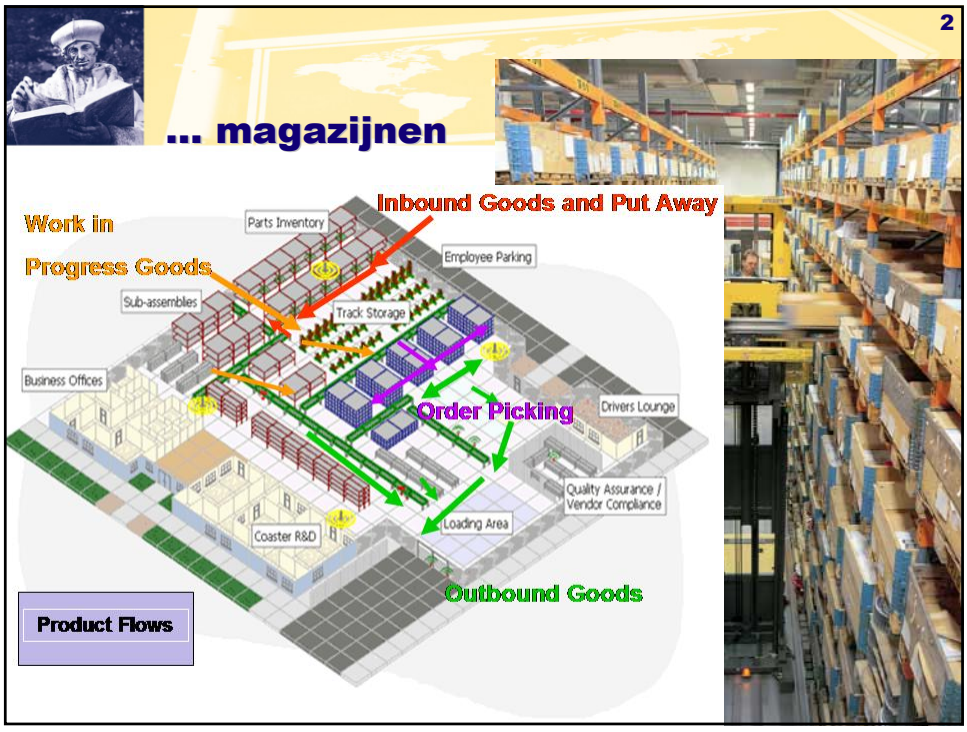
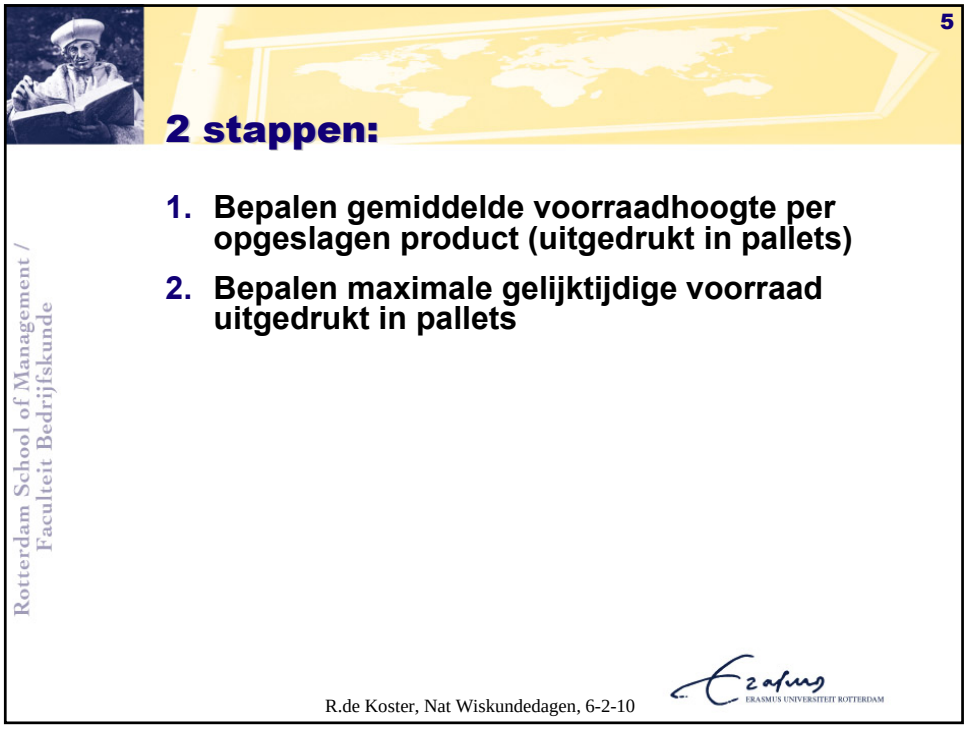
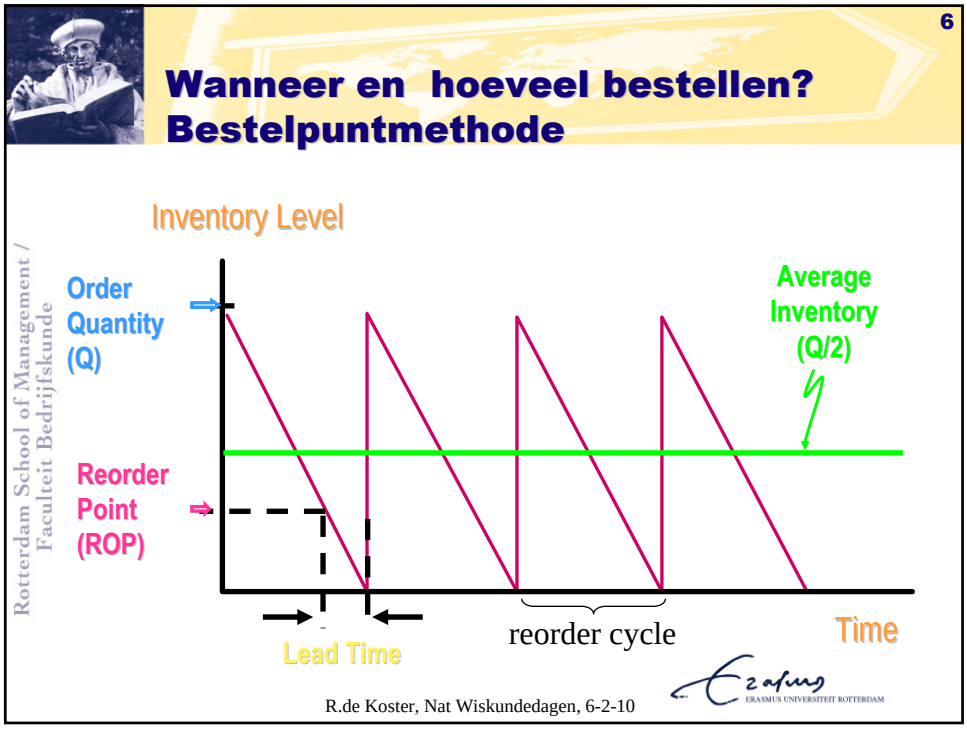

1
WISKUNDE
IN DE
INTERNE LOGISTIEK
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
René de Koster
Rotterdam School of Management
Erasmus University
rkoster@rsm.nl
http://www.rsm.nl/rdekoster
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

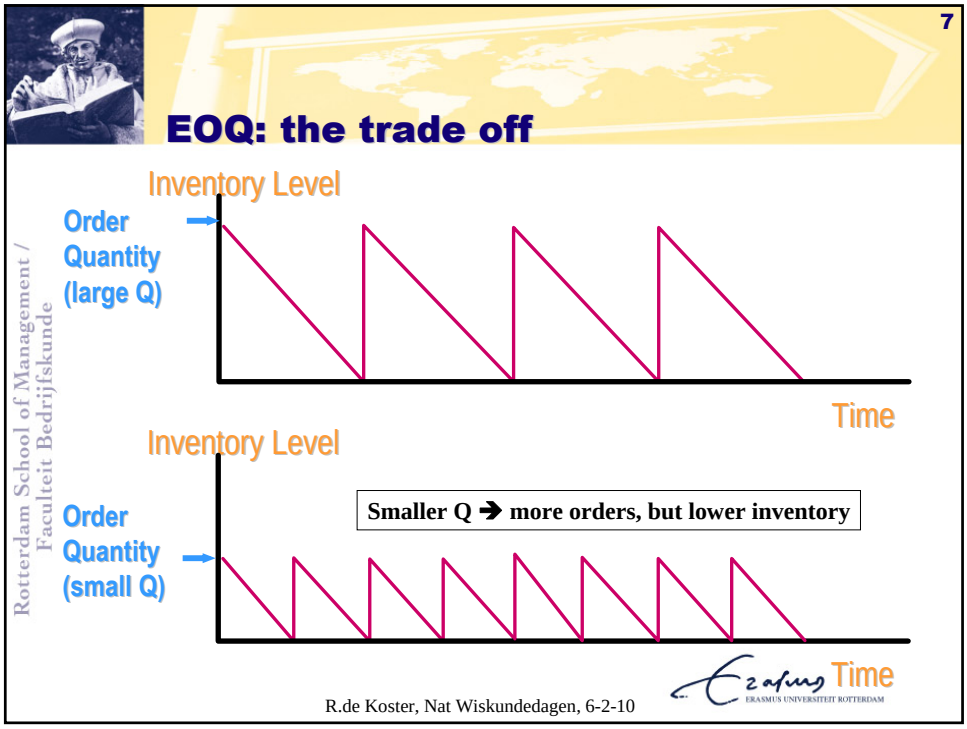

2
... magazijnen
Work in
Progress Goods
Inbound Goods and Put Away
Parts Inventory
Employee Parking
Sub-assemblies
Track Storage
Business Offices
Order Picking
Drivers Lounge
Quality Assurance / Vendor Compliance
Loading Area
Coaster R&D
Outbound Goods
Product Flows

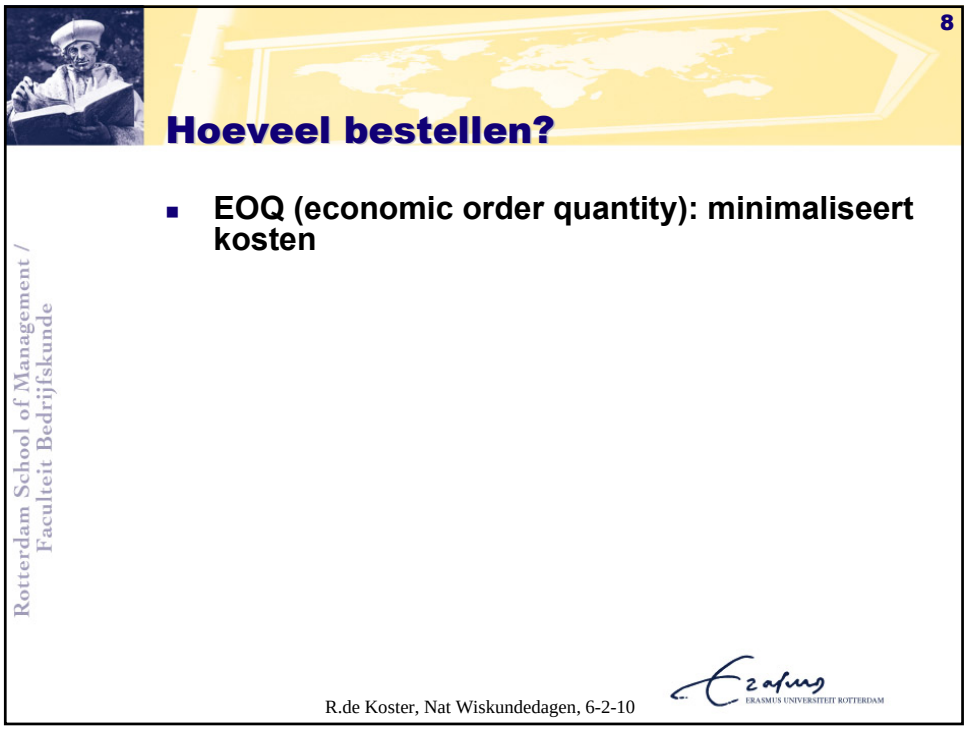

3
Ontwerp van een magazijn
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
Palletmagazijnen met trucks
1. Hoeveel voorraad ligt er (hoe groot moet het zijn in #pallets opslag)?
2. Hoe lang en hoe breed moet het magazijn zijn?
Automatische magazijnen met kranen
3. Hoe lang en hoe hoog moet een gang zijn?
4. Hoeveel gangen en kranen zijn nodig in een automatisch magazijn?
Sorteerinstallaties
5. Wat is de capaciteit van een sorteerinstallatie?
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

