

OK planning met verstoringen

Maarten Otten



CHOIR – Center for Healthcare Operations Improvement and Research



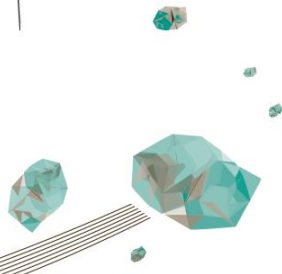
Operaties verlopen niet volgens planning:



- Uitvoering van het OK rooster wordt gedurende de dag verstoort

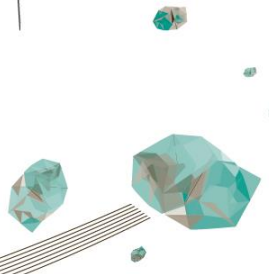


OK planning met verstoringen

- 
- Verstoringen zorgen er voor dat het OK rooster niet wordt uitgevoerd volgens plan
 - **Vraag:** Hoe moet je plannen zodat na een verstoring het rooster nog steeds ‘redelijk goed’ is.
 - **Antwoord:** afhankelijk van het soort verstoring en je doel.
 - Overzicht van wiskundige modellen om robuust te plannen
- 
- 



Soorten verstoringen

- 
- Zinvol om verstoringen te categoriseren
 - Interne verstoringen
 - Externe verstoringen
 - Verstoringen door inefficiënte processen
- 
- 



Overzicht van modellen

$$Z^* = \min \left\{ \sum_{j=1}^m (g^f X_j + \mathbb{E}[g^v O_j(\omega)]) \right\},$$

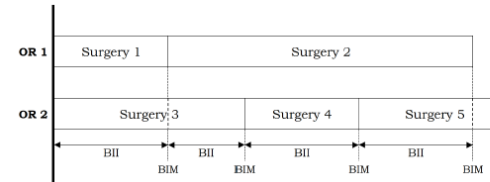
s.t. $Y_{ij} \leq X_j, \quad \forall i, j,$

$$\sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1, \quad \forall i,$$

$$\sum_{i=1}^n D_i(\omega) Y_{ij} - O_j(\omega) \leq T X_j, \quad \forall j, \omega,$$

$$Y_{ij}, X_j \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j,$$

$$O_j(\omega) \geq 0, \quad \forall j, \omega.$$



(BIM)

$$\min_{\Pi} \left(\max_{I \in \mathcal{I}_{\Pi}} (|I|) \right).$$

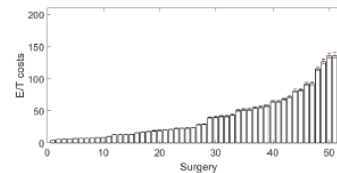
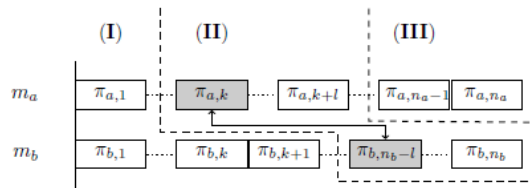
$$\min J(Y) = \min \sum_{t=1}^{n^{el}} \sum_{i=f_i}^{T+1} (g_{it} Y_{it}) + \sum_{t=1}^T g_t^o \mathbb{E} \left[\left(C_t^e + \sum_i d_i Y_{it} - c_t^{el} \right)^+ \right],$$

s.t. $\sum_{t=f_i}^{T+1} Y_{it} = 1, \quad \forall i,$

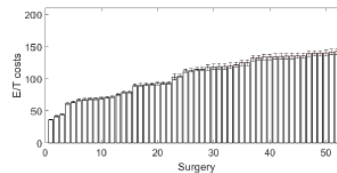
$$Y_{it} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, t.$$

$$J(Y) = \sum_{t=1}^{n^{el}} \sum_{i=f_i}^{T+1} (g_{it} Y_{it}) + \sum_{t=1}^T g_t^o \int_{q_t}^{\infty} (z - q_t) f_{C_t^e}(z) dz,$$

(SET) $\min_{\pi, s} ET(\pi, s) = \min_{\pi, s} \sum_{i=1}^n \mathbb{E}[\varepsilon_i E_i(s_i) + \tau_i T_i(s_i)].$



