 %
2,1	98,214 %									98,574 %
2,2	98,610 %									98,899 %
2,3	98,928 %									99,158 %
2,4	99,180 %									99,361 %
2,5	99,379 %									99,520 %
2,6	99,534 %									99,643 %
2,7	99,653 %									99,736 %
2,8	99,744 %									99,807 %
2,9	99,813 %									99,861 %
3,0	99,865 %									99,900 %
3,1	99,903 %									99,929 %
3,2	99,931 %									99,950 %
3,3	99,952 %									99,965 %
3,4	99,966 %									99,976 %
3,5	99,977 %									99,983 %
3,6	99,984 %									99,989 %
3,7	99,989 %									99,992 %
3,8	99,993 %	99,993 %	99,993 %	99,994 %	99,994 %	99,994 %	99,994 %	99,995 %	99,995 %	99,995 %
3,9	99,995 %	99,995 %	99,996 %	99,996 %	99,996 %	99,996 %	99,996 %	99,996 %	99,997 %	99,997 %
4,0	99,997 %	99,997 %	99,997 %	99,997 %	99,997 %	99,997 %	99,998 %	99,998 %	99,998 %	99,998 %



Toimitusajan kysynnän hajonnan laskeminen

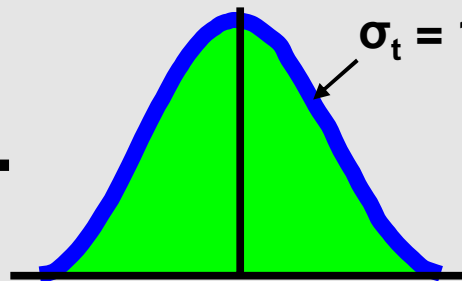
*Viikon 1
kysyntä*



90 kpl

+

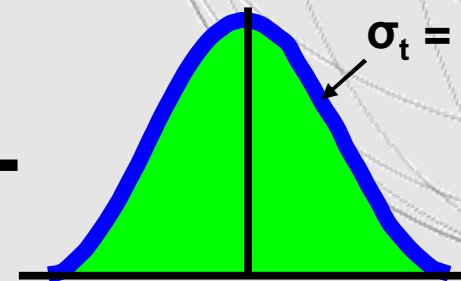
*Viikon 2
kysyntä*



90 kpl

+

*Viikon 3
kysyntä*



90 kpl

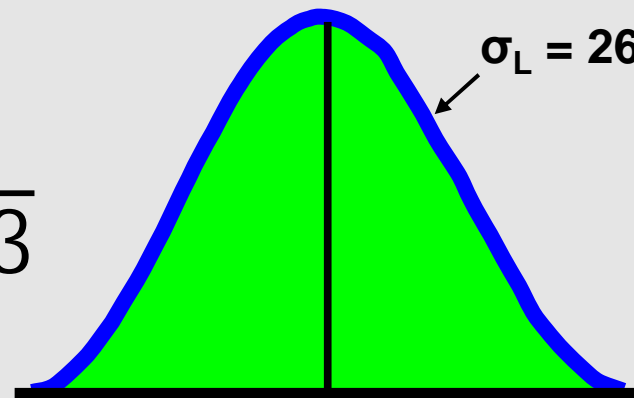
=

toimitusajan kysynnän keskihajonta yhden "jakson" kysynnän keskihajonta toimitusaika

$$\sigma_L = \sigma_t \sqrt{L}$$

$$= 15 * \sqrt{3}$$

$$= 26$$



270 kpl

*Viikkojen 1-3
kokonaiskysyntä*

Tilauspiste varmuusvaraston kanssa

$$R = dL + \text{varmuusvarasto}$$

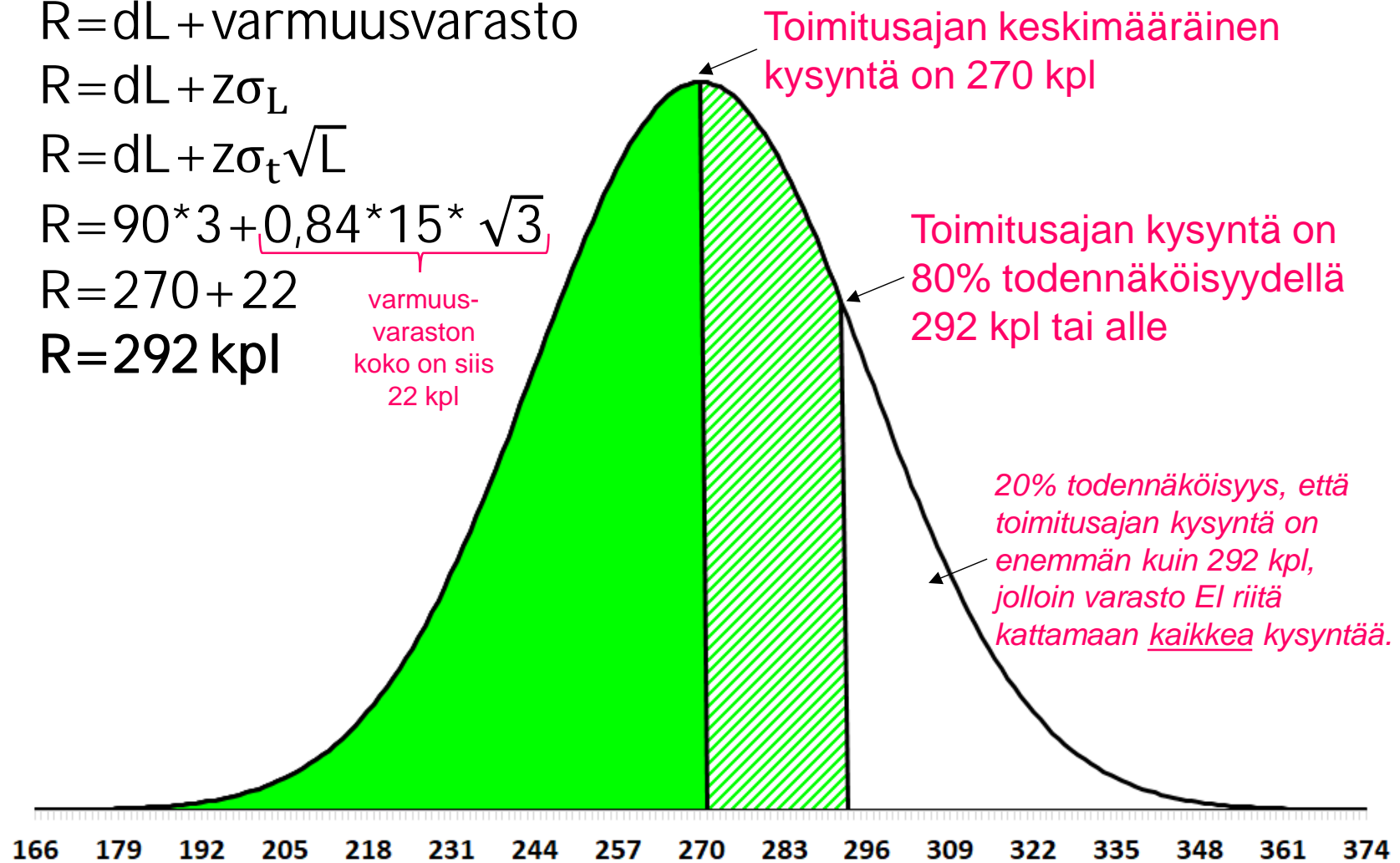
$$R = dL + z\sigma_L$$

$$R = dL + z\sigma_t\sqrt{L}$$

$$R = 90 \cdot 3 + \underbrace{0,84 \cdot 15 \cdot \sqrt{3}}_{\text{varmuusvaraston koko on siis 22 kpl}}$$

$$R = 270 + 22$$

$$R = 292 \text{ kpl}$$



Varmuusvarasto esimerkki

Kissanhiekan käyttö Kissahotellissa ei ole aivan tasaista. Hiekan kriittisyyden vuoksi yrittäjä haluaa varautua myös ennustettua korkeampiin tarvemääriin. Riittäväksi palvelutasoksi hän on päättänyt 80%. Kysynnän keskihajonnaksi on historiallisesta datasta laskettu 15 pussia viikossa. Kuinka varmuusvaraston olemassaolo muuttaa varastoinnin keskeisiä tunnuslukuja?