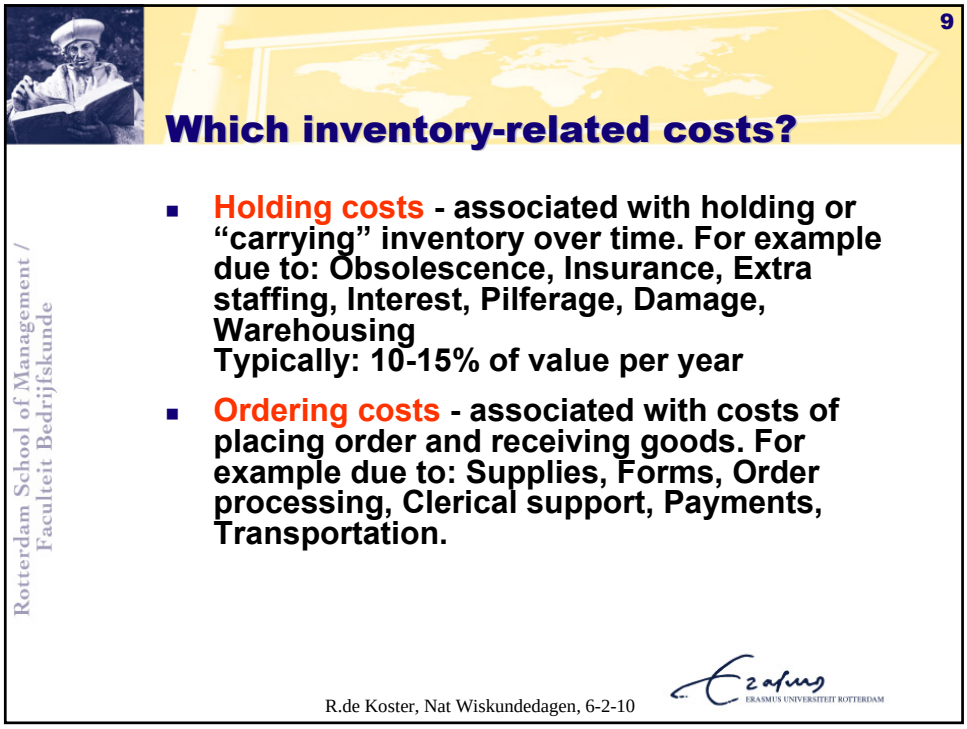

4
Hoeveel voorraad ligt er (#pallets opslagcapaciteit) ?
1
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde

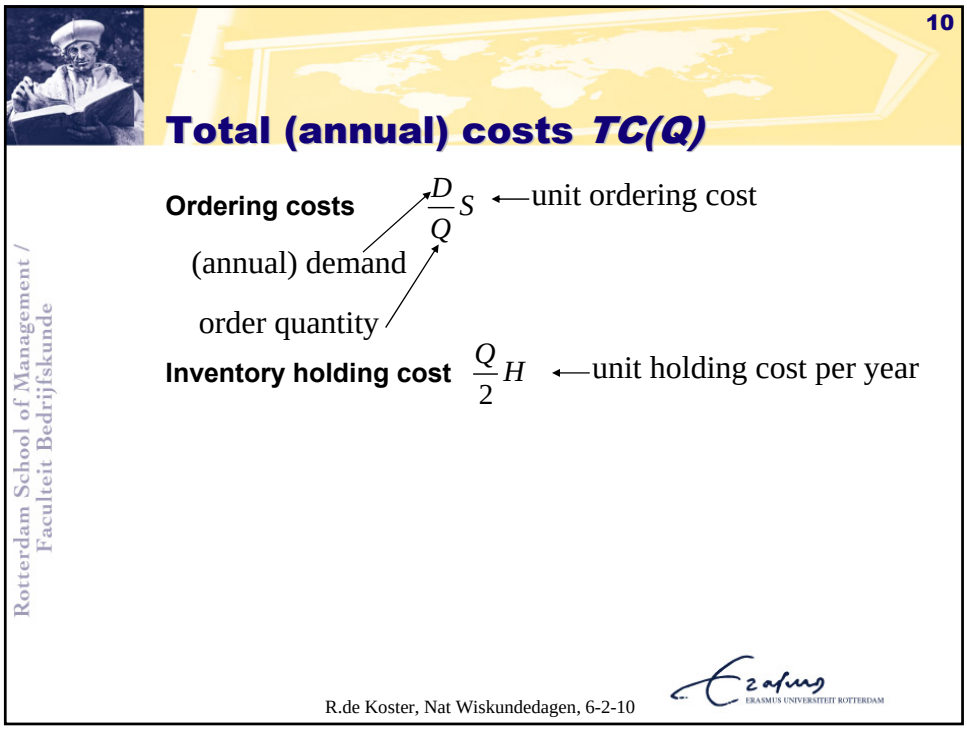

5
2 stappen:
1. Bepalen gemiddelde voorraadhoogte per opgeslagen product (uitgedrukt in pallets)
2. Bepalen maximale gelijktijdige voorraad uitgedrukt in pallets
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

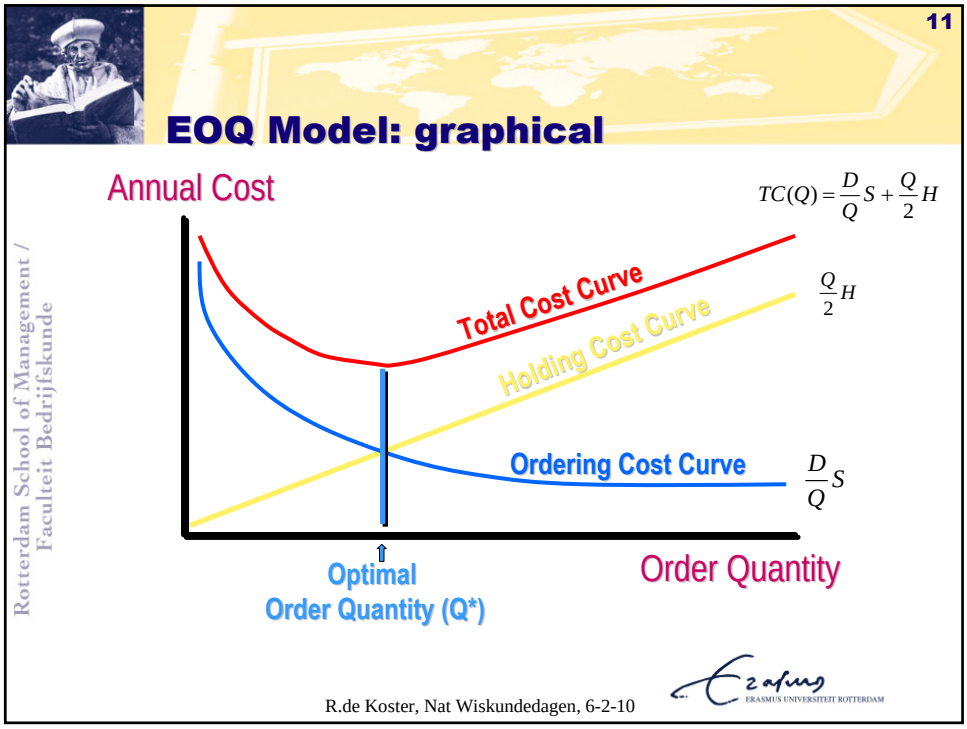

6
Wanneer en hoeveel bestellen?
Bestelpuntmethode
Inventory Level
Order Quantity (Q)
Reorder Point (ROP)
Average Inventory (Q/2)
Lead Time
reorder cycle
Time
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

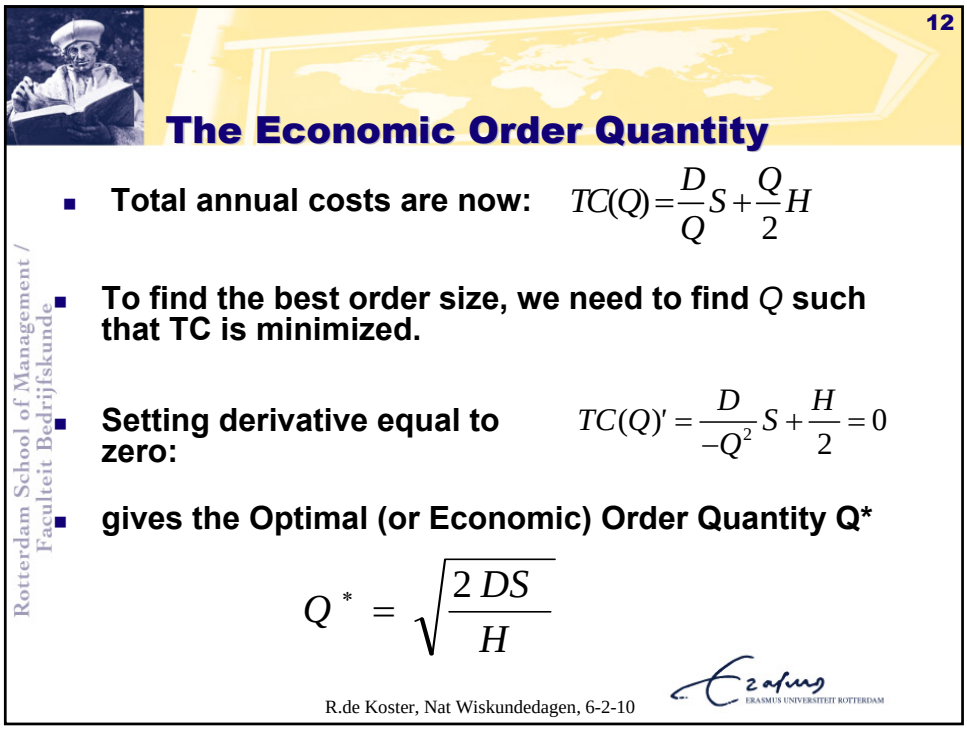

7
EOQ: the trade off
Inventory Level
Order Quantity (large Q)
Time
Inventory Level
Order Quantity (small Q)
Smaller Q ➔ more orders, but lower inventory
Time
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

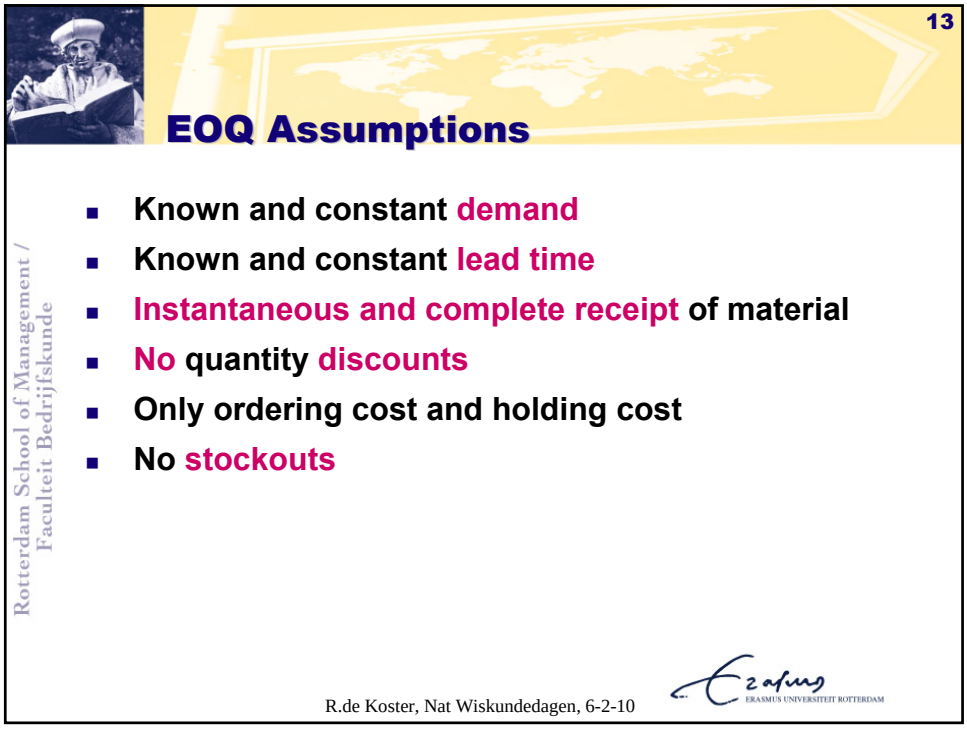

8
Hoeveel bestellen?
EOQ (economic order quantity): minimaliseert kosten
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