SSF



LSF

(SSD) $\Pi^* = \arg \min_{I \in \mathcal{I}_{\Pi}} (|I|) \geq v$

$$\min \{ |C^S(j_1) - C^S(j_2)| : j_1, j_2 \text{ are jobs} \} \geq d,$$



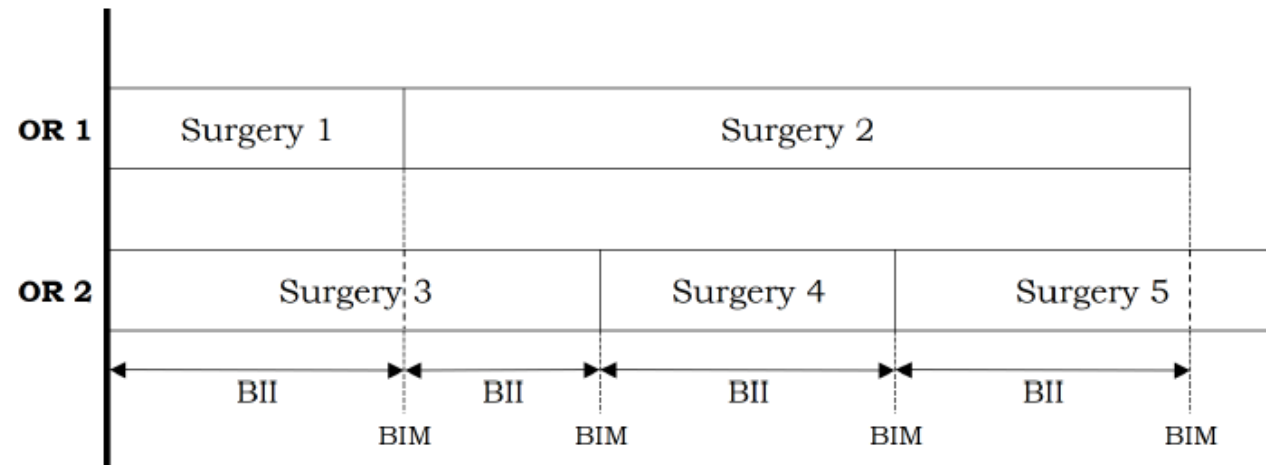
Externe verstoringen

- 
- Niet-electieve patiënten
 - Tijd en ruimte reserveren voor niet-electieve patiënten
 - Witte vlekken
 - Spoed OK
 - Combinatie van beiden
 - Maximale wachttijd minimaliseren



Externe verstoringen – Break In Moments

- Maximale wachttijd van een spoedpatiënt minimaliseren



- Doel: starttijden van de operaties zo goed mogelijk over de dag verspreiden

Van Essen et al. 2012, Minimizing the waiting time for emergency surgery

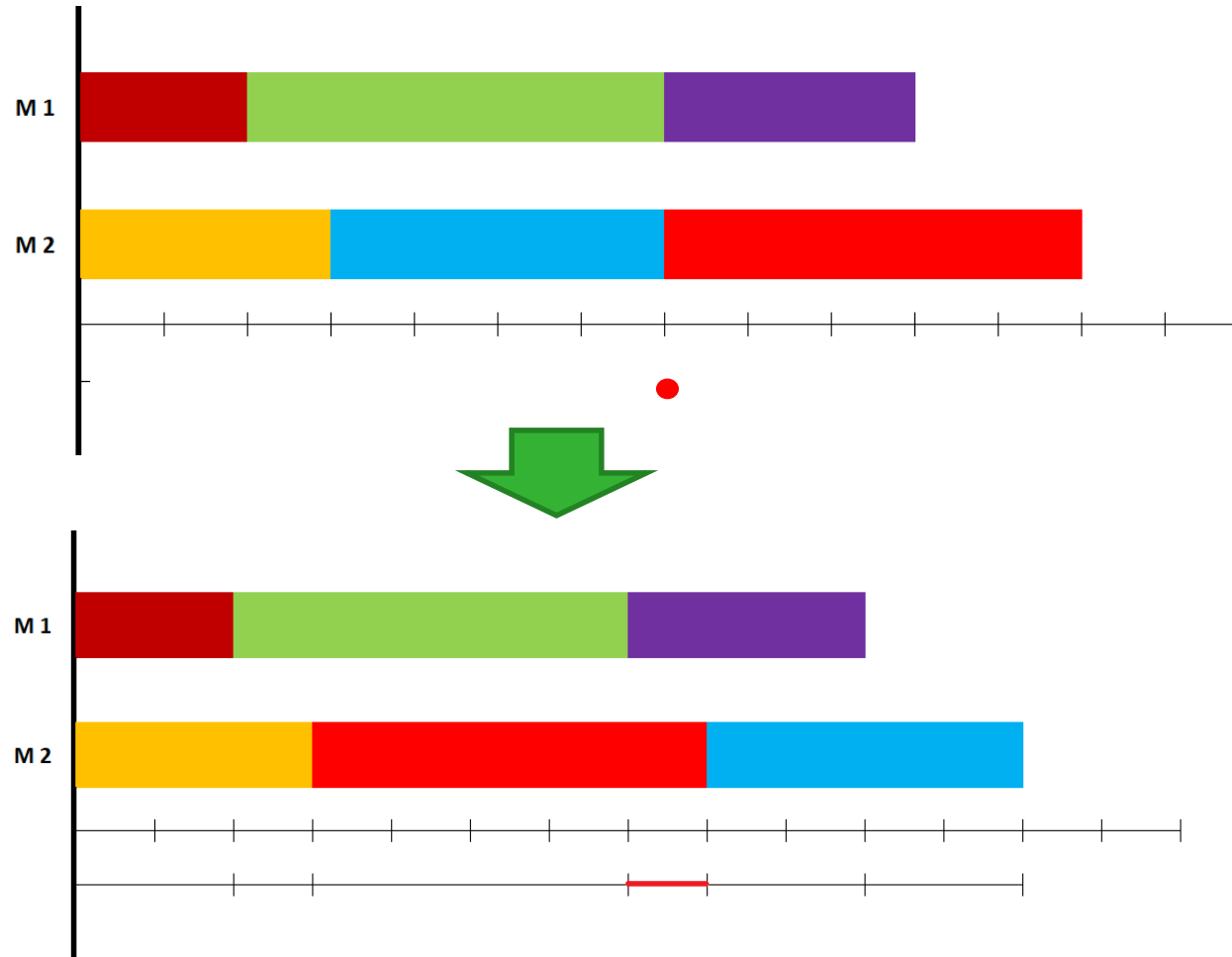


Verstoringen – Scheduling with safety distances

- 
- Schoonmaak van OK's
 - Plannen zodat het schoonmaakproces de OK planning niet verstoort