Tilaukoko ja tilausten väli: 400 kpl ja 4,44 viikkoa
(pysyvät samoina)

Tilauspiste: $R = dL + z\sigma_L = dL + z\sigma_t\sqrt{L}$

toimitusaika
normaali-jakaumasta

varmuusvarastoa 22 kpl

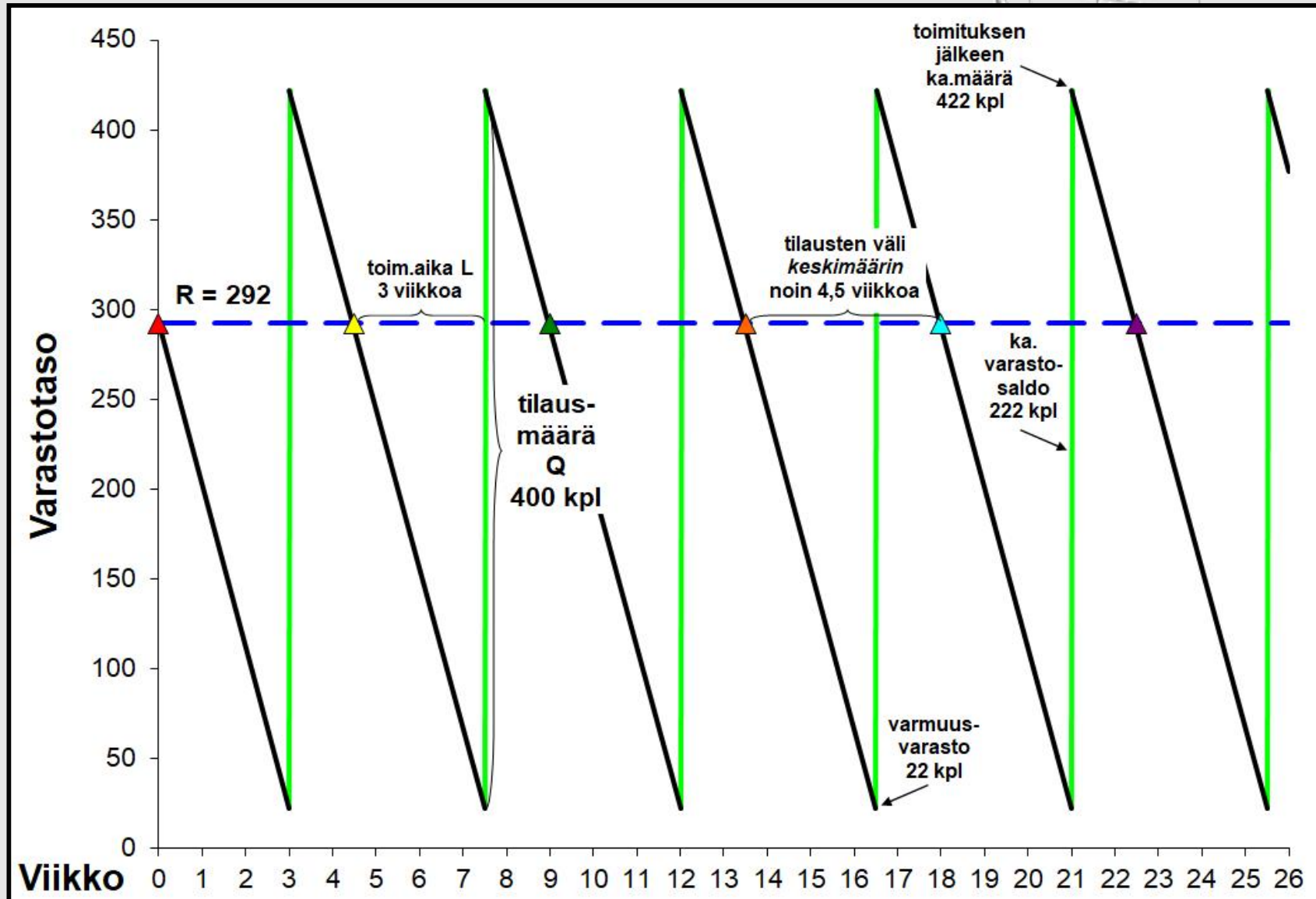
$$= 90 \cdot 3 + 0,84 \cdot 15 \cdot \sqrt{3} = 292 \text{ kpl}$$

Kustannukset: $TC = \left(\frac{Q}{2} + SS\right)H + \frac{D}{Q}S$

+\$69,50 vuodessa

$$TC = \left(\frac{400}{2} + 22\right) \cdot (11,70 \cdot 27\%) + \frac{4680}{400} \cdot 54 = 701,3 + 631,8 = \$1333,10$$

Varmuusvarasto esimerkki

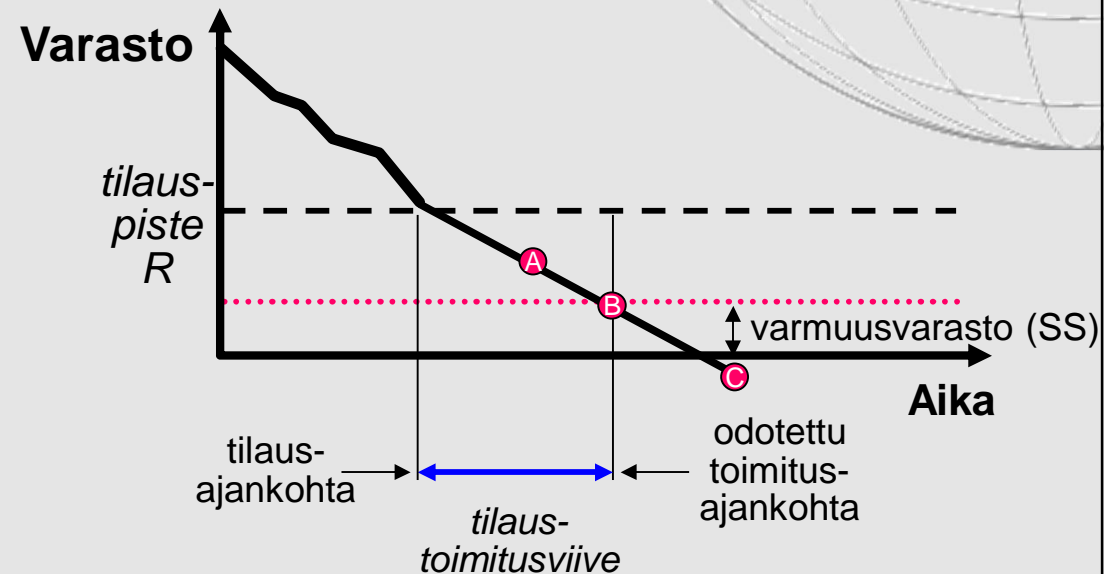
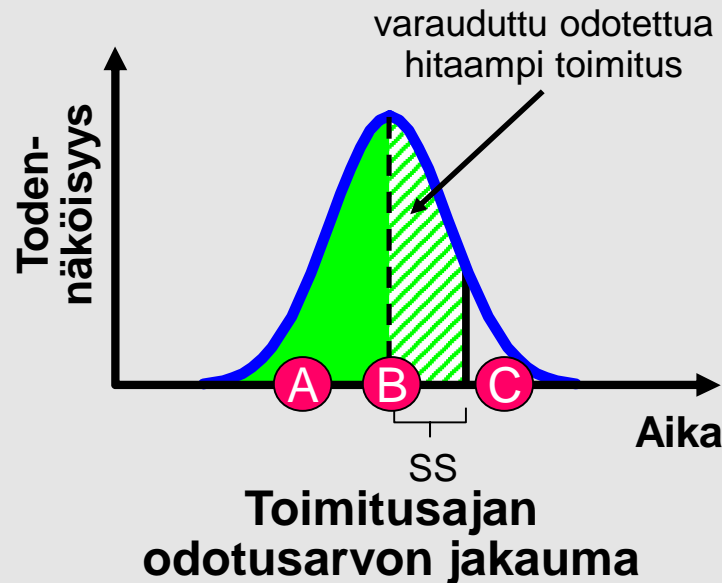


EOQ-mallin laajennuksia

- toimitusaikojen vaihtelevuuden huomioiminen -

- **Toimitusajoissa usein valitettavaa vaihtelua**

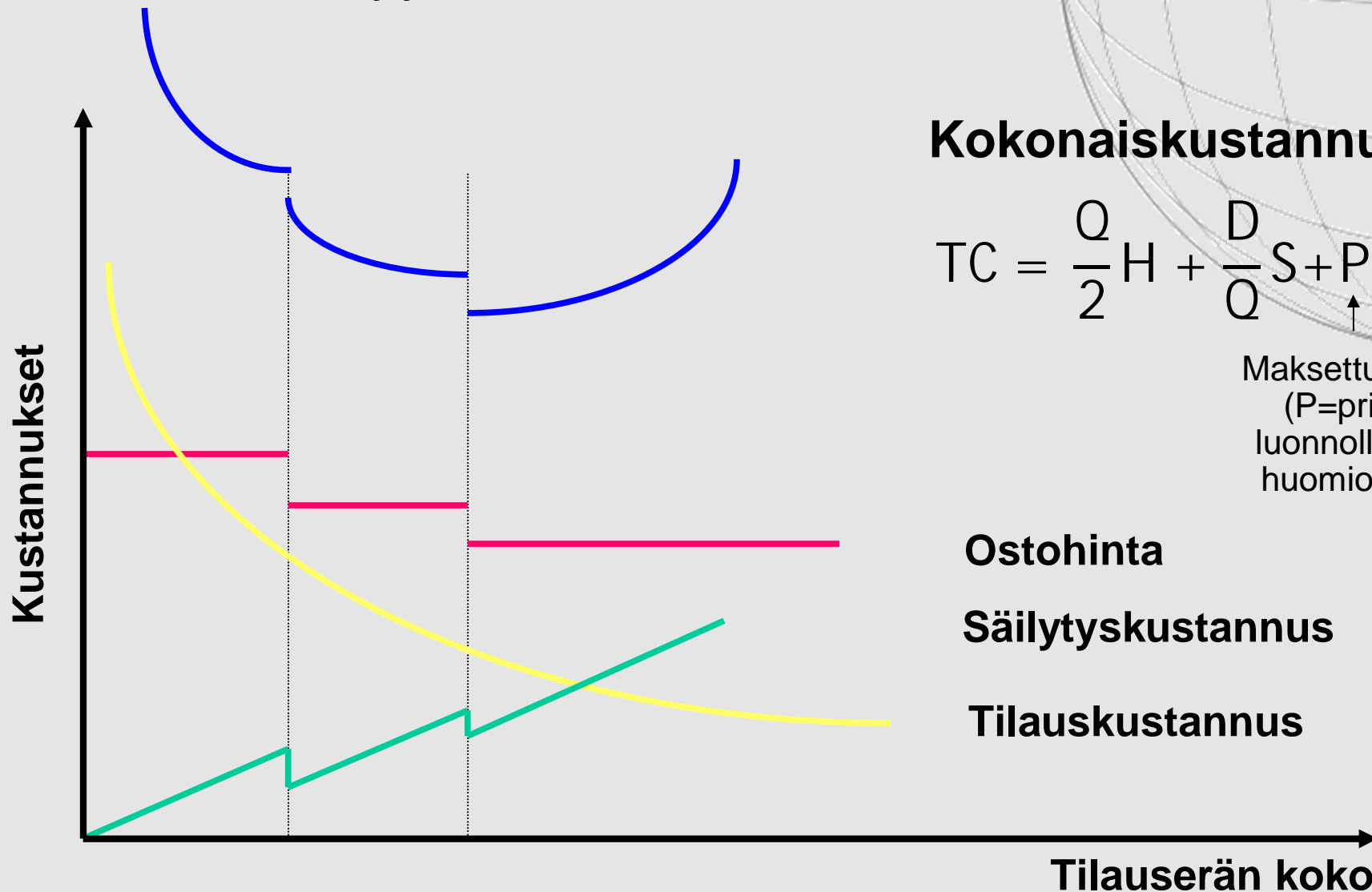
- odotettua hitaampaan toimitukseen varaudutaan varmuusvarastolla