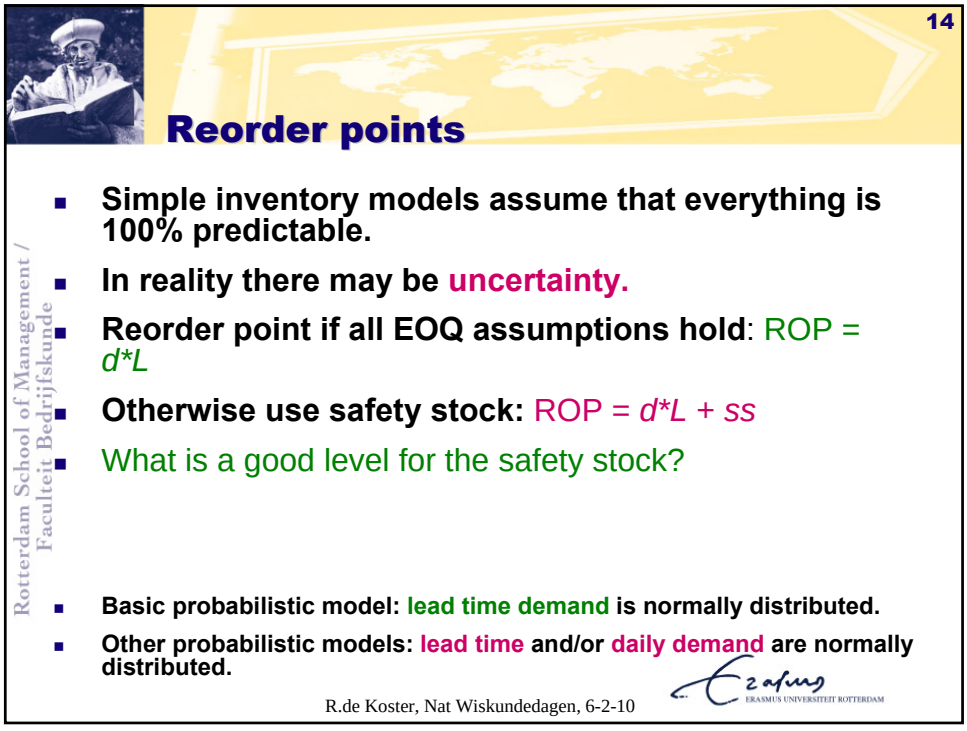

9
Which inventory-related costs?
Holding costs - associated with holding or "carrying" inventory over time. For example due to: Obsolescence, Insurance, Extra staffing, Interest, Pilferage, Damage, Warehousing
Typically: 10-15% of value per year
Ordering costs - associated with costs of placing order and receiving goods. For example due to: Supplies, Forms, Order processing, Clerical support, Payments, Transportation.
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

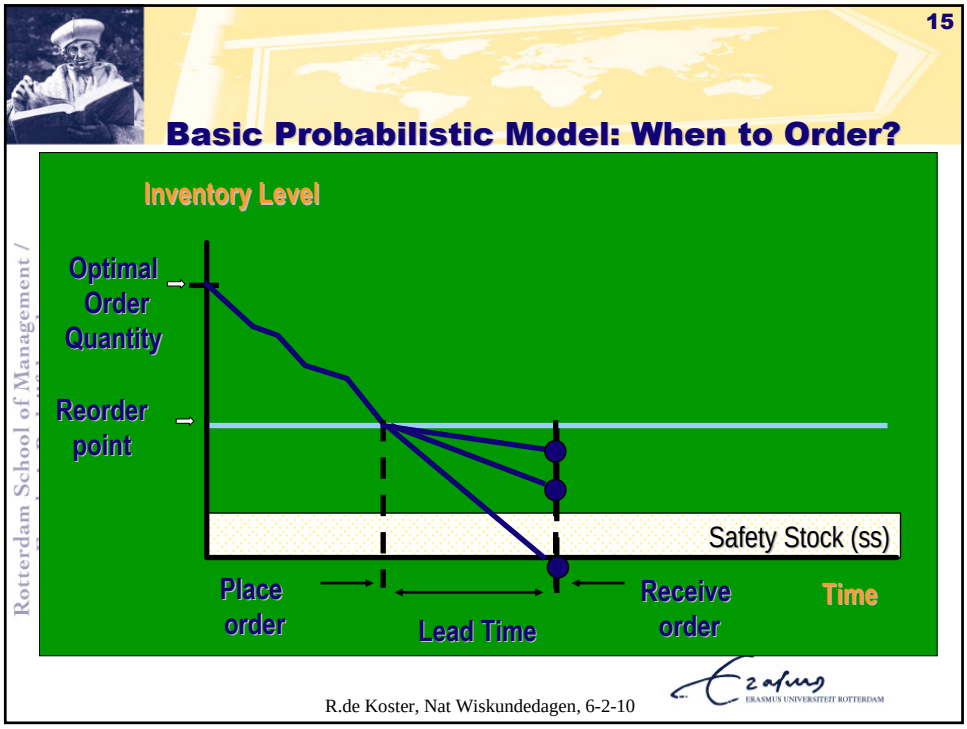

10
Total (annual) costs TC(Q)
Ordering costs
$\frac{D}{Q}S$
unit ordering cost
(annual) demand
order quantity
Inventory holding cost
$\frac{Q}{2}H$
unit holding cost per year
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

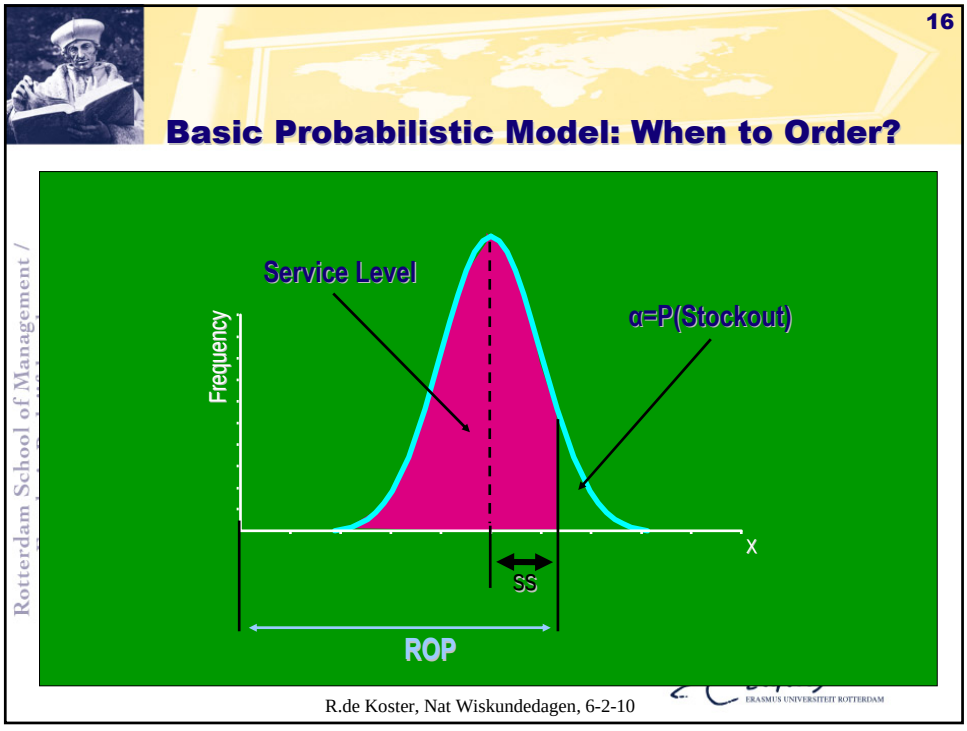

11
EOQ Model: graphical
Annual Cost
$TC(Q) = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$
Total Cost Curve
Holding Cost Curve
$\frac{Q}{2}H$
Ordering Cost Curve
$\frac{D}{Q}S$
Optimal
Order Quantity (Q*)
Order Quantity
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

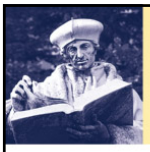

12
The Economic Order Quantity
Total annual costs are now: $TC(Q) = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H$
To find the best order size, we need to find Q such that TC is minimized.
Setting derivative equal to zero: $TC(Q)' = \frac{D}{-Q^2}S + \frac{H}{2} = 0$
gives the Optimal (or Economic) Order Quantity Q*
$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


13
EOQ Assumptions
Known and constant demand
Known and constant lead time
Instantaneous and complete receipt of material
No quantity discounts
Only ordering cost and holding cost
No stockouts
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


14
Reorder points
Simple inventory models assume that everything is 100% predictable.
In reality there may be uncertainty.
Reorder point if all EOQ assumptions hold: ROP = d*L
Otherwise use safety stock: ROP = d*L + ss
What is a good level for the safety stock?
Basic probabilistic model: lead time demand is normally distributed.
Other probabilistic models: lead time and/or daily demand are normally distributed.
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


15
Basic Probabilistic Model: When to Order?
Inventory Level
Optimal Order Quantity
Reorder point
Safety Stock (ss)
Place order
Lead Time
Receive order
Time
Rotterdam School of Management /
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10


16
Basic Probabilistic Model: When to Order?
Service Level
α=P(Stockout)
Frequency
X
SS
ROP
Rotterdam School of Management /
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10



17

Reorder points

- **Reorder point if all EOQ assumptions hold**: *ROP = d*L*
- **Otherwise use safety stock:** $ROP = \bar{d} \cdot \bar{L} + ss_\alpha = \bar{d} \cdot \bar{L} + Z_\alpha \sigma_{dL}$

  (1-α=service level). Let X_{dL} = *lead time demand*

$$P[X_{dL} > ROP] < \alpha$$

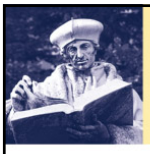
$$\Leftrightarrow P[\frac{X_{dL} - \bar{d} \cdot \bar{L}}{\sigma_{dL}} > Z_\alpha] < \alpha$$

- **If lead time demand is normally distributed, then**

$\frac{X_{dL} - \bar{d} \cdot \bar{L}}{\sigma_{dL}}$ **follows a standard normal distribution and we can lookup Z_α in a table:**

$$1 - \Phi(Z_\alpha) = \alpha \Rightarrow Z_\alpha = \Phi^{-1}(1-\alpha)$$

Question: how to determine σ_{dL} ?



18

Assumption: leadtime constant

$$VAR(X_{dL}) = VAR(X_1 + X_2 + .. + X_L) = L \cdot VAR(X_d) \Rightarrow \sigma_{dL} = \sigma_d \sqrt{L}$$

(assuming iid daily demand and constant lead time)

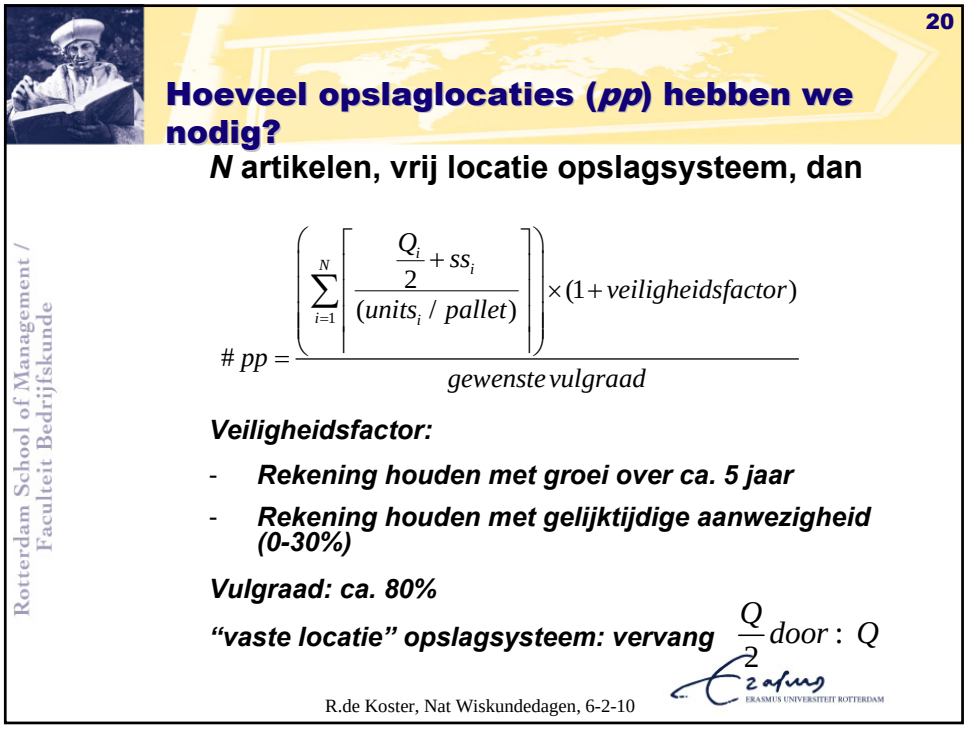
- **Average inventory level during a reorder cycle:**