Verstoringsen – Scheduling with safety distances



Minimum tijd tussen starttijden is 0

Minimum tijd tussen starttijden is 3



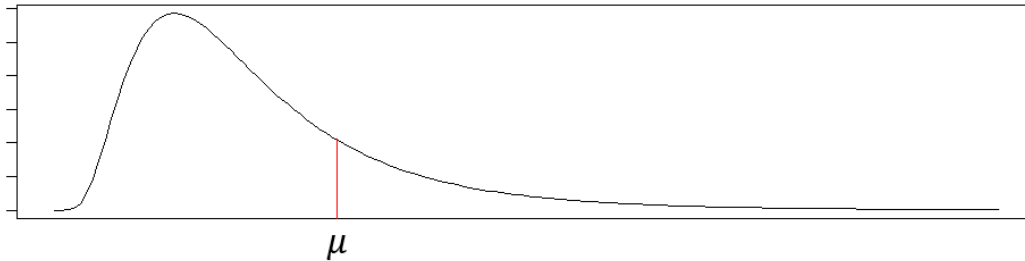
Interne verstoringen

- 
- Operaties die langer (of korter) duren dan verwacht
 - Bezettingsgraad maximaliseren (strak plannen) versus overtijd minimaliseren (slack plannen)

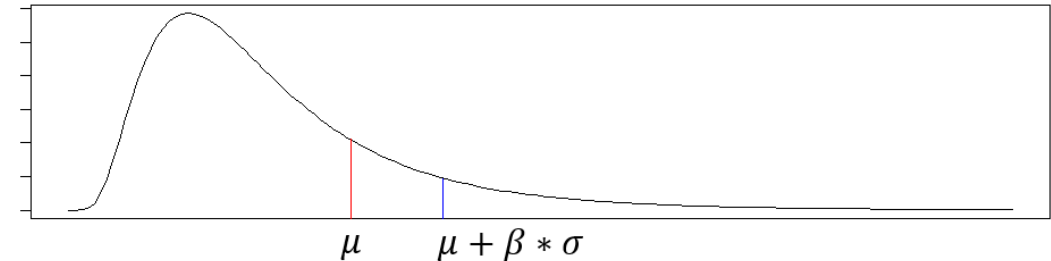


Slack capaciteit

- **Doel:** Kans op overtijd acceptabel
- **Idee:** Niet alleen de verwachte operatieduur maar ook de variabiliteit meenemen



Geplande operatieduur



Geplande operatieduur

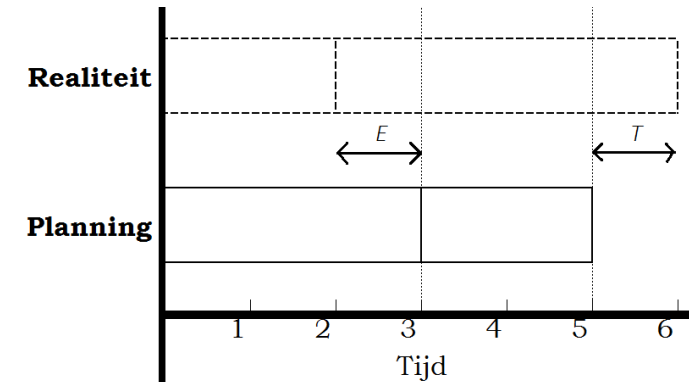
- β zodanig dat $P(\text{operatieduur} > \mu + \beta * \sigma) \leq \text{acceptabele kans op overtijd}$

Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

- **Doel:** Geplande starttijden van operaties zo goed mogelijk realiseren

- Earliness : $E = (\text{geplande starttijd} - \text{starttijd})^+$

- Tardiness: $T = (\text{starttijd} - \text{geplande starttijd})^+$



$$v^* = \min_{\Pi, d^{\Pi}} ET(\Pi, d^{\Pi}) = \min_{\Pi, d^{\Pi}} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \mathbb{E} [\alpha E_j^i(d_j^i) + \beta T_j^i(d_j^i)].$$