Toimitusaikojen vaihtelun pienentäminen voi olla kustannustehokkaampaa kuin lyhentäminen!

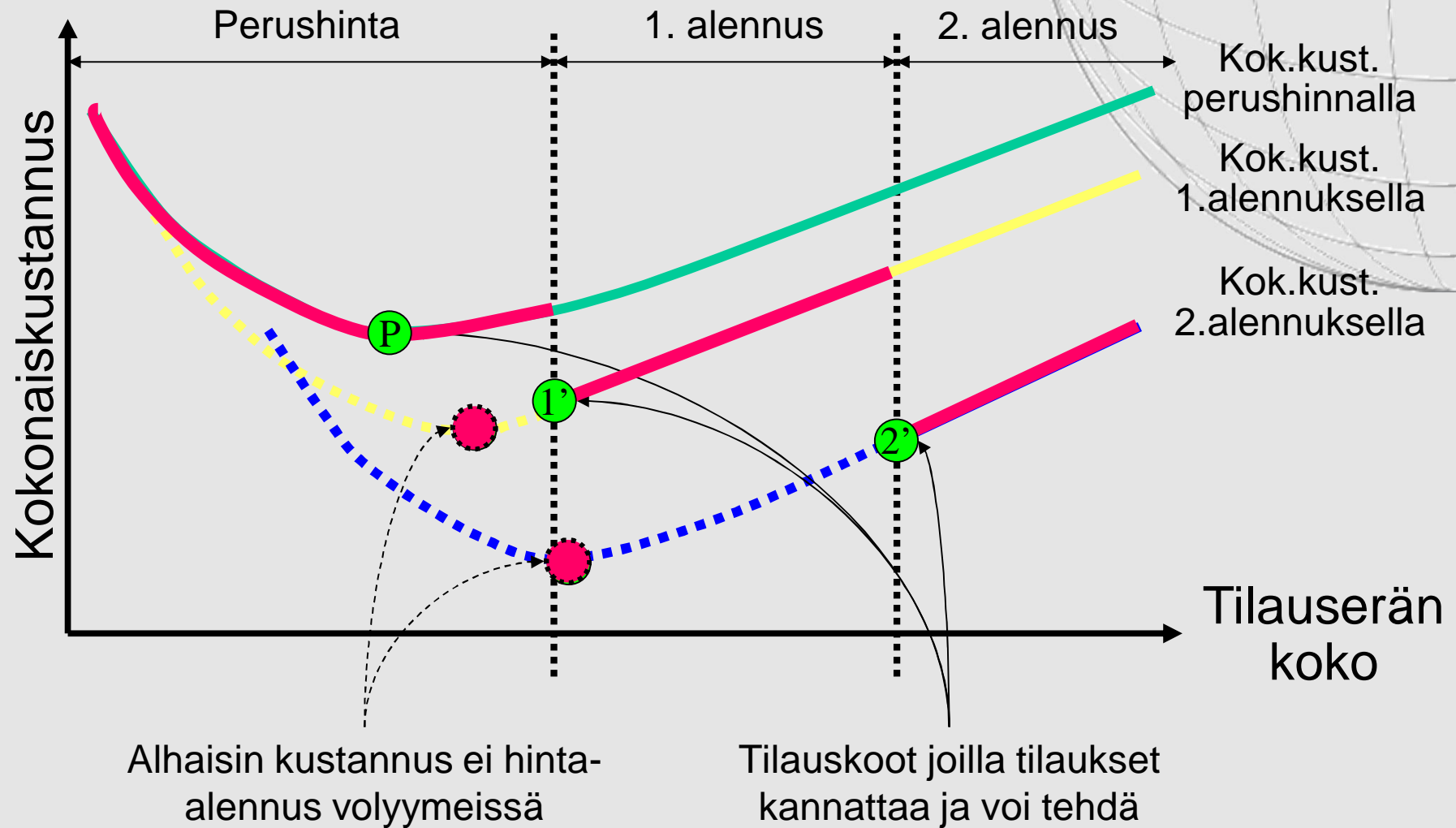
EOQ-mallin laajennuksia

- volyymialennusten huomioiminen -



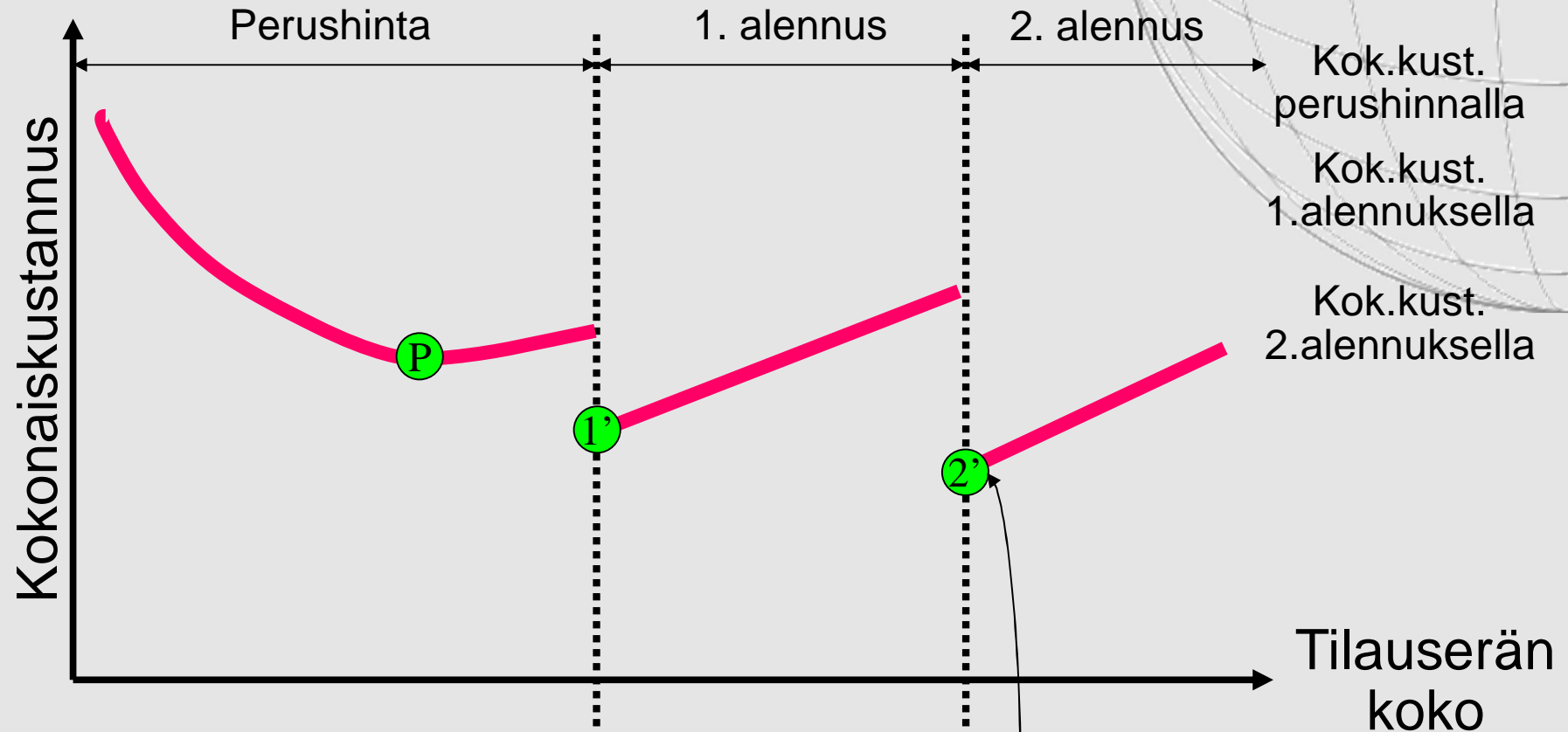
EOQ-mallin laajennuksia

- volyymialennusten huomioiminen -



EOQ-mallin laajennuksia

- volyymialennusten huomioiminen -



Alhaisimmat kokonaiskustannukset tässä tapauksessa tilaamalla tämän kokoisia eriä

Volyymialennus esimerkki

Baseball-joukkue pohtii minkä kokoisissa erissä sen kannattaisiin ostaa mailansa. Päätöksentekoa varten ostopäällikkö on kerännyt tarvittavat sisäiset tiedot; mailojen kokonaistarve on 208 kpl vuodessa, tilaaminen maksaa \$70 per kerta ja mailojen säilytys maksaa 38% hankintahinnasta per vuosi. Mailojen myyjä on hinnoitellut mailan ostoerän koon mukaan; tilattaessa 1-11 kpl kerralla hinta on \$54,00 per kpl, tilattaessa 12-143 kpl \$51,00 per kpl ja tilattaessa 144 tai enemmän \$48,50 per kpl. Minkä kokoisia ostoeria joukkueen tulisi käyttää?