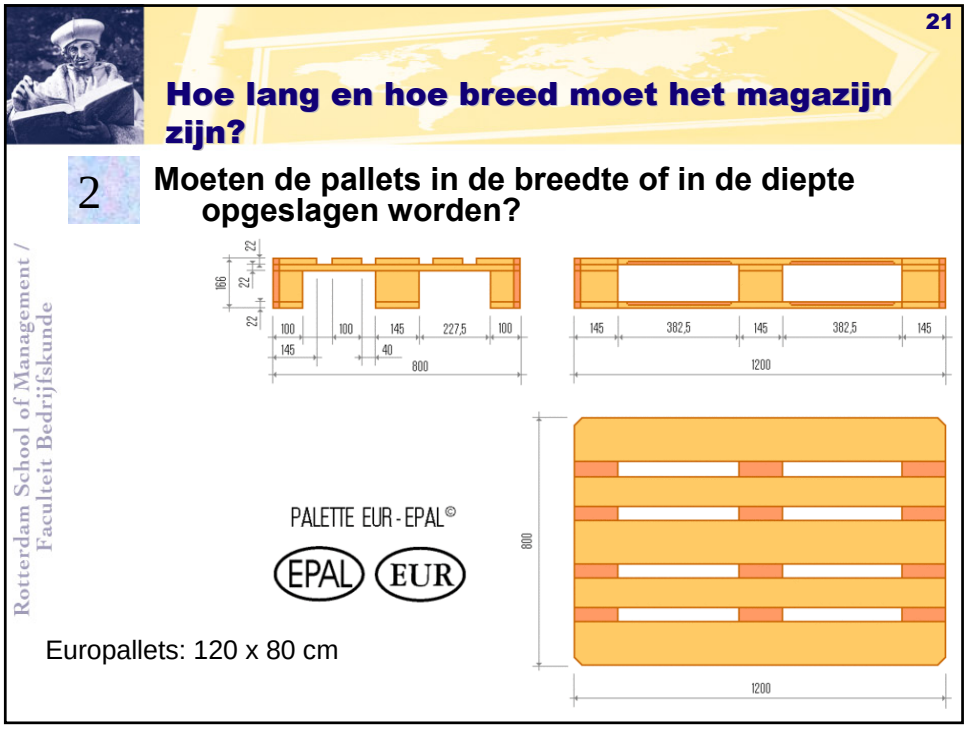
  inventory just after reordering: *Q+ss*

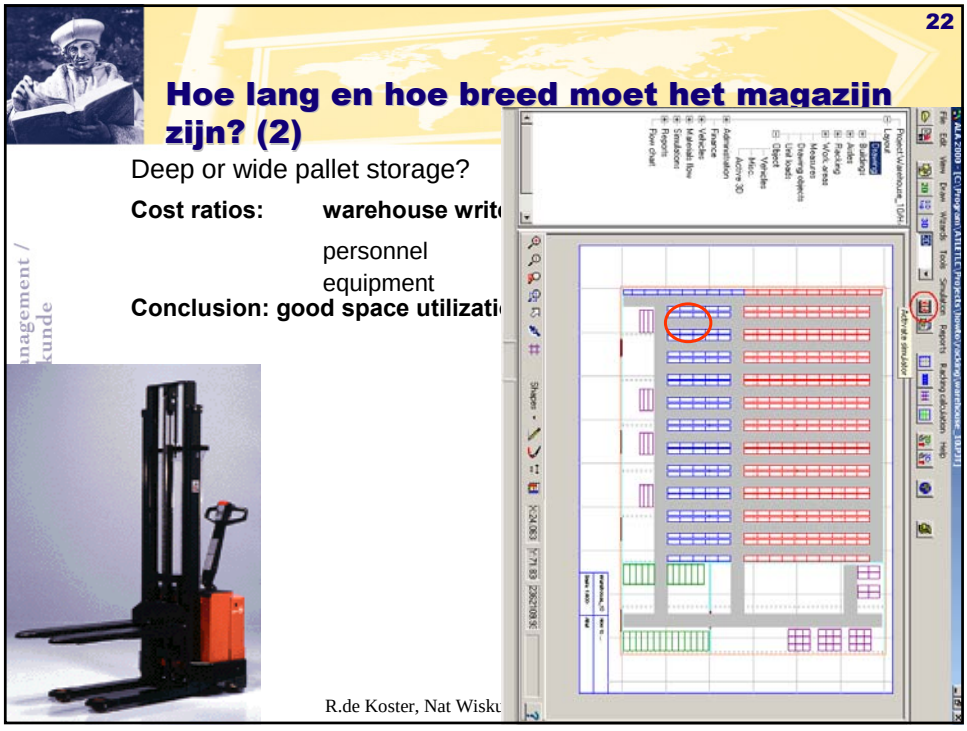
  inventory just before reordering: *ss*

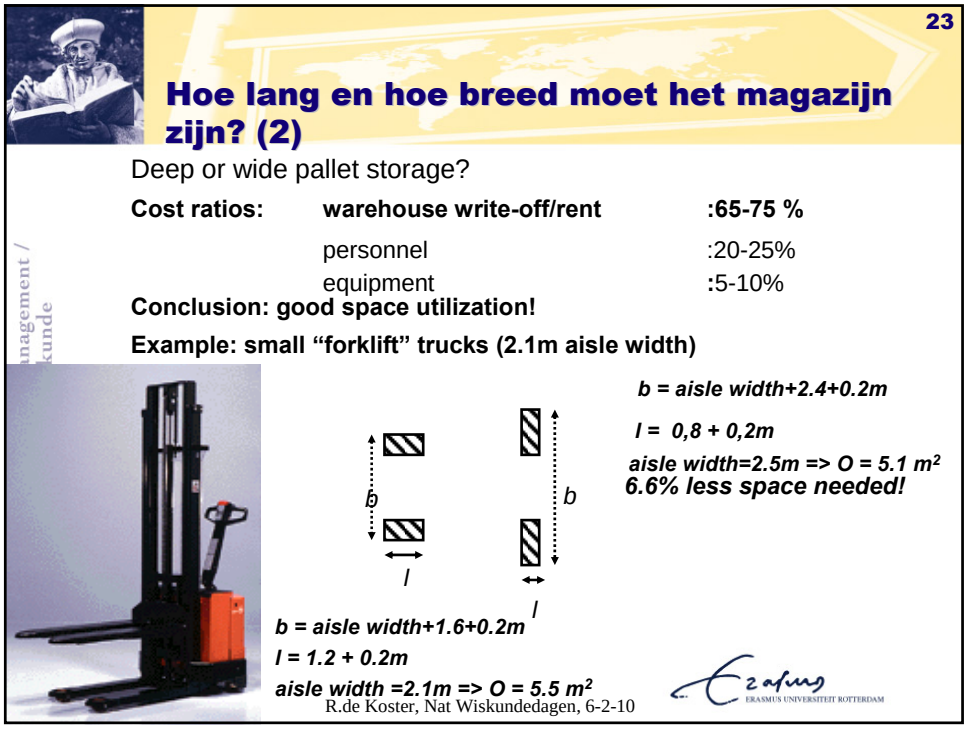
  $\Rightarrow$ **average inventory level:** $\frac{Q}{2} + ss$

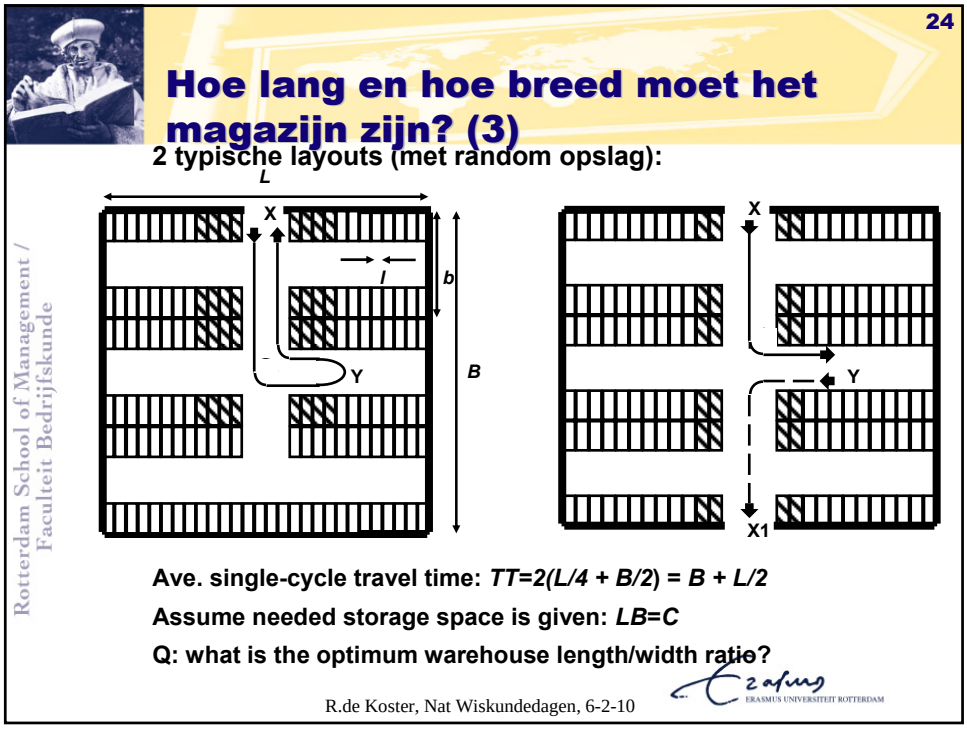

19
We weten nu hoeveel voorraad er gemiddeld ligt per artikel *i* voor een bepaalde servicegraad 1-α:
$\frac{Q_i}{2} + ss_i = \frac{Q_i}{2} + Z_\alpha \sigma_i \sqrt{L_i}$
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

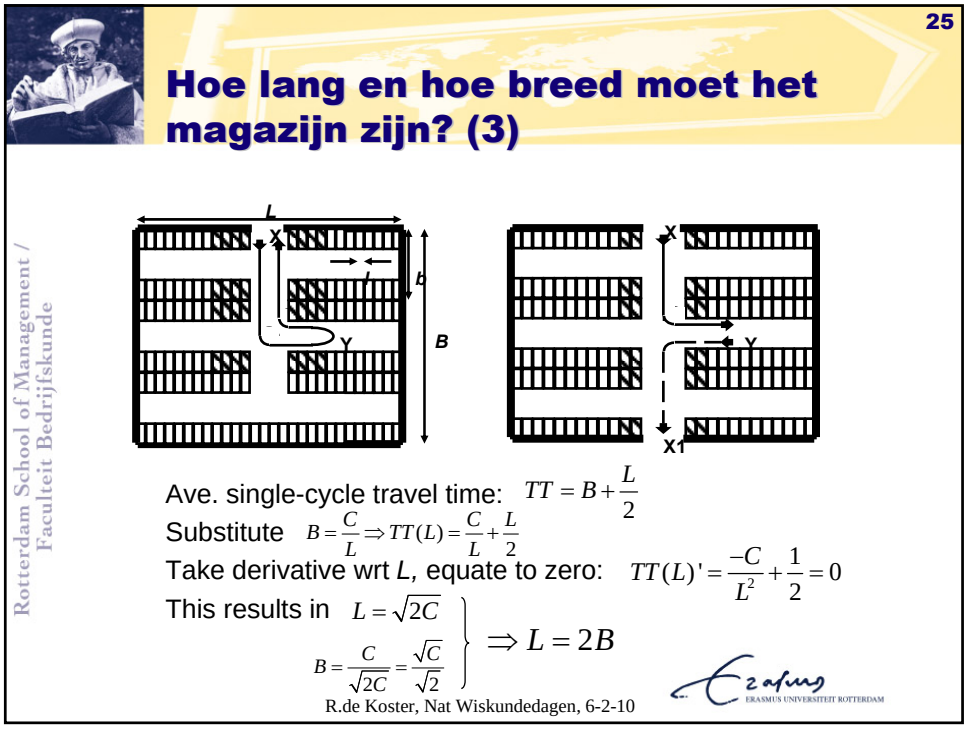

20
Hoeveel opslaglocaties (*pp*) hebben we nodig?
N artikelen, vrij locatie opslagsysteem, dan
$\#\, pp = \frac{\left(\sum_{i=1}^{N} \left\lceil \frac{\frac{Q_i}{2} + ss_i}{(units_i \,/\, pallet)} \right\rceil \right) \times (1 + veiligheidsfactor)}{gewenste\, vulgraad}$
Veiligheidsfactor:
- *Rekening houden met groei over ca. 5 jaar*
- *Rekening houden met gelijktijdige aanwezigheid (0-30%)*
Vulgraad: ca. 80%
"vaste locatie" opslagsysteem: vervang $\frac{Q}{2}$ *door :* Q
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