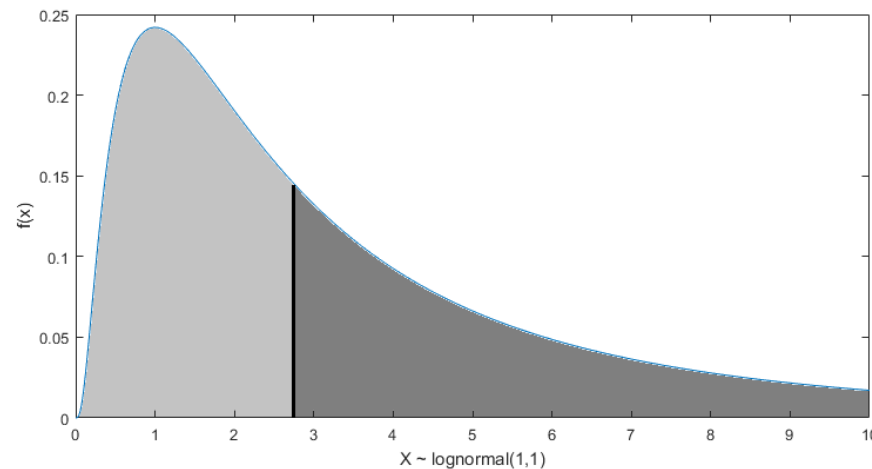
- Twee beslissingen: volgorde van de operaties en de geplande starttijden

Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

Optimale geplande starttijd:

$$s^* = F^{-1}\left(\frac{\beta}{\alpha + \beta}\right), \text{ met } F \text{ de verdelingsfunctie}$$

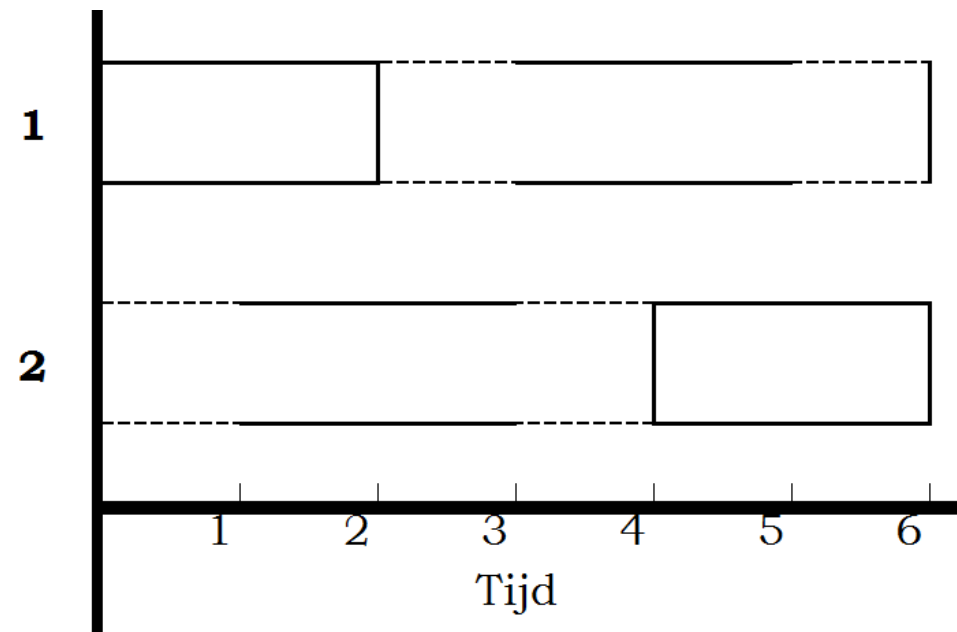
- Als $\alpha = \beta$ dan is s^* de mediaan van X .



Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

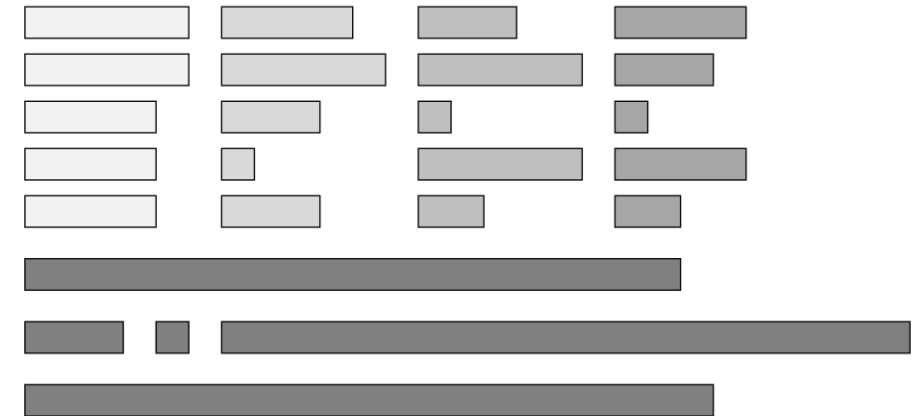
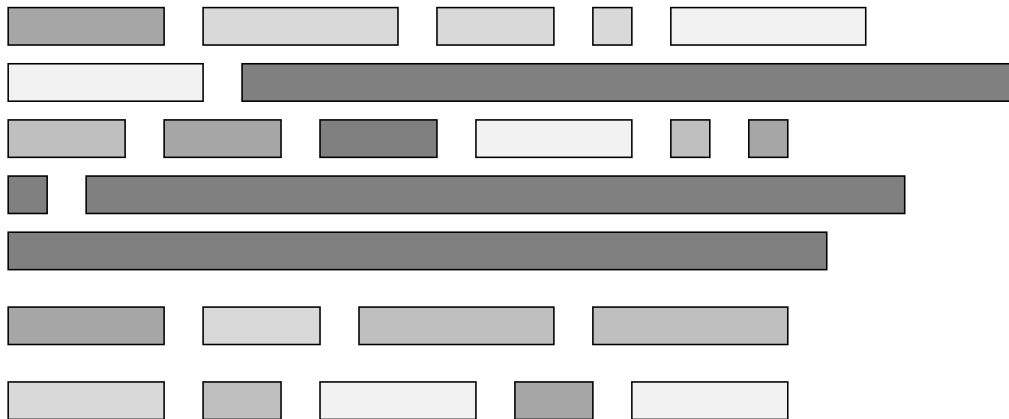
Optimale volgorde voor 1 OK:

- Roosteren in oplopende volgorde van variantie



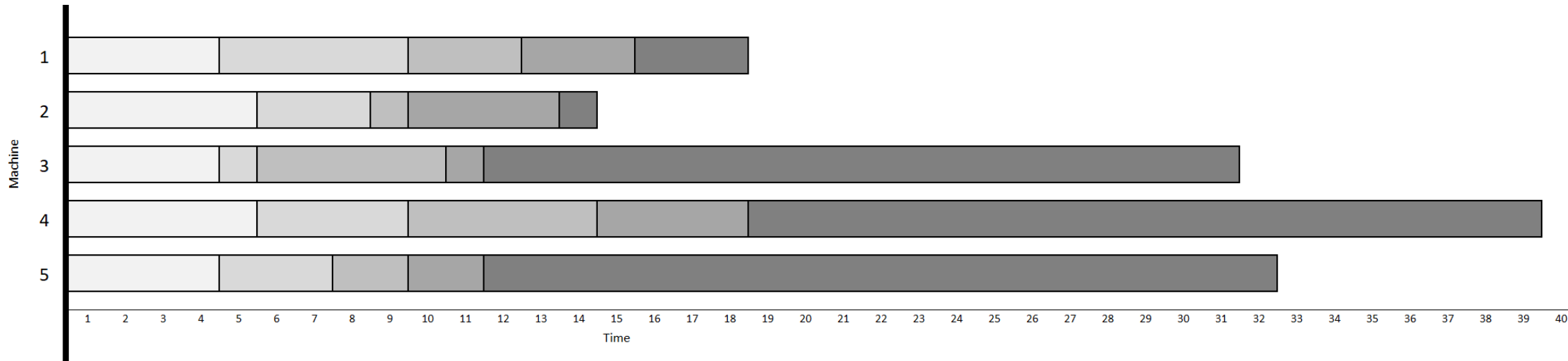
Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

Optimale volgorde voor meerdere OK's:



Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

Optimale volgorde voor meerdere OK's:





Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

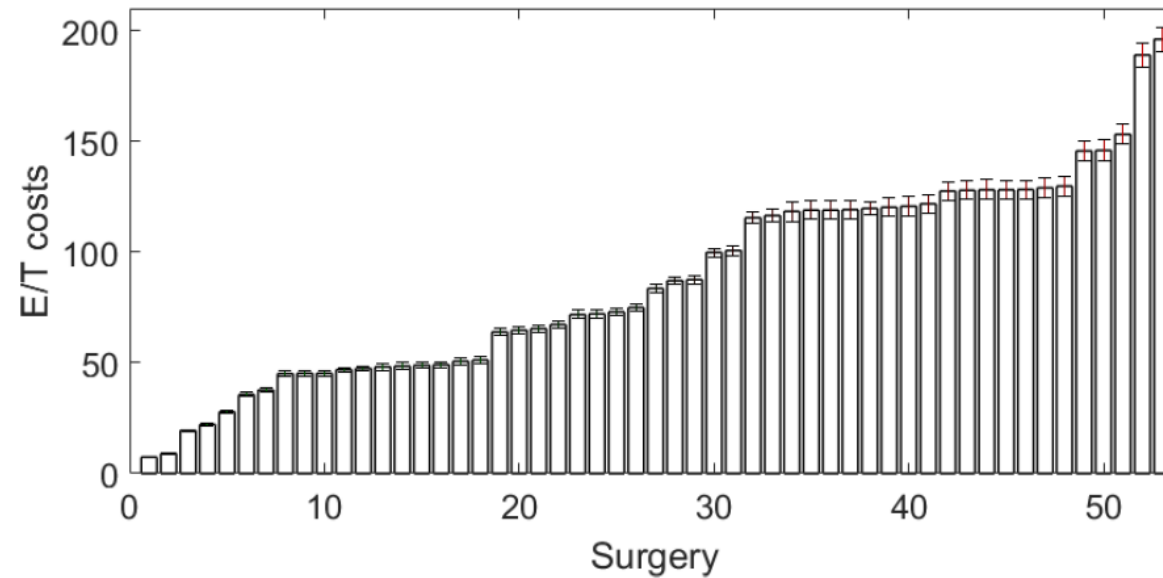


Optimale volgorde voor meerdere OK's:

- De i^{de} operatie in OK 1 mag geen hogere variantie hebben dan de j^{de} operatie in OK 2 als $i < j$.