Hinta \$54,00: $EOQ = \sqrt{(2 \cdot 208 \cdot 70) / (54,00 \cdot 38\%)} = 37,7$ è tilaa EOQ-määrä 38

$$TC = \frac{38}{2} * (54,00 * 38\%) + \frac{208}{38} * 70 + 54,00 * 208 = 390 + 383 + 11232 = \$12005$$

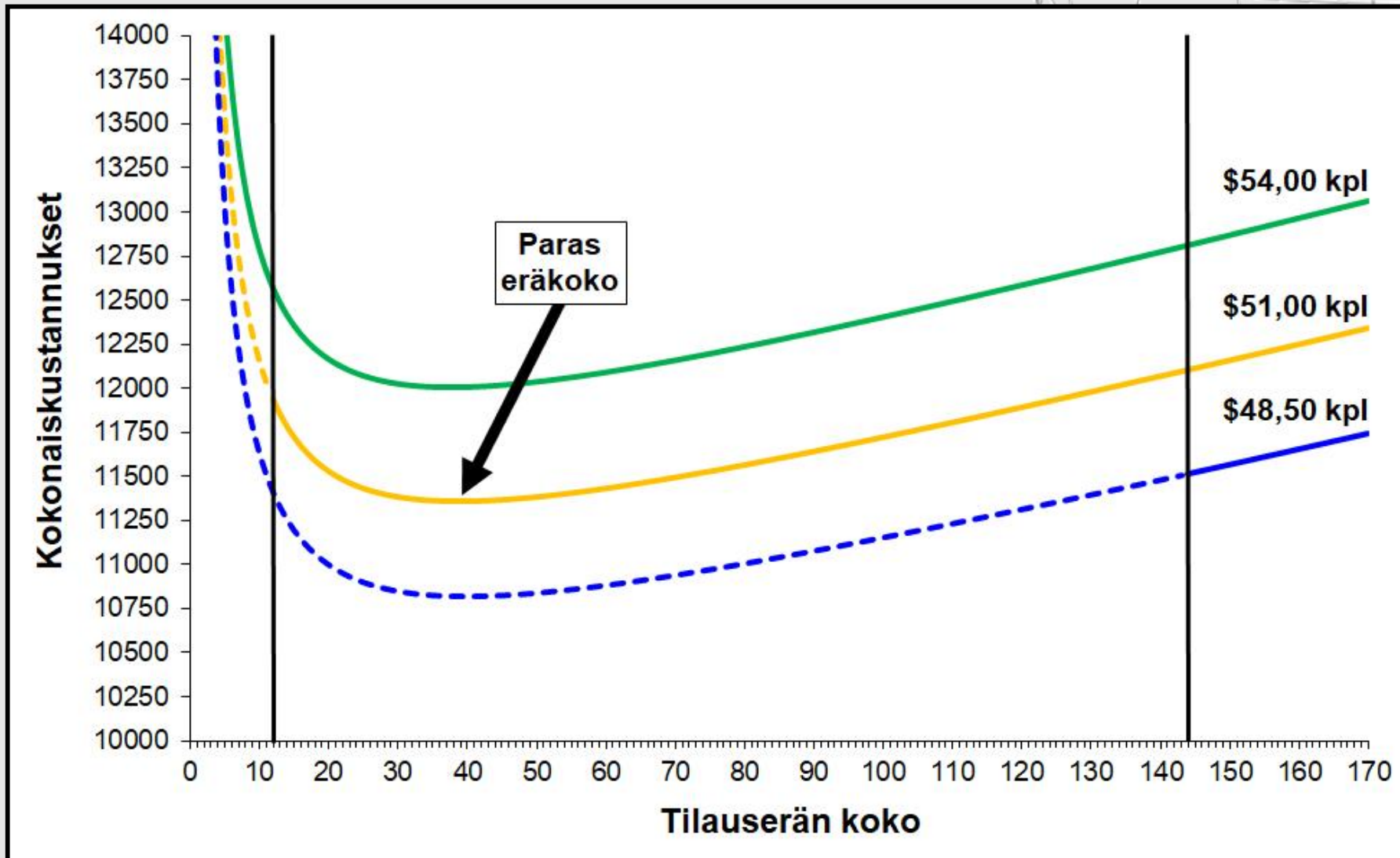
Hinta \$51,00: $EOQ = \sqrt{(2 \cdot 208 \cdot 70) / (51,00 \cdot 38\%)} = 38,7$ è tilaa EOQ-määrä 39

$$TC = \frac{39}{2} * (51,00 * 38\%) + \frac{208}{39} * 70 + 51,00 * 208 = 378 + 373 + 10608 = \$11359$$

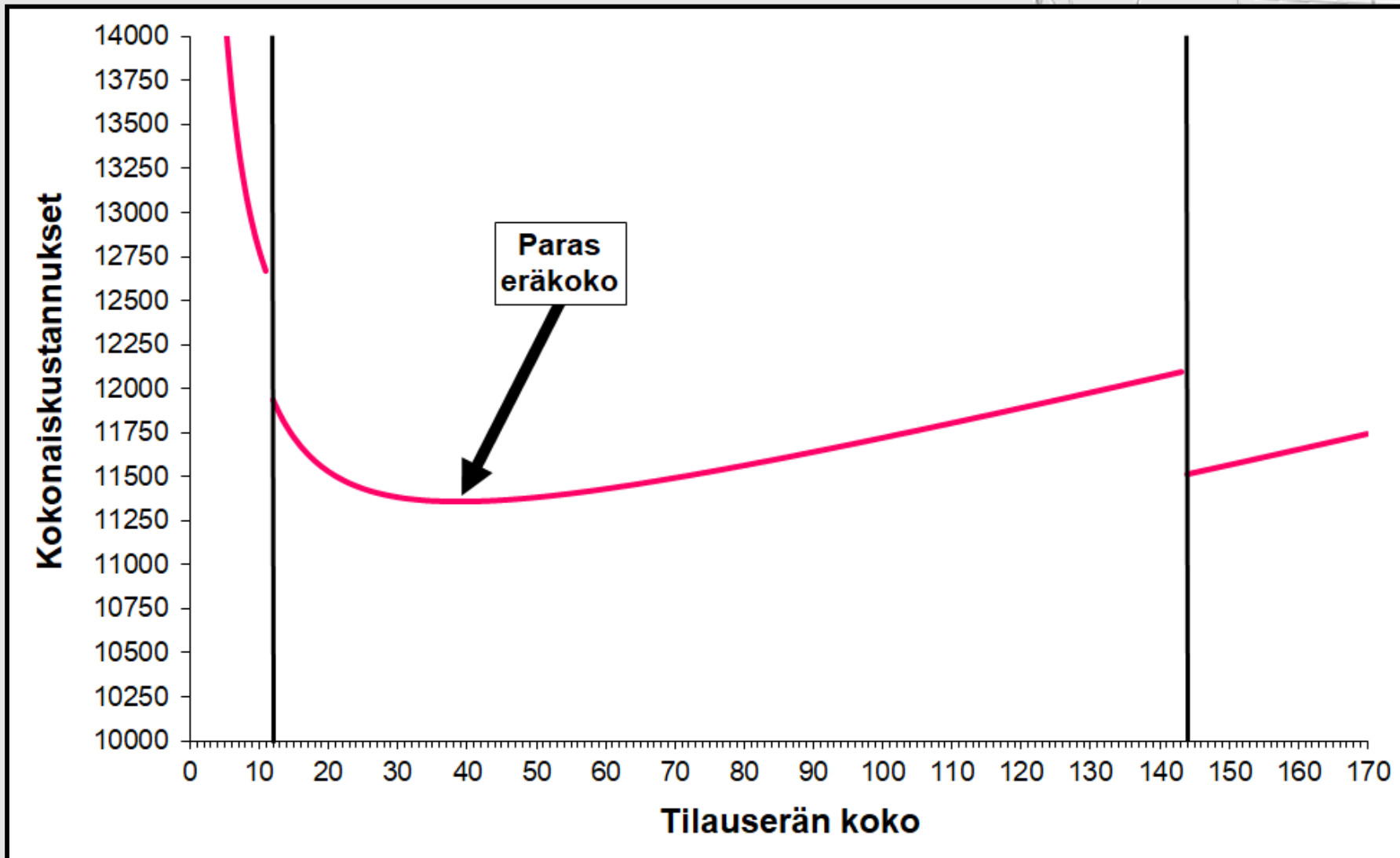
Hinta \$48,50: $EOQ = \sqrt{(2 \cdot 208 \cdot 70) / (48,50 \cdot 38\%)} = 39,7$ è tilattava vähintään 144

$$TC = \frac{144}{2} * (48,50 * 38\%) + \frac{208}{144} * 70 + 48,50 * 208 = 1327 + 101 + 10088 = \$11516$$