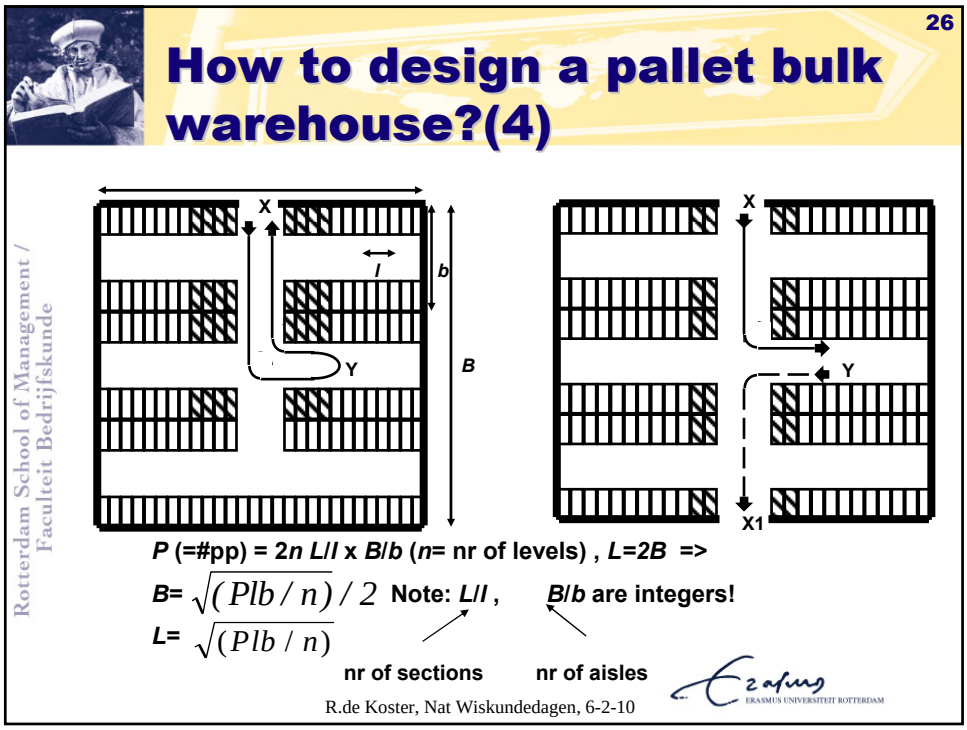

21
Hoe lang en hoe breed moet het magazijn zijn?
2
Moeten de pallets in de breedte of in de diepte opgeslagen worden?
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
PALETTE EUR-EPAL©
EPAL EUR
Europallets: 120 x 80 cm
166
22
22
22
100
100
145
227,5
100
145
40
800
145
382,5
145
382,5
145
1200
800
1200


22
Hoe lang en hoe breed moet het magazijn zijn? (2)
Deep or wide pallet storage?
Cost ratios: warehouse writ
personnel
equipment
Conclusion: good space utilizati
R.de Koster, Nat Wisku


23
Hoe lang en hoe breed moet het magazijn zijn? (2)
Deep or wide pallet storage?
Cost ratios: warehouse write-off/rent :65-75 %
personnel :20-25%
equipment :5-10%
Conclusion: good space utilization!
Example: small "forklift" trucks (2.1m aisle width)
b = aisle width+2.4+0.2m
l = 0,8 + 0,2m
aisle width=2.5m => O = 5.1 m²
6.6% less space needed!
b
l
b
l
b = aisle width+1.6+0.2m
l = 1.2 + 0.2m
aisle width =2.1m => O = 5.5 m²
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


24
Hoe lang en hoe breed moet het magazijn zijn? (3)
2 typische layouts (met random opslag):
L
X
l
b
Y
B
X
Y
X1
Ave. single-cycle travel time: TT=2(L/4 + B/2) = B + L/2
Assume needed storage space is given: LB=C
Q: what is the optimum warehouse length/width ratio?
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


25
Hoe lang en hoe breed moet het magazijn zijn? (3)
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
L
X
l
b
B
Y
X
Y
X1
Ave. single-cycle travel time: $TT = B + \frac{L}{2}$
Substitute $B = \frac{C}{L} \Rightarrow TT(L) = \frac{C}{L} + \frac{L}{2}$
Take derivative wrt L, equate to zero: $TT(L)' = \frac{-C}{L^2} + \frac{1}{2} = 0$
This results in $L = \sqrt{2C}$
$B = \frac{C}{\sqrt{2C}} = \frac{\sqrt{C}}{\sqrt{2}}$
$\Rightarrow L = 2B$
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

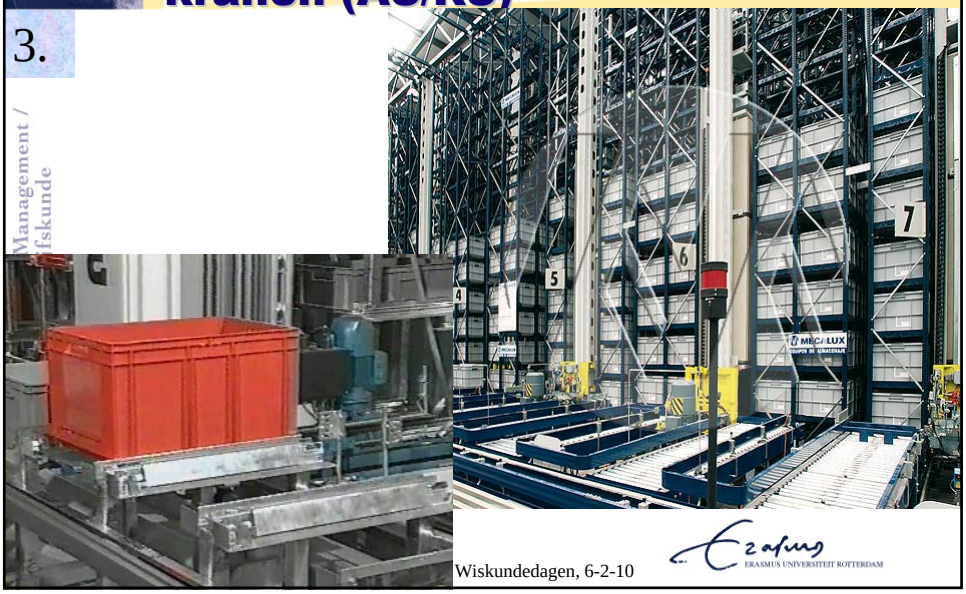

26
How to design a pallet bulk warehouse?(4)
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
X
l
b
Y
B
X
Y
X1
P (=#pp) = 2n L/l x B/b (n= nr of levels) , L=2B =>
B= $\sqrt{(Plb/n)}/2$ Note: L/l , B/b are integers!
L= $\sqrt{(Plb/n)}$
nr of sections
nr of aisles
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

27

Automatische magazijnen met kranen (AS/RS)

3.

Management / fskunde



Wiskundedagen, 6-2-10

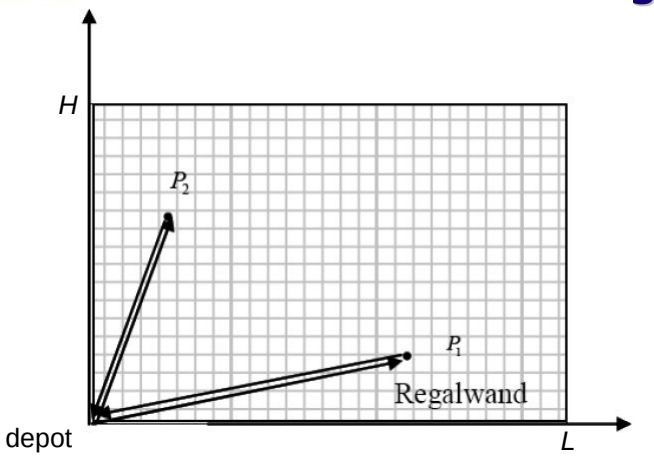
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

28

Optimale lengte/hoogte verhouding van een opslaggang?

3.

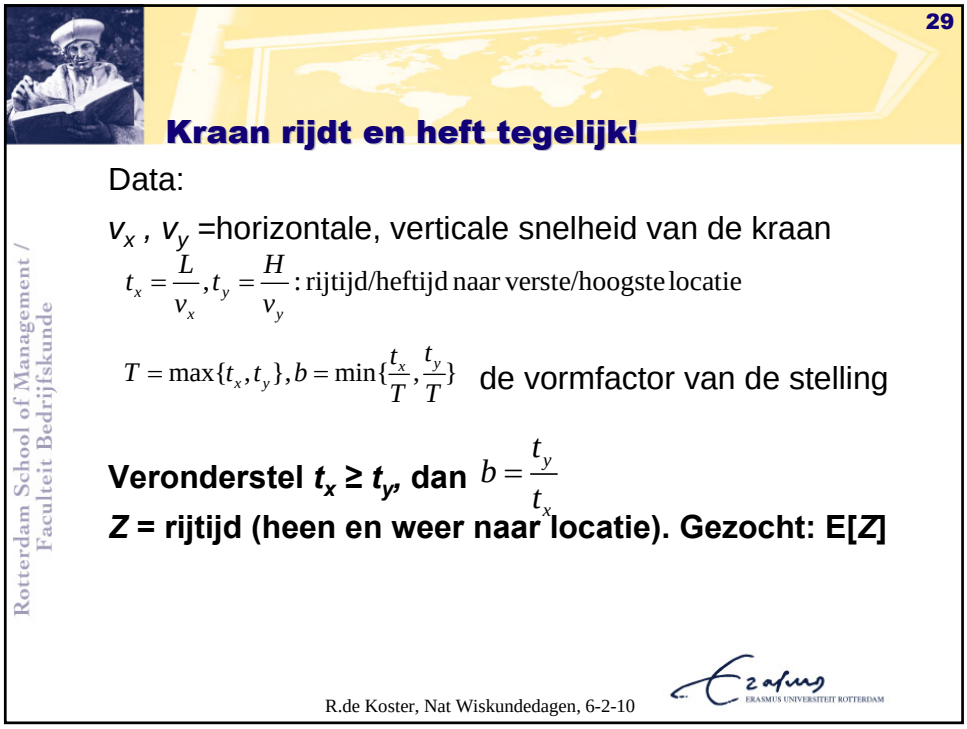
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde

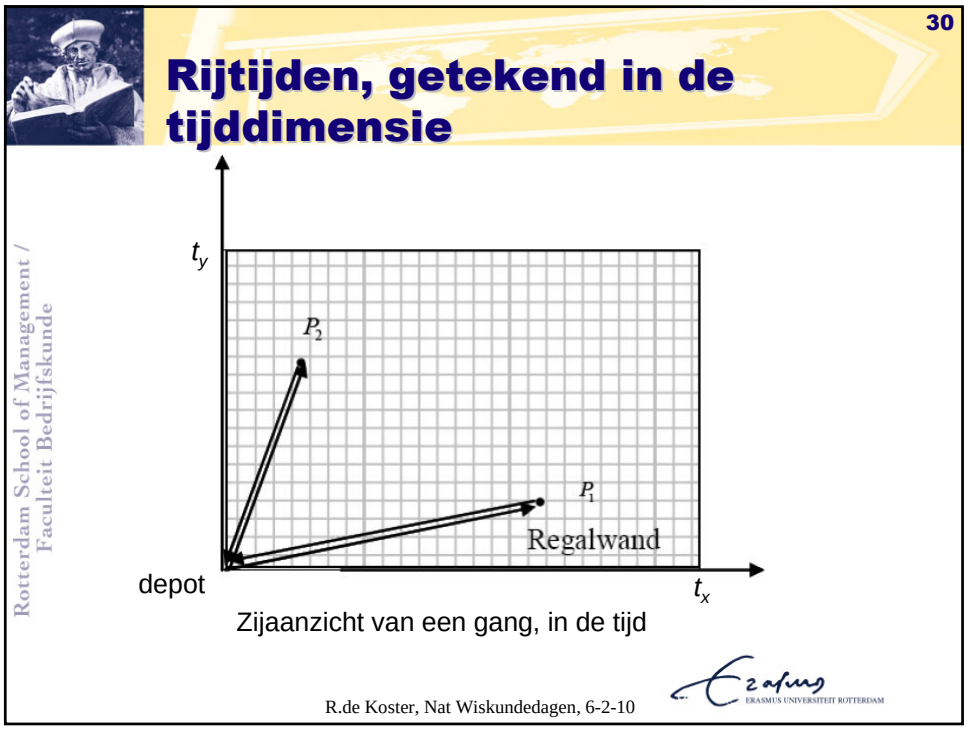


Zijaanzicht van een gang

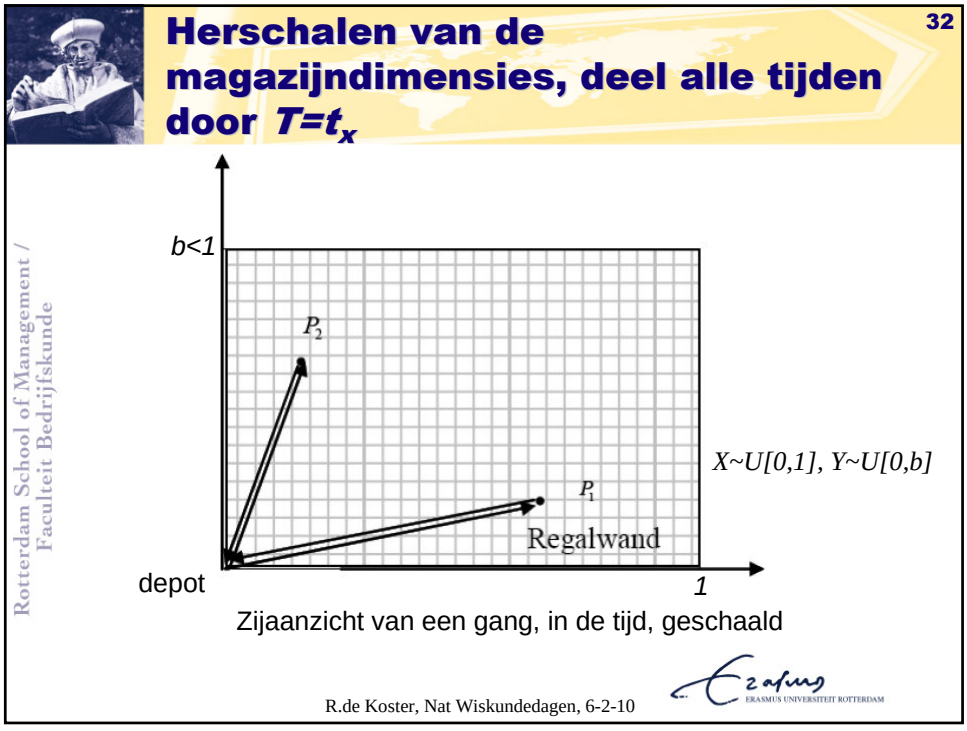
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10

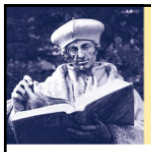
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


29
Kraan rijdt en heft tegelijk!
Data:
v_x , v_y =horizontale, verticale snelheid van de kraan
$t_x = \frac{L}{v_x}, t_y = \frac{H}{v_y}$: rijtijd/heftijd naar verste/hoogste locatie
$T = \max\{t_x, t_y\}, b = \min\{\frac{t_x}{T}, \frac{t_y}{T}\}$ de vormfactor van de stelling
Veronderstel $t_x \geq t_y$, dan $b = \frac{t_y}{t_x}$
Z = rijtijd (heen en weer naar locatie). Gezocht: E[Z]
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


30
Rijtijden, getekend in de tijddimensie
t_y
P_2
P_1
Regalwand
depot
t_x
Zijaanzicht van een gang, in de tijd
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


31
Gemiddelde rijtijd?
Stel een magazijn is 50 sec rijtijd lang, en 50 sec heftijd hoog.
Random opslag (elke locatie even waarschijnlijk)
Wat is de gemiddelde rijtijd naar een locatie (enkele reis)?
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


32
Herschalen van de magazijndimensies, deel alle tijden door $T=t_x$
b<1
P_2
P_1
Regalwand
depot
1
X~U[0,1], Y~U[0,b]
Zijaanzicht van een gang, in de tijd, geschaald
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM



33

$$F_Z(z) = P[Z \le z] = P[\max\{X,Y\} \le z] = P[X \le z] \cdot P[Y \le z]$$

$$P[X \le z] = \begin{cases} z, als\ 0 \le z \le 1 \\ 1, als\ z > 1 \end{cases} \qquad P[Y \le z] = \begin{cases} \frac{z}{b}, als\ 0 \le z \le b \\ 1, als\ z > b \end{cases}$$

$$F_Z(z) = \begin{cases} \frac{z^2}{b}, als\ 0 \le z \le b \\ z, als\ b < z \le 1 \\ 1, als\ z > 1 \end{cases} \quad , \quad dus\ f_Z(z) = \begin{cases} \frac{2z}{b}, als\ 0 \le z \le b \\ 1, als\ b < z \le 1 \\ 0, als\ z > 1 \end{cases}$$

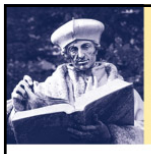
$$E[Z] = 2\int_0^\infty z f_Z(z)dz = 2\int_0^b \frac{2z^2}{b}dz + 2\int_b^1 z dz + 2\int_1^\infty 0 dz$$

$$= 2\frac{2z^3}{3b}\Big|_0^b + 2\frac{z^2}{2}\Big|_b^1 = 2(\frac{2b^2}{3} + \frac{1}{2} - \frac{b^2}{2}) = 1 + \frac{b^2}{3}$$

Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde

R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10

ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM



34

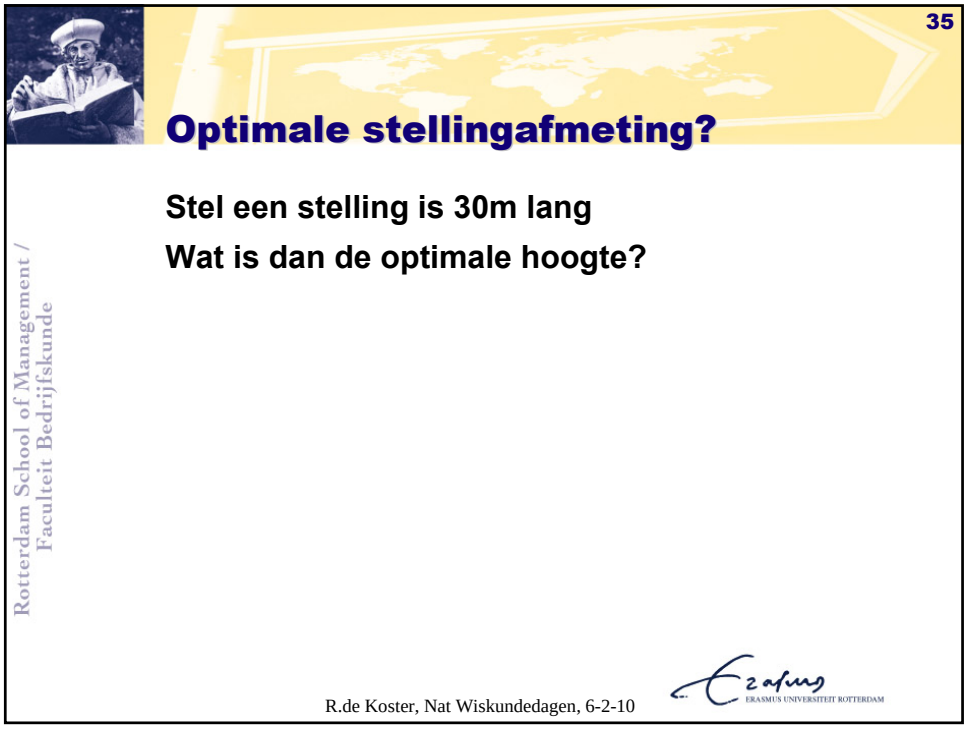
Terugschalen: vermenigvuldigen met *T*

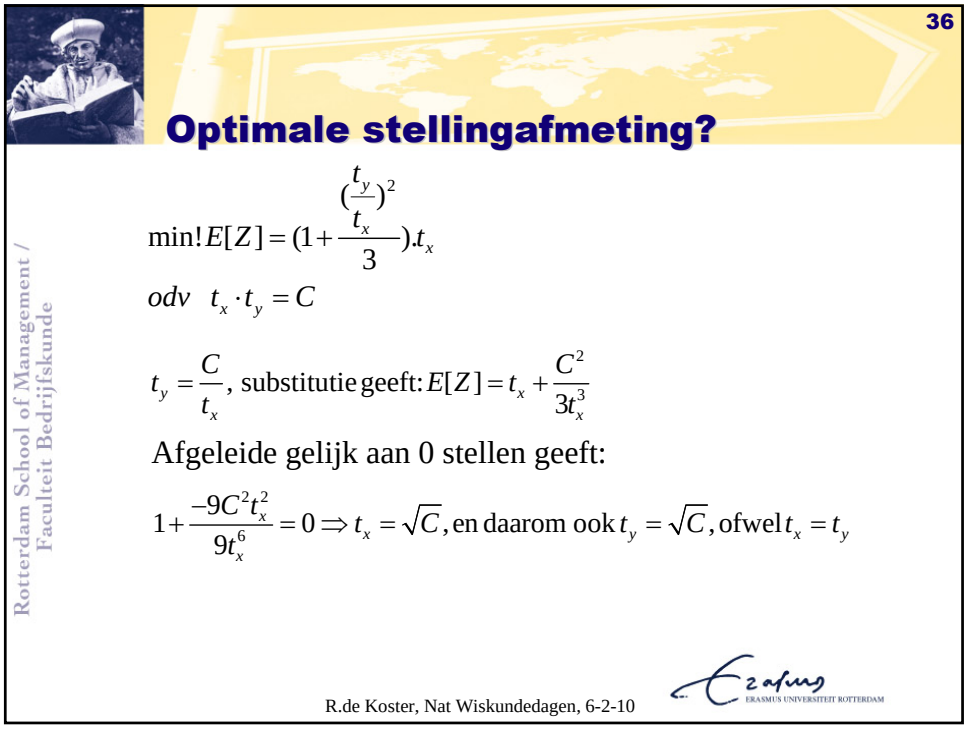
$$E[Z] = (1 + \frac{b^2}{3})T$$

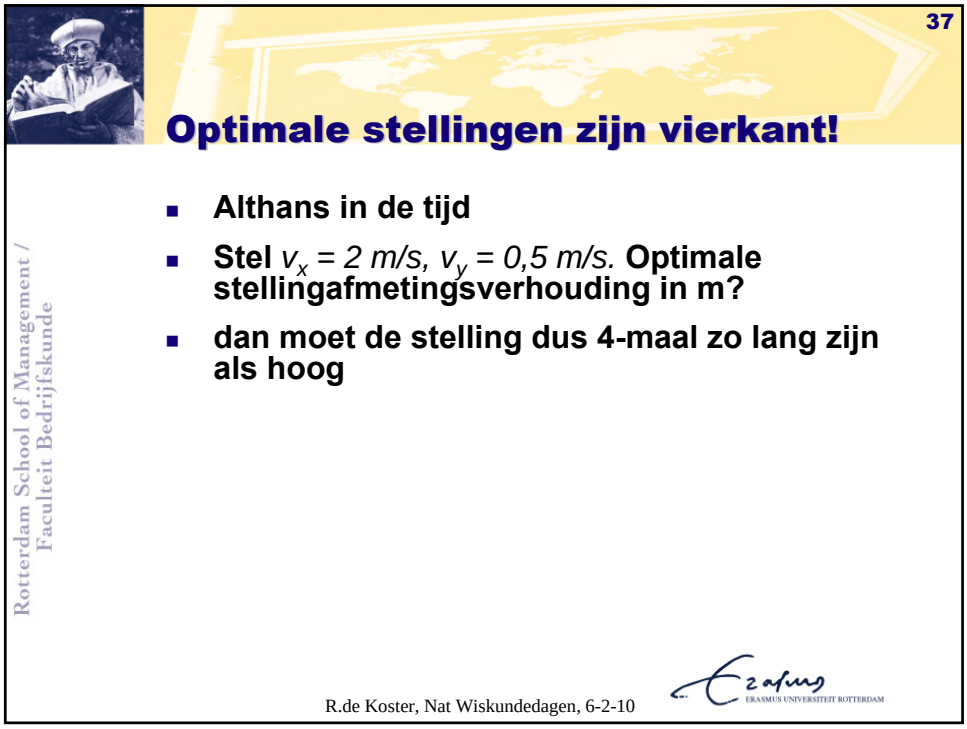
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde

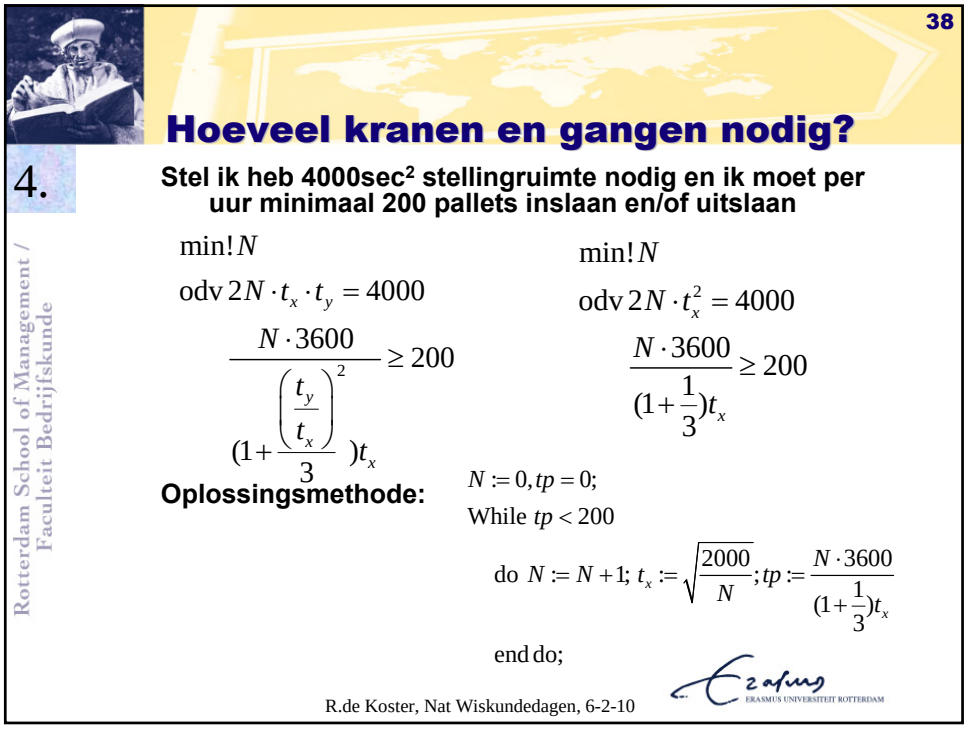
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10

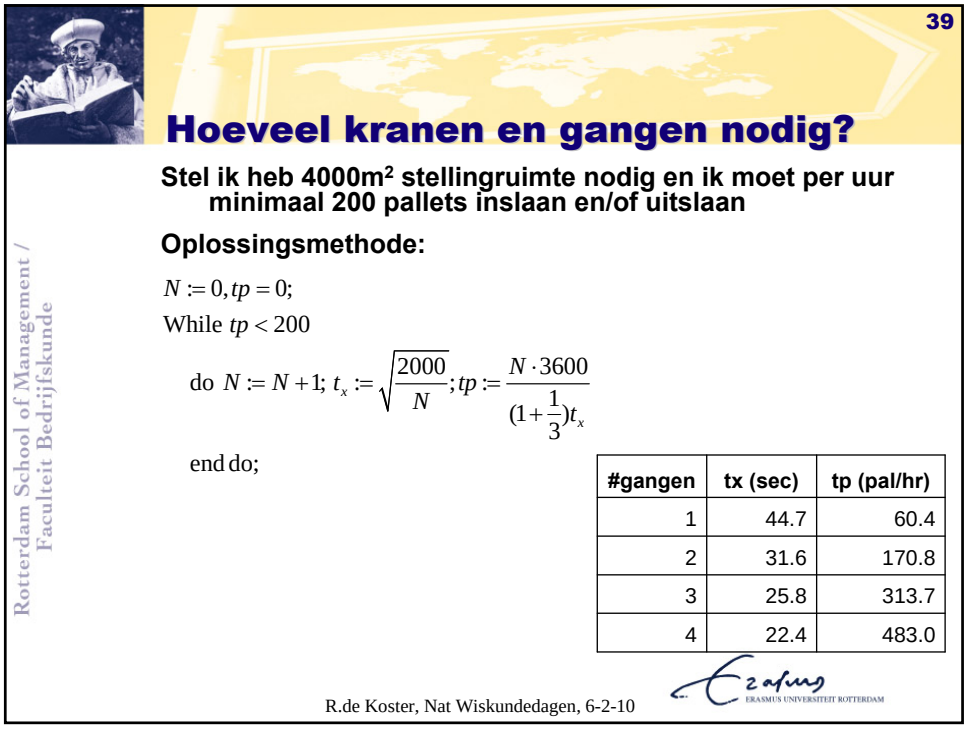
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

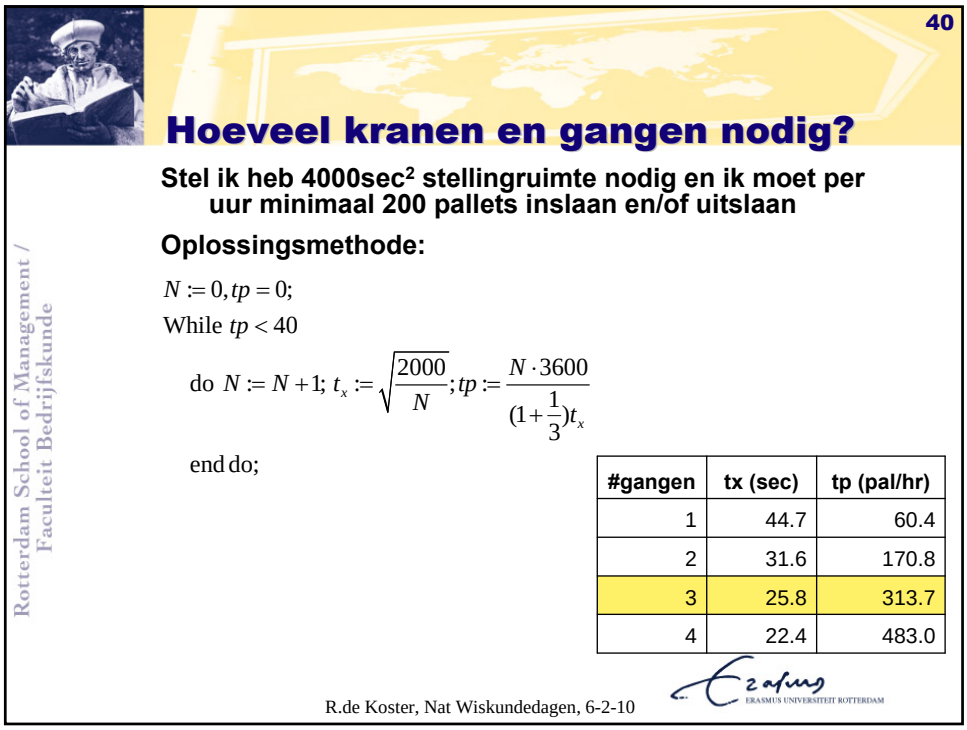

35
Optimale stellingafmeting?
Stel een stelling is 30m lang
Wat is dan de optimale hoogte?
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


36
Optimale stellingafmeting?
$\min! E[Z] = (1 + \frac{(\frac{t_y}{t_x})^2}{3}).t_x$
$odv \quad t_x \cdot t_y = C$
$t_y = \frac{C}{t_x}$, substitutie geeft: $E[Z] = t_x + \frac{C^2}{3t_x^3}$
Afgeleide gelijk aan 0 stellen geeft:
$1 + \frac{-9C^2 t_x^2}{9t_x^6} = 0 \Rightarrow t_x = \sqrt{C}$, en daarom ook $t_y = \sqrt{C}$, ofwel $t_x = t_y$
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


37
Optimale stellingen zijn vierkant!
Althans in de tijd
Stel v_x = 2 m/s, v_y = 0,5 m/s. Optimale stellingafmetingsverhouding in m?
dan moet de stelling dus 4-maal zo lang zijn als hoog
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


38
Hoeveel kranen en gangen nodig?
4.
Stel ik heb 4000sec² stellingruimte nodig en ik moet per uur minimaal 200 pallets inslaan en/of uitslaan
$\min! N$
$\text{odv}\ 2N \cdot t_x \cdot t_y = 4000$
$\frac{N \cdot 3600}{(1+\frac{1}{3}\left(\frac{t_y}{t_x}\right)^2)t_x} \geq 200$
$\min! N$
$\text{odv}\ 2N \cdot t_x^2 = 4000$
$\frac{N \cdot 3600}{(1+\frac{1}{3})t_x} \geq 200$
Oplossingsmethode:
$N := 0, tp = 0;$
While $tp < 200$
do $N := N+1;\ t_x := \sqrt{\frac{2000}{N}};\ tp := \frac{N \cdot 3600}{(1+\frac{1}{3})t_x}$
end do;
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

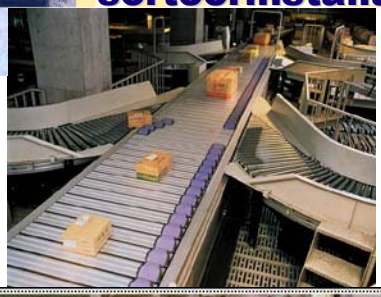

39
Hoeveel kranen en gangen nodig?
Stel ik heb 4000m² stellingruimte nodig en ik moet per uur minimaal 200 pallets inslaan en/of uitslaan
Oplossingsmethode:
$N := 0, tp = 0;$
While $tp < 200$
do $N := N + 1;\ t_x := \sqrt{\frac{2000}{N}};\ tp := \frac{N \cdot 3600}{(1+\frac{1}{3})t_x}$
end do;
#gangen | tx (sec) | tp (pal/hr)
1 | 44.7 | 60.4
2 | 31.6 | 170.8
3 | 25.8 | 313.7
4 | 22.4 | 483.0
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
Erasmus Universiteit Rotterdam


40
Hoeveel kranen en gangen nodig?
Stel ik heb 4000sec² stellingruimte nodig en ik moet per uur minimaal 200 pallets inslaan en/of uitslaan
Oplossingsmethode:
$N := 0, tp = 0;$
While $tp < 40$
do $N := N + 1;\ t_x := \sqrt{\frac{2000}{N}};\ tp := \frac{N \cdot 3600}{(1+\frac{1}{3})t_x}$
end do;
#gangen | tx (sec) | tp (pal/hr)
1 | 44.7 | 60.4
2 | 31.6 | 170.8
3 | 25.8 | 313.7
4 | 22.4 | 483.0
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
Erasmus Universiteit Rotterdam

41

Wat is de capaciteit van een sorteerinstallatie?