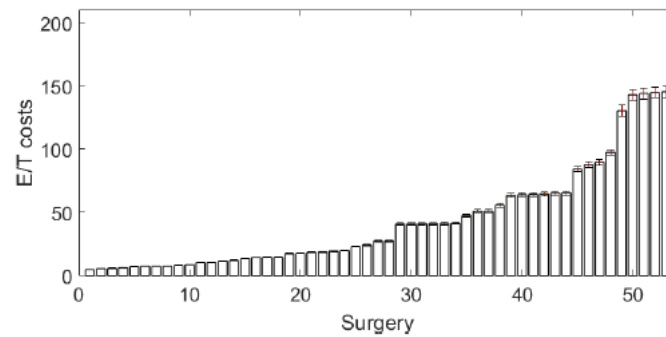
Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

Voorbeeld voor 54 operaties op 10 OK's

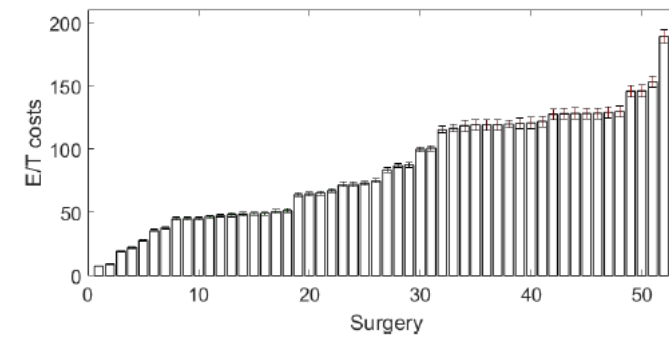


Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

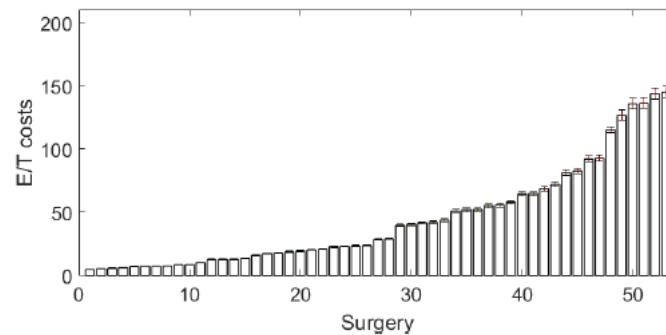
Voorbeeld voor 54 operaties op 10 OK's



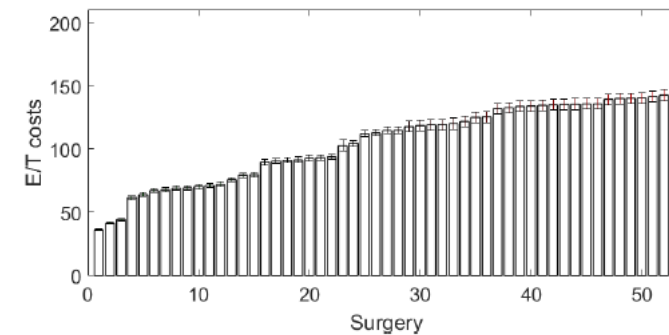
SVF



Random



SSF



LSF



Interne verstoringen – Earliness/Tardiness

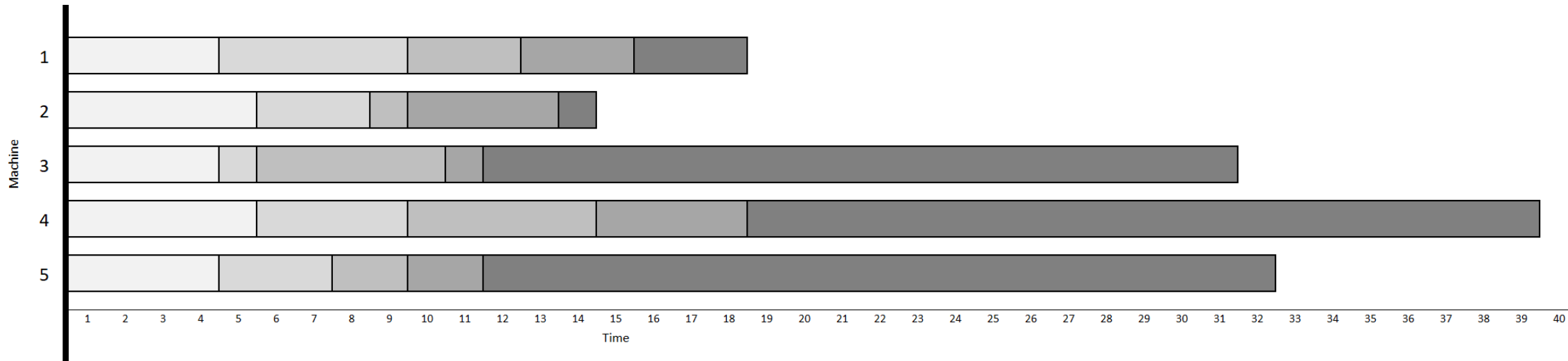


Om afwijking van de geplande starttijden te minimaliseren:

- Starttijden plannen op basis van de mediaan i.p.v. verwachtingswaarde
- Laag variabele operaties aan het begin van de dag en hoog variabele aan het eind van de dag