Volyymialennus esimerkki



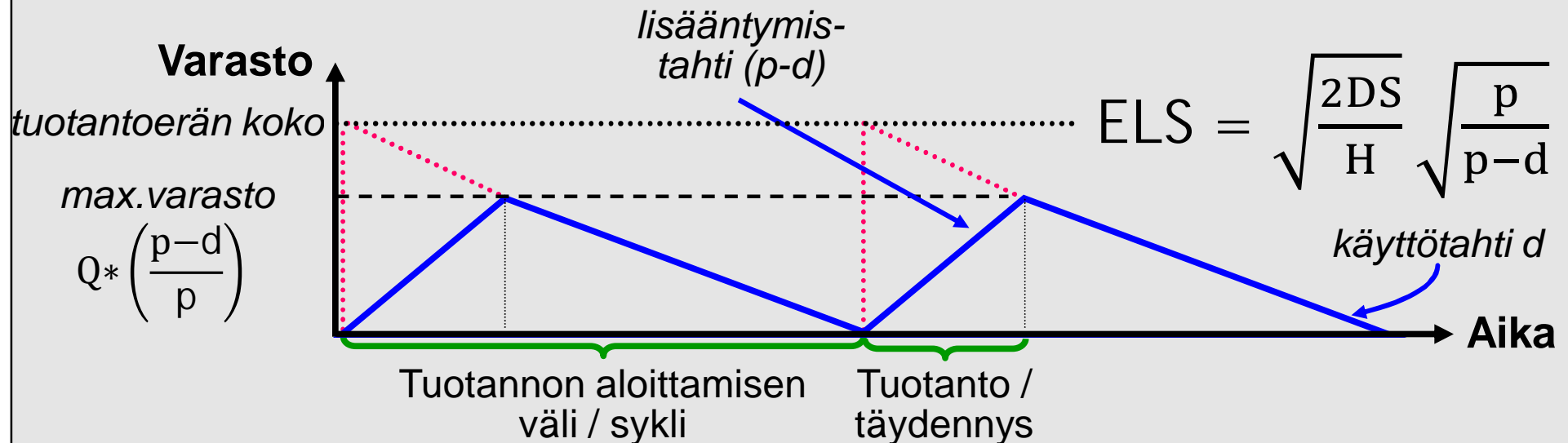
Volyymialennus esimerkki



EOQ-mallin laajennuksia

- hitaan täydennyksen huomioiminen -

- **Varastotäydennys voi tapahtua myös tasaisesti jonkin ajan kuluessa (kaikkea ei toimiteta kerralla)**
 - tuotanto- ja suuryritystilanteissa varsin käytännöllinen
 - esim. tuotantoprosessin peräkkäiset vaiheet tai tilanne jossa oma tehdas ja vähittäismyyntiketju (yritys siis sekä erän valmistaja että käyttäjä)
 - käyttökelpoinen myös muissa tilanteissa
 - esim. tilaus lähetetään osina asiakkaalle heti kun jotain valmiina (Amazon)



ELS esimerkki

Vertikaalisesti integroitunut kokolattiamattoyritys valmistaa itse suosittua Super Shag mallia. Super Shagin kysynnän on arvioitu olevan noin 10000 metriä vuodessa. Sisäinen laskenta osoittaa, että kyseisen mallin tapauksessa koneiden asetuskustannukset ovat 150 € per kerta ja valmiin maton säilytyskustannukset ovat noin 0,75 € per metri per vuosi. Tuotantotehdas pystyy valmistamaan Super Shag mattoa 150 metriä päivässä. Tehtaalla on toimintaa jälleenmyyntiliikkeen tapaan kuutena päivässä viikossa (311 päivää vuodessa) ja kuljetukset tehtaalta tapahtuvat päivittäin.

Määritä Super Shag maton optimaalinen tuotantoerän koko ja toiminnan kokonaiskustannukset. Piirrä myös varaston kehitystä kuvaavat ”varastokolmiot”.

Tuotantoerän koko:

$$\begin{aligned} \text{ELS} &= \sqrt{\frac{2DS}{H}} \sqrt{\frac{p}{p-d}} = \sqrt{\frac{2*10000*150}{0,75}} \sqrt{\frac{150}{150 - 32,15}} \leftarrow 10000\text{m}/311\text{päivää} \\ &= 2000*1,1286 \approx 2257 \text{ metriä} \end{aligned}$$

*ELS kpl-määrä > EOQ kpl-määrä
johtuen juuri hitaan täydennyksen luonteesta
(vaikutus varastomäärään)*

ELS esimerkki

Kustannukset:

$$\begin{aligned} TC &= \frac{Q}{2} \left(\frac{p-d}{p} \right) H + \frac{D}{Q} S = \frac{2257}{2} * \left(\frac{150-32,15}{150} \right) * 0,75 + \frac{10000}{2257} * 150 \\ &= 665 + 665 = 1330 \text{ €} \end{aligned}$$

Tuotannon aloittamisen väli:

$$\frac{ELS}{d} = \frac{2257}{32,15 \text{ m/pv}} \approx 70 \text{ päivää}$$

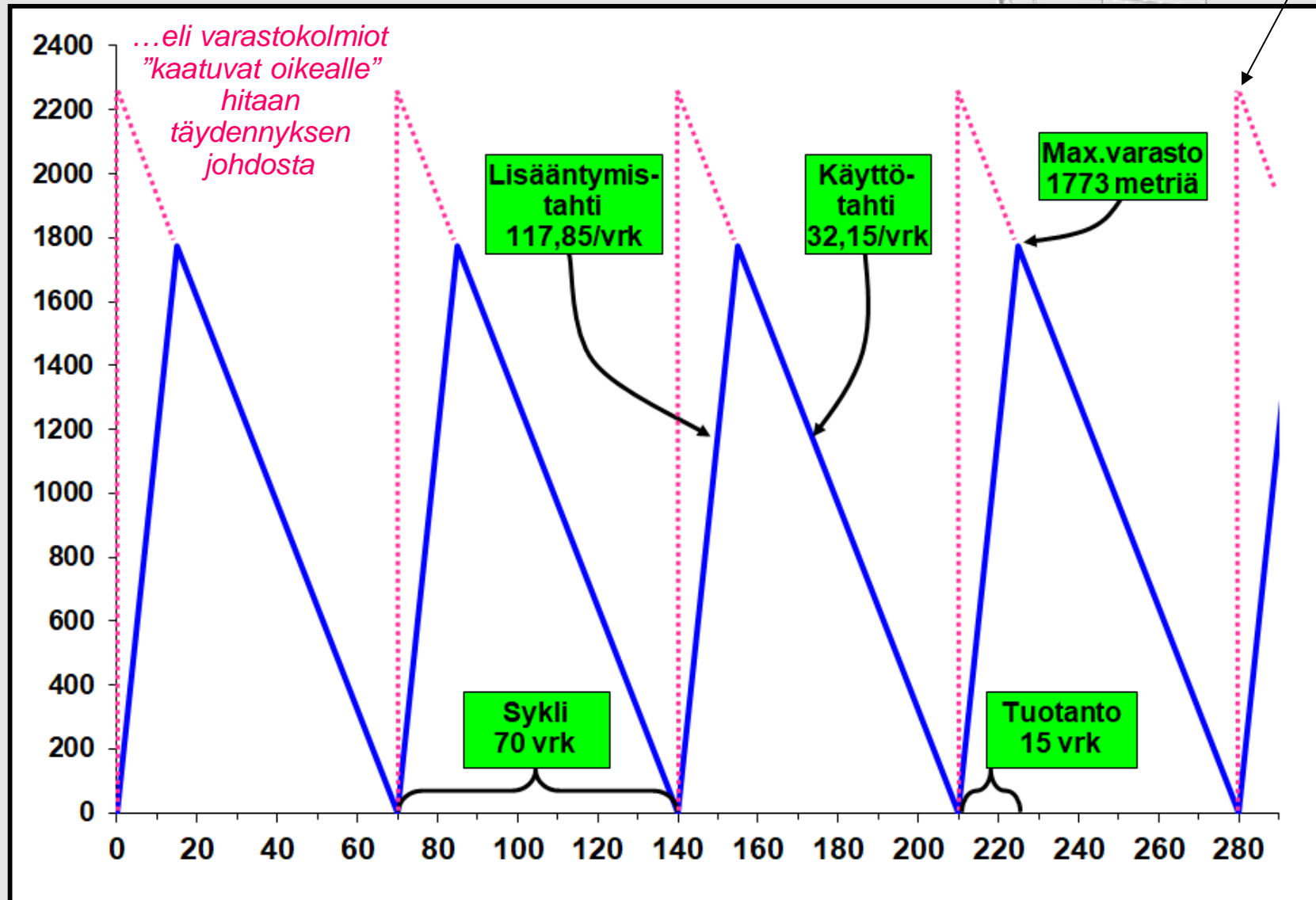
Tuotantoerän valmistusaika:

$$\frac{ELS}{p} = \frac{2257}{150 \text{ m/pv}} \approx 15 \text{ päivää}$$

Maksimaalinen varasto (tuotantoerän tuotannon lopussa):