5.



of Management / drijfskunde

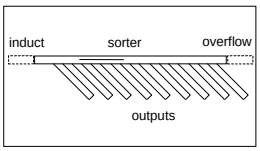
Wiskundedagen, 6-2-10

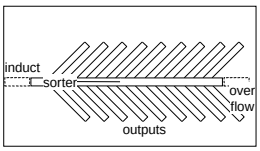
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

42

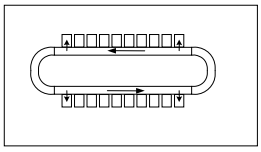
Sorter layouts

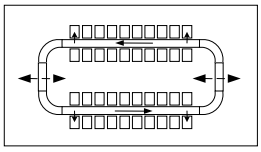
Line Sorter





Loop Sorter



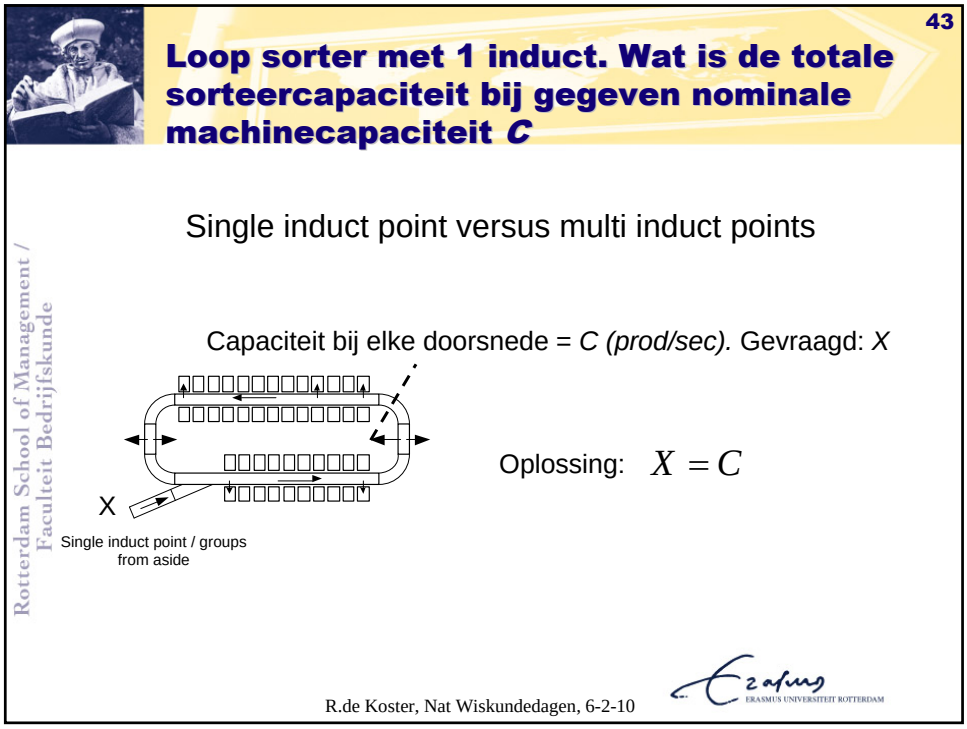


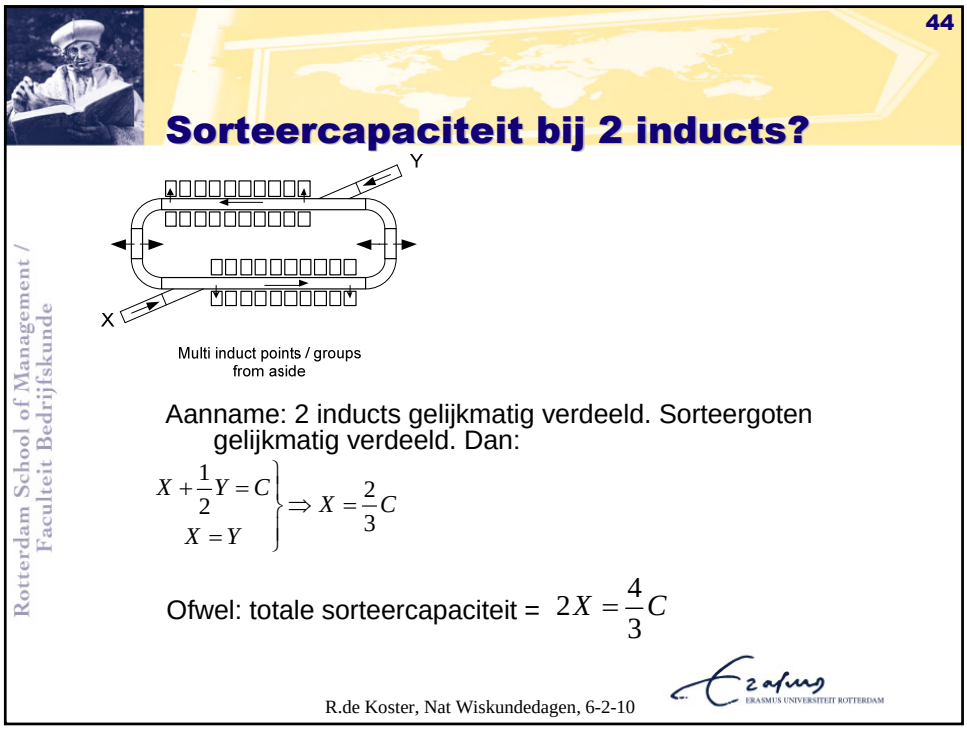
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde

Source: Vanderlande

R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10

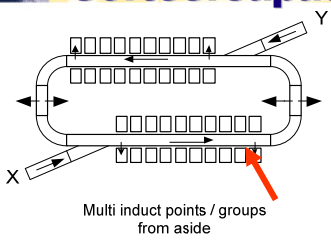
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


43
Loop sorter met 1 induct. Wat is de totale sorteercapaciteit bij gegeven nominale machinecapaciteit C
Single induct point versus multi induct points
Capaciteit bij elke doorsnede = C (prod/sec). Gevraagd: X
X
Single induct point / groups from aside
Oplossing: X = C
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


44
Sorteercapaciteit bij 2 inducts?
Y
X
Multi induct points / groups from aside
Aanname: 2 inducts gelijkmatig verdeeld. Sorteergoten gelijkmatig verdeeld. Dan:
X + 1/2 Y = C
X = Y
⇒ X = 2/3 C
Ofwel: totale sorteercapaciteit = 2X = 4/3 C
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM

45

Sorteercapaciteit bij *3* inducts?



Aanname: 3 inducts gelijkmatig verdeeld. Sorteergoten gelijkmatig verdeeld. Dan:

$$X+\frac{1}{3}X+\frac{2}{3}X=C \Leftrightarrow \frac{1}{3}X\sum_{i=1}^{3} i=C \Leftrightarrow \frac{X}{3}\frac{4\cdot 3}{2}=C \Rightarrow X=\frac{1}{2}C$$

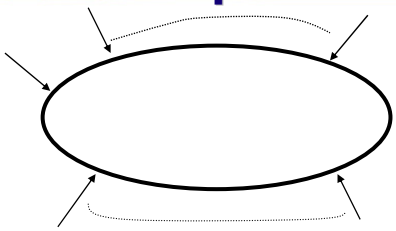
Ofwel: totale sorteercapaciteit = $3X=\frac{3}{2}C$

R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10

Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde

46

Sorteercapaciteit bij *N* inducts?



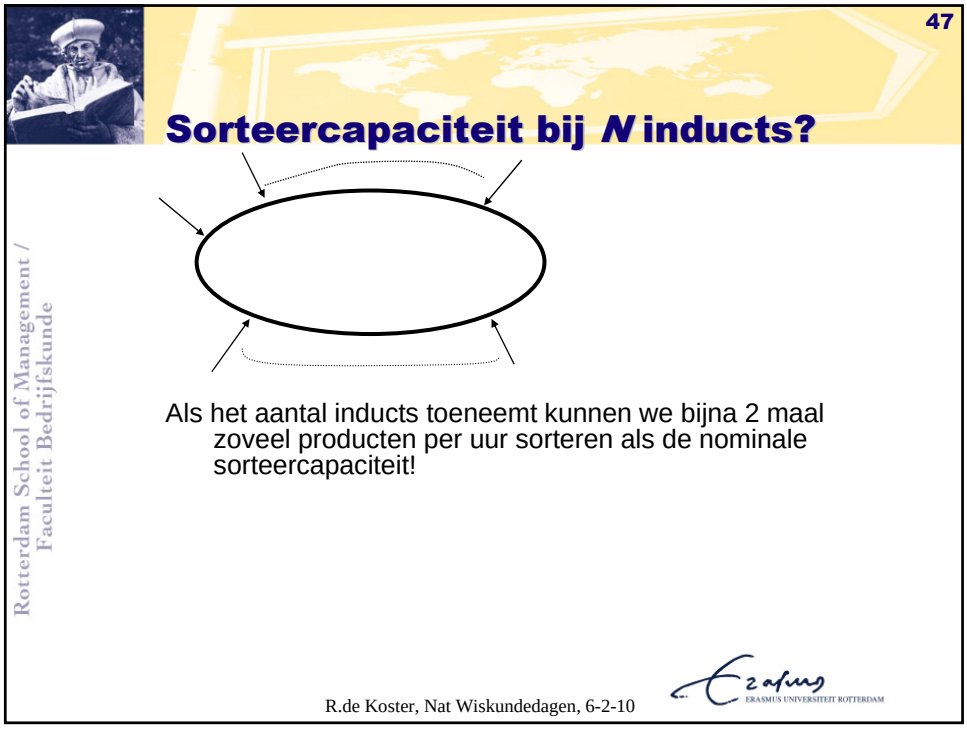
Aanname: *N* inducts gelijkmatig verdeeld. Sorteergoten gelijkmatig verdeeld. Dan:

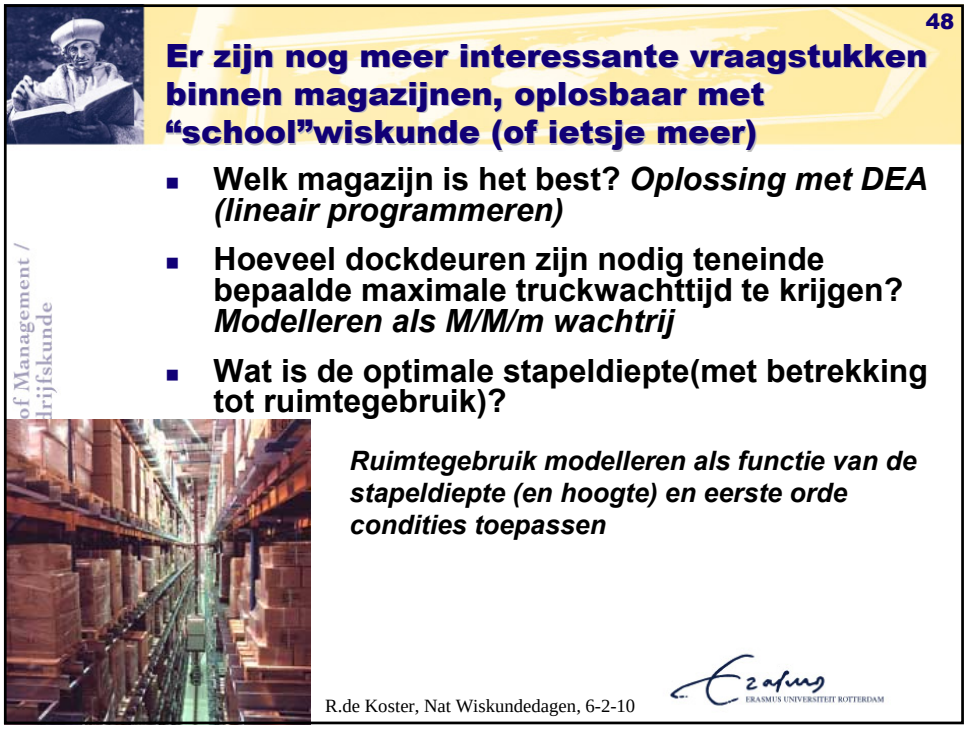
$$\frac{1}{N}X\sum_{i=1}^{N} i=C \Leftrightarrow \frac{X}{N}\frac{(N+1)\cdot N}{2}=C \Rightarrow X=\frac{2}{N+1}C$$

Ofwel: totale sorteercapaciteit = $NX=\frac{2N}{N+1}C$

R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10

Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde


47
Sorteercapaciteit bij N inducts?
Als het aantal inducts toeneemt kunnen we bijna 2 maal zoveel producten per uur sorteren als de nominale sorteercapaciteit!
Rotterdam School of Management / Faculteit Bedrijfskunde
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM


48
Er zijn nog meer interessante vraagstukken binnen magazijnen, oplosbaar met "school"wiskunde (of ietsje meer)
Welk magazijn is het best? Oplossing met DEA (lineair programmeren)
Hoeveel dockdeuren zijn nodig teneinde bepaalde maximale truckwachttijd te krijgen? Modelleren als M/M/m wachtrij
Wat is de optimale stapeldiepte(met betrekking tot ruimtegebruik)?
Ruimtegebruik modelleren als functie van de stapeldiepte (en hoogte) en eerste orde condities toepassen
R.de Koster, Nat Wiskundedagen, 6-2-10
ERASMUS UNIVERSITEIT ROTTERDAM