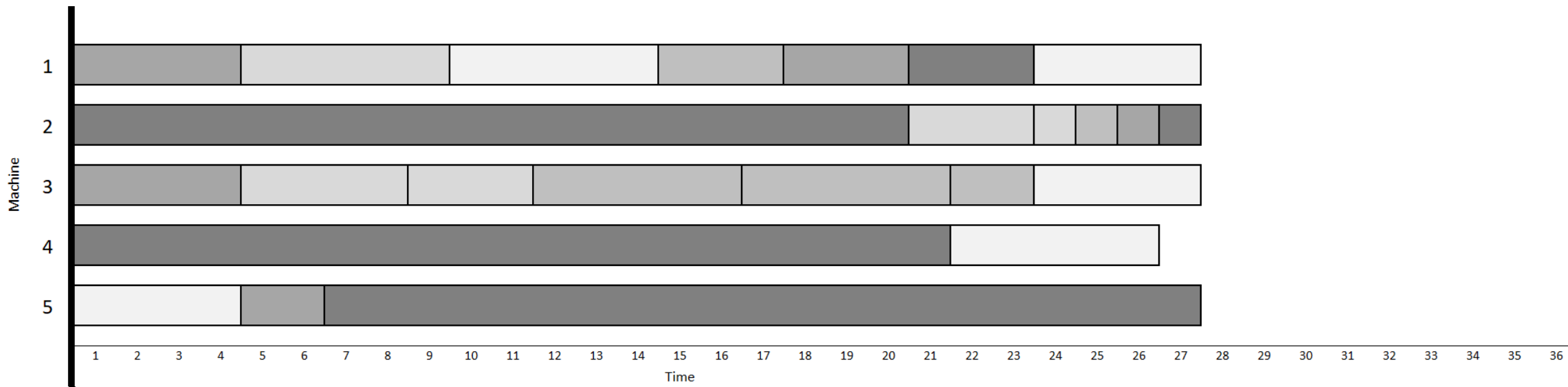
Tegenstrijdige doelen

- Optimaal rooster om de verwachte afwijking van geplande starttijden te minimaliseren