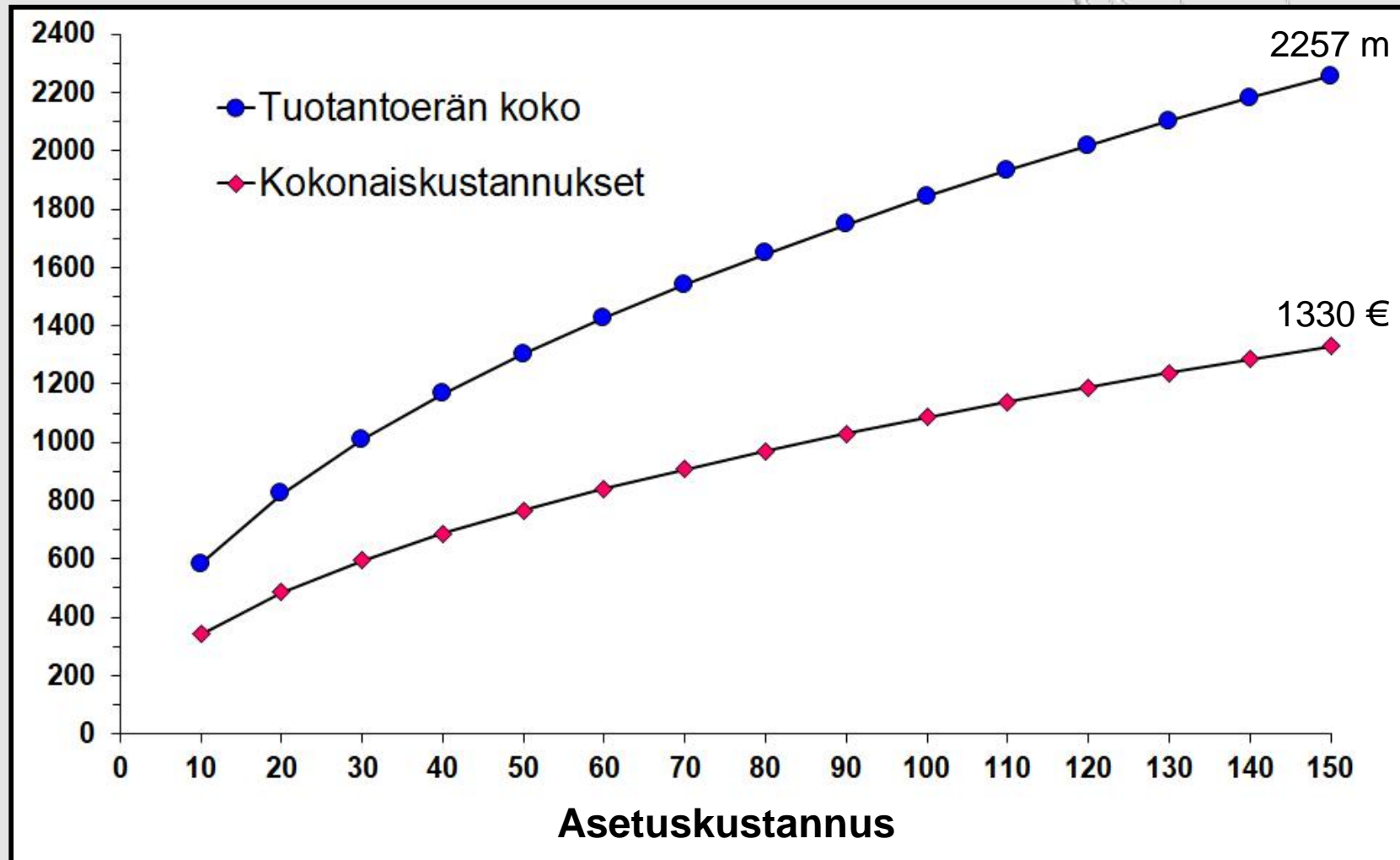
$$Q * \left(\frac{p-d}{p} \right) = 2257 * \frac{150 - 32,15}{150} = 1773 \text{ metriä}$$

ELS esimerkki



ELS esimerkki

- asetuskustannukset, eräkoko ja kokonaiskustannukset -



EOQ-mallin laajennuksia

- hitaan täydennyksen huomioiminen -

- **Huomioita ELS ja EOQ malleista...**

- jos p on paljon suurempi kuin d , niin ELS ja EOQ ovat lähes samoja
 - hitaasta käyttötahdista johtuen varaston täyttö siis EOQ:n tapainen
- jos p ja d ovat lähes samankokoisia, niin tuotanto muistuttaa vähemmän erätuotantoa ja enemmän tuotantolinjaa
 - tuotteita siis käytetään samaa tahtia kuin niitä valmistetaan ja tuotanto on lähes jatkuvaa
- asetuskustannusten laskeminen pienentää optimaalista tuotantoerän kokoa
 - säästöjä tulee myös säilytyskustannusten pienenemisestä
- yritysyhteistyöllä ja tilauskustannusten vakioinnilla tilauserän kokoa voidaan pudottaa dramaattisesti (è JIT-tuotanto)

A wireframe globe is positioned in the upper right corner of the slide, showing a grid of latitude and longitude lines.

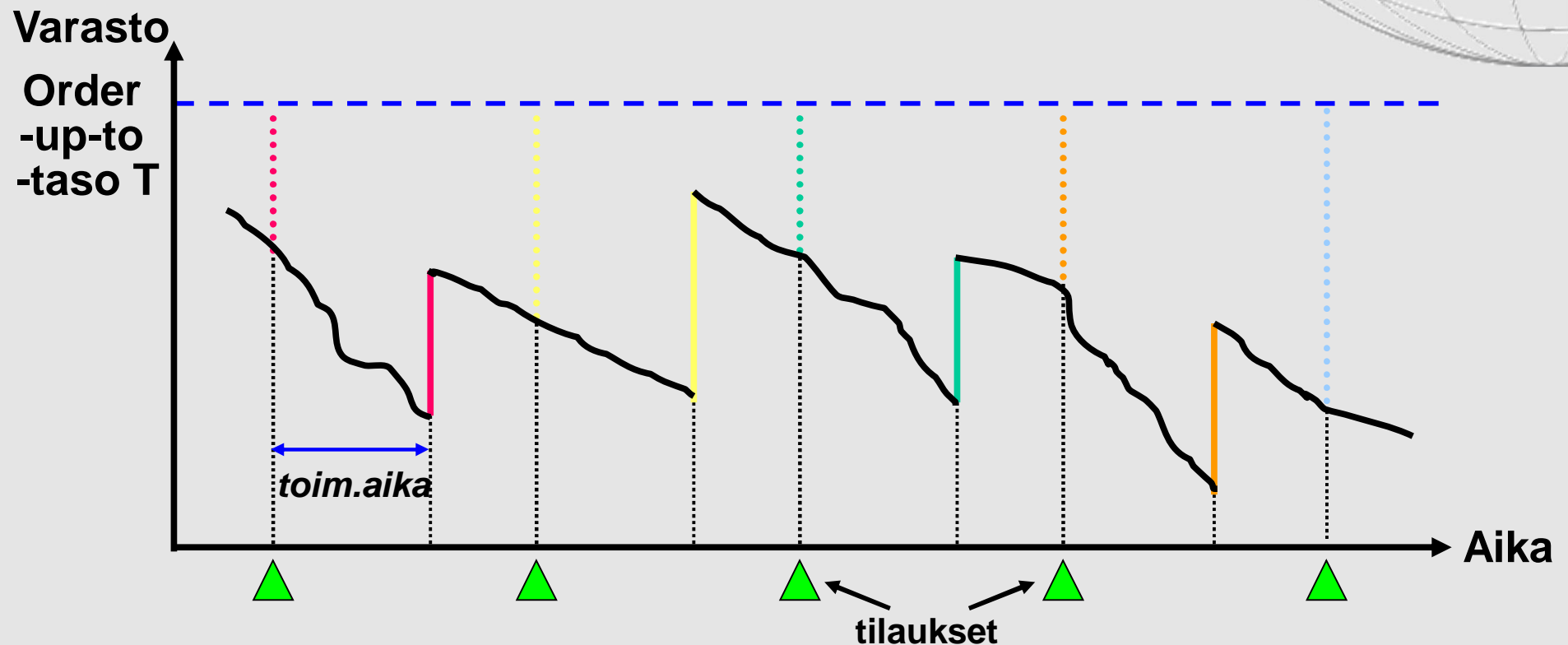
Kiinteä tilausperiodi -mallit

(eli jaksottainen varastovalvonta)

Kiinteä tilausperiodi

- periodic review, P-system -

- Kiinteän tilausperiodin malleissa vakio pituisin tilausvälein tehdään muuttuvan kokoinen tilaus
 - keskeisinä kysymyksinä tilausvälin pituus ja tilauskoon määrittäminen (tilaus-toimitusviive, palvelutaso ja varmuusvaraston koko...)



Kiinteä tilausperiodi

- periodic review, P-system -

- **Jaksottaista valvontaa käytetään, koska jatkuva valvonta ei ole aina taloudellisesti kannattavaa ja vie liikaa aikaa**
 - osa tilauksista voidaan myös tehdä ainoastaan tietyin aikaväleinä
 - esim. ruokakaupassa kiinteät toimitusaikataulut ja reitit
 - käypä myös kun tilataan useita tuotteita samalta toimittajalta
- **Jaksottainen seuranta luonnollisesti lisää tavaran loppumisen (stock-out) riskiä**
 - samaan palvelutasoon tarvitaan suurempi varmuusvarasto koska joudutaan varautumaan myös tarkasteluvälin (P) aikaiseen kysynnän vaihteluun ($\sigma_{P+L} > \sigma_L$)
- **Kysyntä vaikuttaa tilattavaan määrään**
 - eli tuotteiden sesongit huomioitava jne.

Kiinteän tilausperiodin keskeiset kaavat

Varaston tarkasteluväli /
tilausten tekoväli:

$$P = \frac{EOQ}{D \text{ tai } d}$$

ideana määrittää tarkasteluväli niin, että tilattava (vaihteleva) määrä "pyörii" EOQ-määrän ympärillä (oletuksena tasainen kysyntä)

Tilauksen ylätaso:

$$T = \underbrace{d(P + L)}_{\substack{\text{kysyntä per "jakso"*} \\ \text{(tark.väli+toim.aika)}}} + \underbrace{Z\sigma_{P+L}}_{\substack{\text{varmuus-} \\ \text{varasto}}}$$

Kysynnän keskihajonta
tarkasteluvälin ja
toimitusajan aikana:

$$\sigma_{P+L} = \sigma_t \sqrt{\underbrace{P + L}_{\substack{\text{yhden "jakson" tark.väli+} \\ \text{kysynnän keskihajonta toim.aika}}}}$$

Tarkkana:
laskujen aikayksiköiden oltava linjassa!

Tilattava määrä:

$$Q = T - IP$$

IP=varastopositio (inventory position) nykyinen varasto + aikaisemmin tehdyt vielä saapumattomat tilaukset – jälkitoimitukset

Kustannukset:

$$TC = \left(\frac{dP}{2} + SS \right) H + \frac{D}{dP} S$$

Kiinteän tilausperiodin esimerkki

Kiireiden vuoksi kissahotelli on päättänyt siirtyä jaksottaiseen varastovalvontaan. Selvitä varaston tarkasteluväli, tilauksen ylätaso, tilattava määrä jos varastossa on tällä hetkellä 330 pussia hiekkaa ja vuosittaiset varaston kokonaiskustannukset.

Varaston tarkasteluväli / tilausten tekoväli: $P = \frac{EOQ}{D} = \frac{400}{4680} * 52 = 4,44 \approx 4,5 \text{ vko}$

Tilauksen ylätaso: $T = d(P + L) + z\sigma_t\sqrt{P + L}$
 $= 90 * (4,5 + 3) + 0,84 * 15 * \sqrt{4,5 + 3} \approx 710 \text{ kpl}$

varmuusvarastoa 35 kpl (+13 kpl)

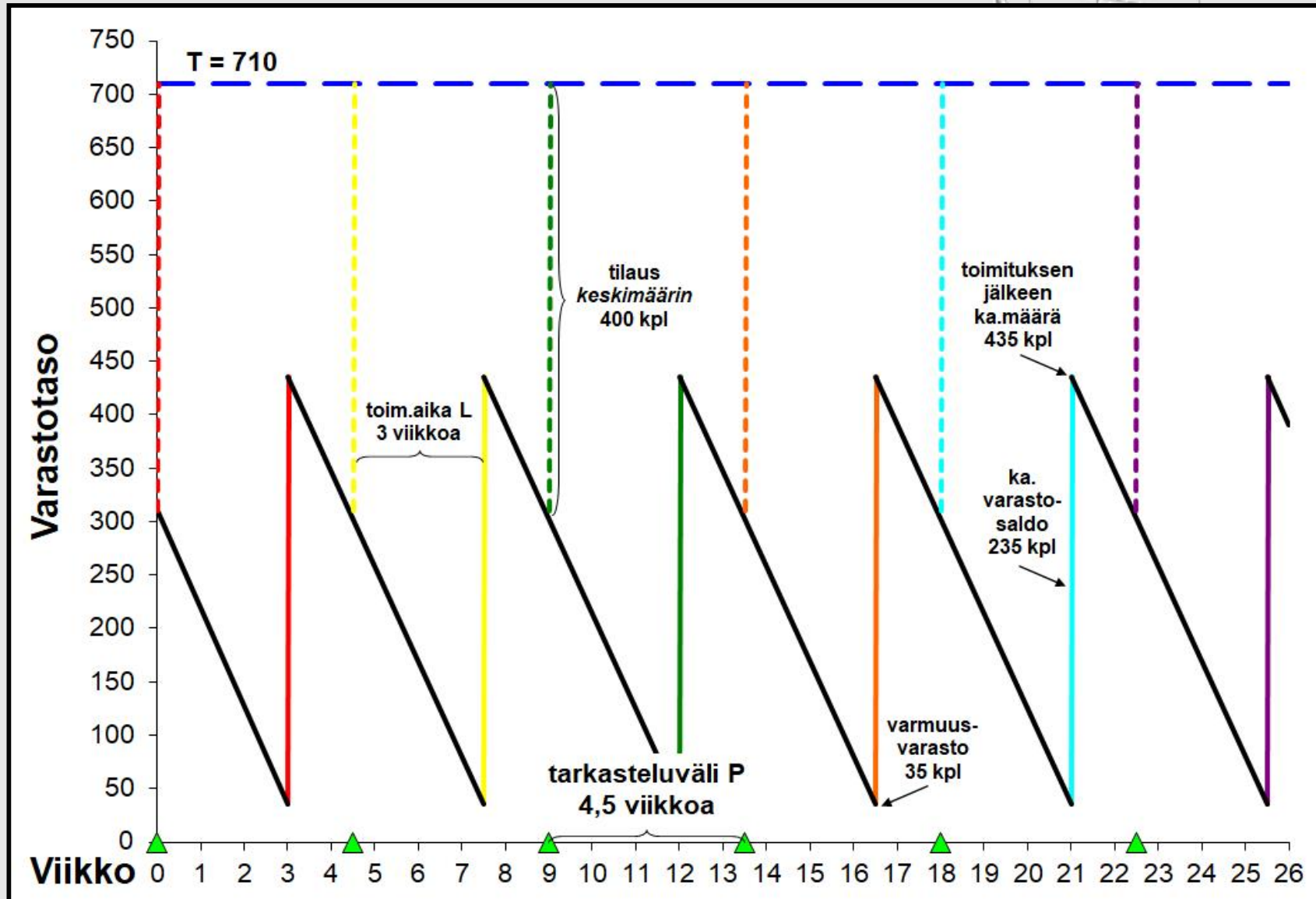
Tilattava määrä: $Q = T - IP = 710 - 330 = 380 \text{ kpl}$

Kustannukset: $TC = \left(\frac{dP}{2} + SS \right) H + \frac{D}{dP} S$

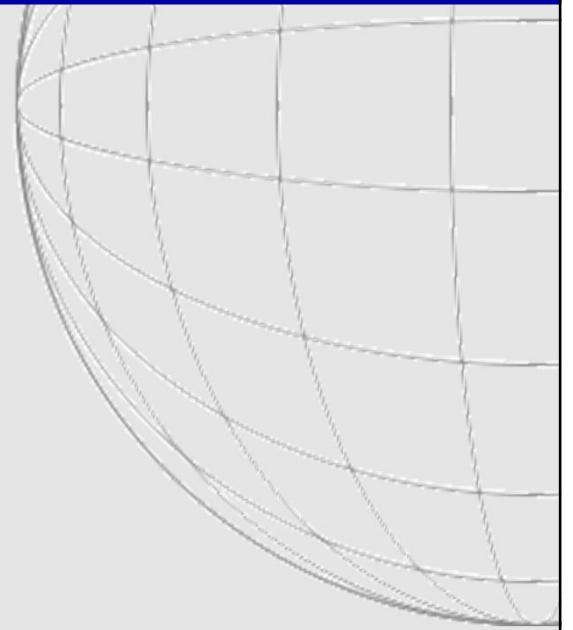
Nousevat hieman suuremman varmuusvaraston vuoksi

$$TC = \left(\frac{90 * 4,5}{2} + 35 \right) * (11,70 * 27\%) + \frac{4680}{90 * 4,5} * 54 \approx 750 + 624 \approx \$1374$$