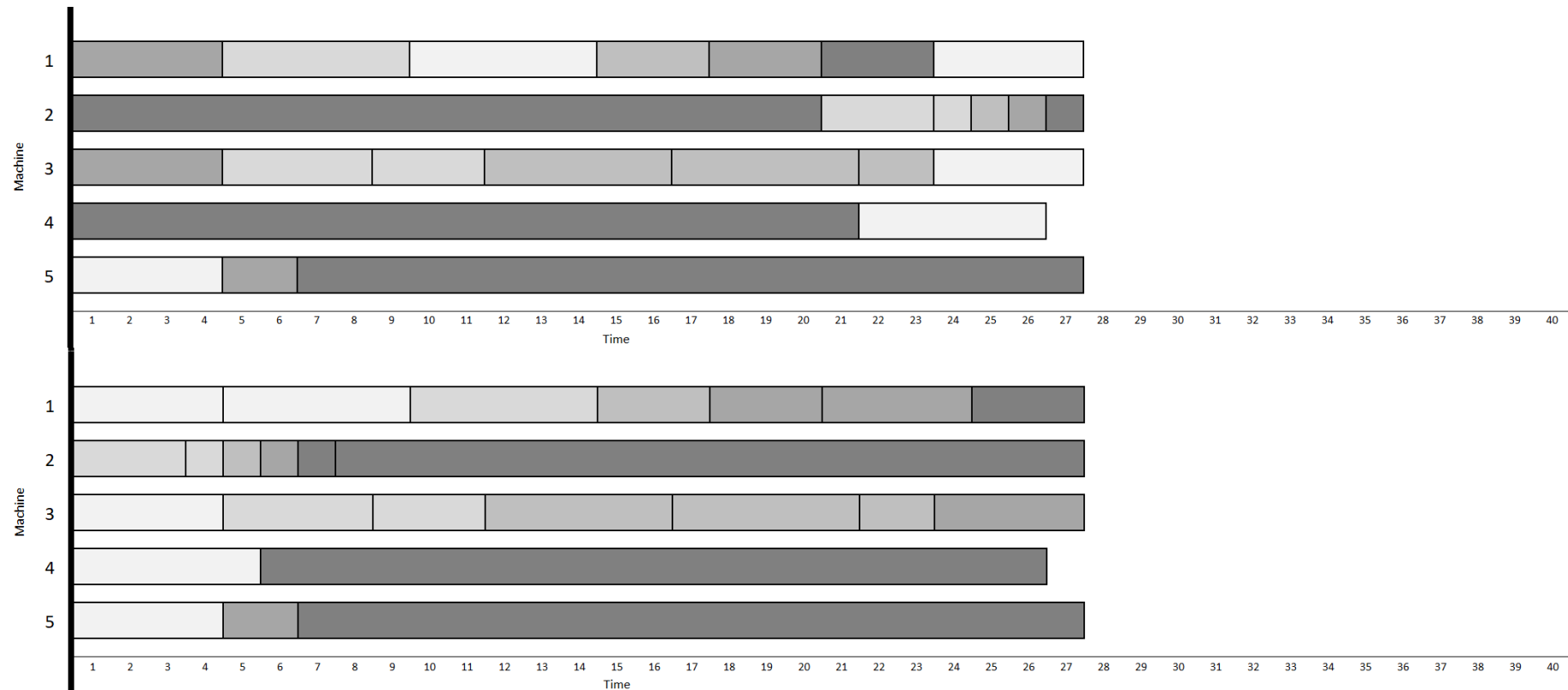
Tegenstrijdige doelen

- Optimaal rooster om de verwachte OK openingstijd te minimaliseren



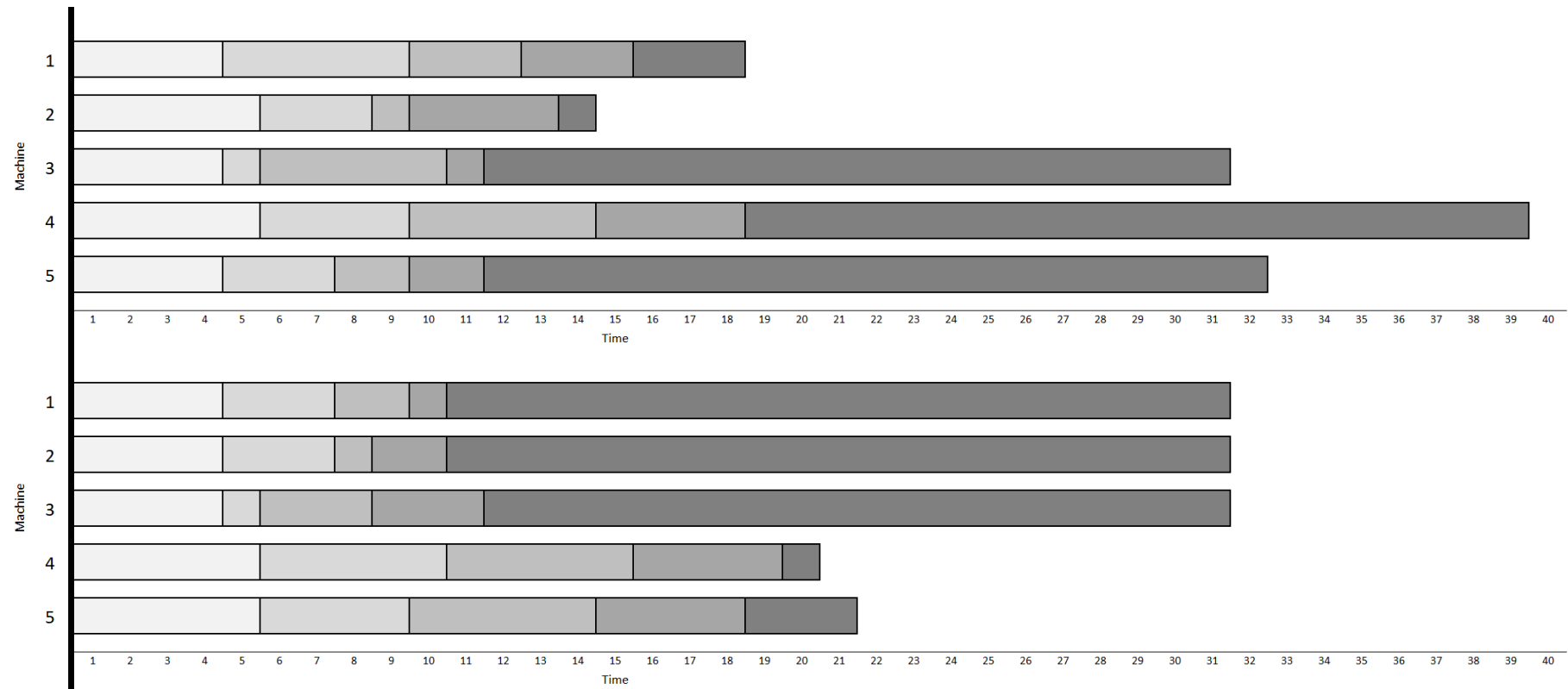
Tegenstrijdige doelen

- Combineren van verschillende doelen:



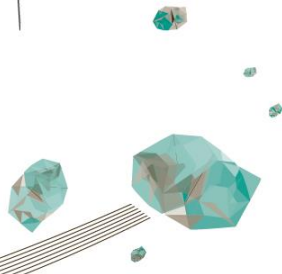
Tegenstrijdige doelen

- Combineren van verschillende doelen:



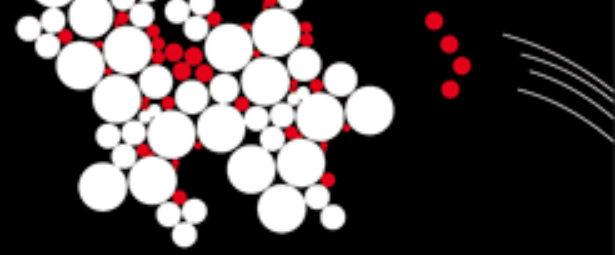


Conclusie

- 
- **Vraag:** Hoe maak je een OK planning robuust?
 - **Antwoord:** Afhankelijk van het doel van je planning
 - Vuistregels:
 - Spreid starttijden gelijkmatig over de dag
 - Plan slack capaciteit
 - Begin met laag variabele operaties
 - Modellen zijn (vaak) te combineren
 - Modellen/vuistregels toepassen op gedeeltes van de planning
- 
- 

UNIVERSITY OF TWENTE.

Questions?



CHOIR