Kiinteän tilausperiodin esimerkki



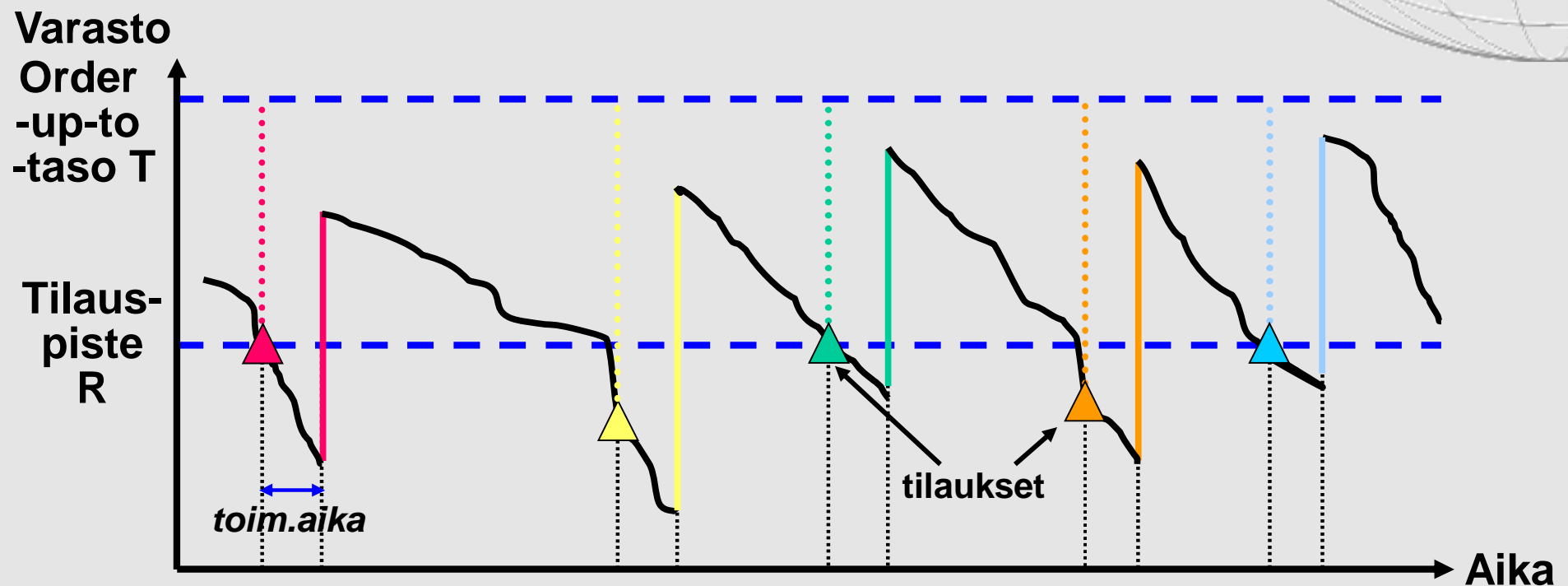
Muita malleja



Muitakin varastohallintamalleja löytyy extraa

- case order-point, order-up-to-level system -

- Vaikka käytetään jatkuvaa valvontaa, niin sekä tilauskoko että tilausväli vaihtelevat
 - keskeisinä kysymyksinä tilaukseen määrittäminen ja ”oikea” tilausajankohta (tilaus-toimitusviive, palvelutaso ja varmuusvaraston koko...)



Muitakin varastohallintamalleja löytyy extraa

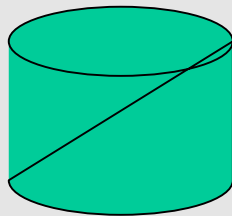
- case order-point, order-up-to-level system -

- **Tilaus tehdään aina kun varastosaldo putoaa tilauspisteeseen tai sen alle**
- **Tilauserän koko määräytyy tilauksen ylätason avulla**
 - jos käyttöerät ovat yksittäiskappaleita systeemi on identtinen Q-systeemin kanssa
 - jos käyttöerät ovat suuria, tilauseräkoko muuttuu vaihtelevaksi
- **Systemiä kutsutaan usein min-max systeemiksi**
 - varastopositio IP (nykyinen varasto + tehdyt tilaukset) on käytännössä aina tilauspisteen R (min) ja ylätason T (max) välillä
- **Käytännössä varsin yleinen hallintamalli**
 - optimaalisen tilauspisteen R ja ylätason T määrittäminen on usein aikaa vievää Q-systeemiin verrattuna joten arvot usein ”mutupainotteisesti”
- **Vaihtuvan tilauseräkoon on todettu lisäävän toimittajien toimitusvirheitä**

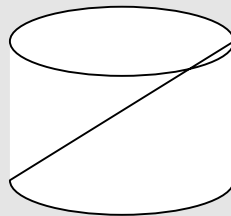
Muitakin varastohallintamalleja löytyy

- laatikko-järjestelmät -

Kahden laatikon systeemi

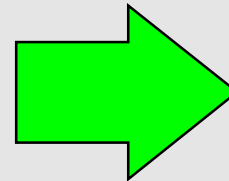


Täysi



Tyhjä

”Jatkuva valvonta”

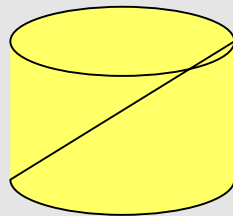


Tilaa yksi laatikollinen
varastoon

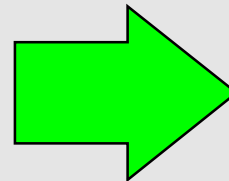
esim. muistus shekkivihkossa,
”ilmoita myyjälle” lappu
rautakaupassa, etiketin alalaita
baarissa, viiva varaston seinässä

*Informaation
hallinta helppoa!*

Yhden laatikon systeemi

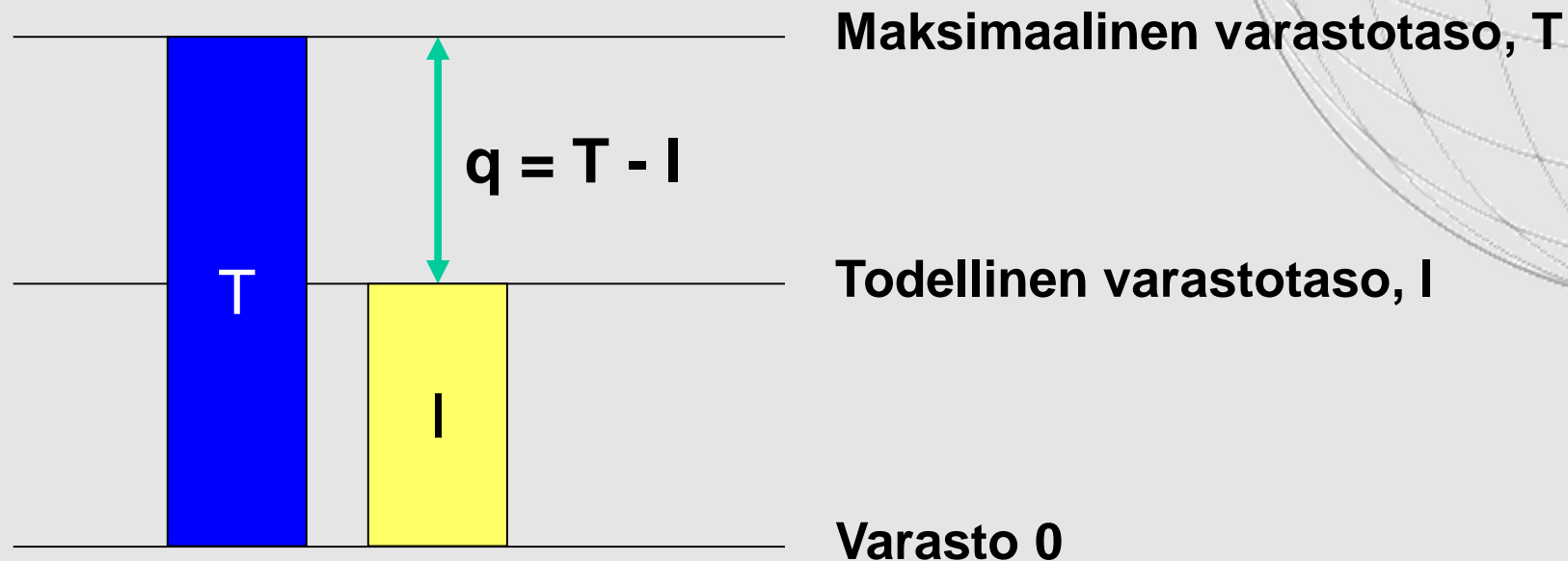


”Jaksottainen valvonta”



Tilaa tarpeeksi
täyttämään laatikko

Muitakin varastohallintamalleja löytyy - ehdollinen täydennysjärjestelmä -



Q = pienin hyväksyttävä tilausmäärä

Jos $q \geq Q$, tilaa q , muuten älä tilaa mitään
(käytössä myös kahden rajan menetelmänä; 1-lupa 2-pakko)

Muitakin varastohallintamalleja löytyy

- yhden jakson myyntiperiodi / lyhyt elinikä -

extraa

$$F(Q) = \frac{C_u}{C_o + C_u}$$

kysynnän käänteinen
kumulatiivinen kertymäfunktio

alitarjonnan
"kustannus"

$$Q = F^{-1} \left(\frac{C_u}{C_o + C_u} \right)$$

ylitarjonnan
kustannus

alitarjonnan
"kustannus"



News vendor problem

Hyvä varastointijärjestelmä ei aina riitä

- case voimakas kysynnän vaihtelu -



Hyvä varastointijärjestelmä ei aina riitä

- case sesonkituotteet -

- **Sesonki...**
 - ajallisesti rajattu
 - menekki melko epävarmaa
 - varastotäydennykset usein vaikeaa toteuttaa
 - myynti- ja markkinointisuunnitelma varasto-ohjauksen kulmakiviä
 - ABCD-luokittelu usein apuna
- **Tuotannolliset ratkaisut usein välttämättömiä**
 - joustavuuden parantaminen, fast response -systeemit
 - viivästyttämisstrategiat (postponement)
 - valmistus tilaukseen



***Markkinointi ja
tuotanto vaikuttavat
paljon varastointiin!***