

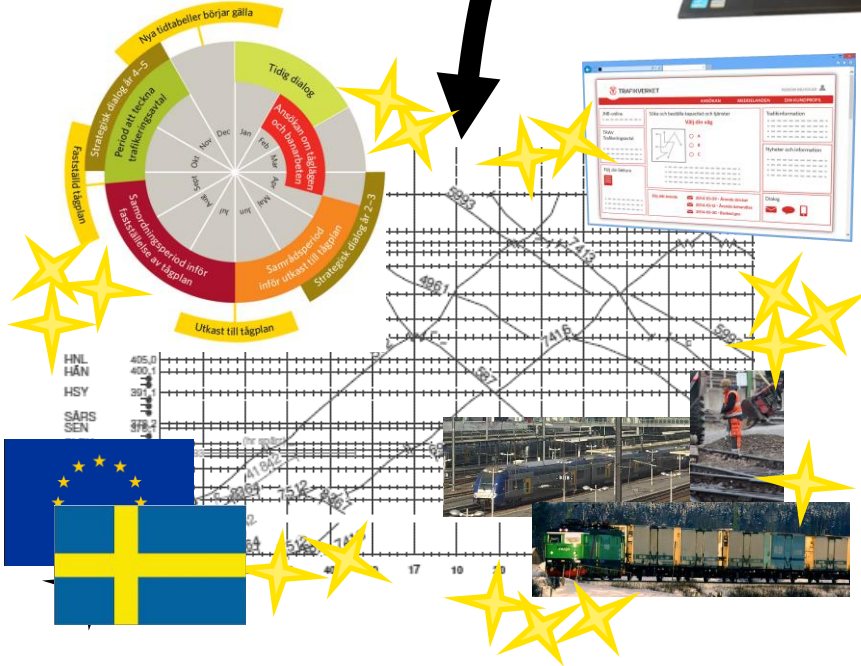
# Tidtabellskvalitet

## Några svar och fler frågor

**Sara Gestrelius, Anders Peterson och Martin Aronsson.**  
**KAJT höstseminarium, 25 november 2020.**

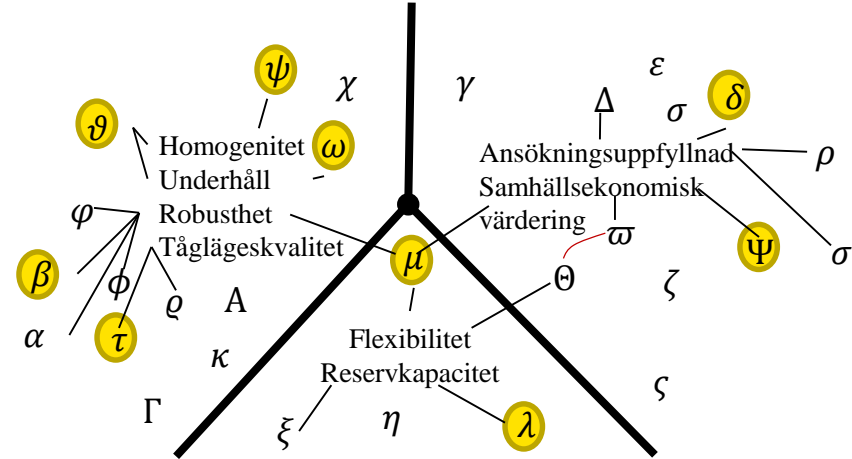
*Presentationen är baserad på den tekniska slutrapporten till TTK*





Järnvägstrafik ska vara...

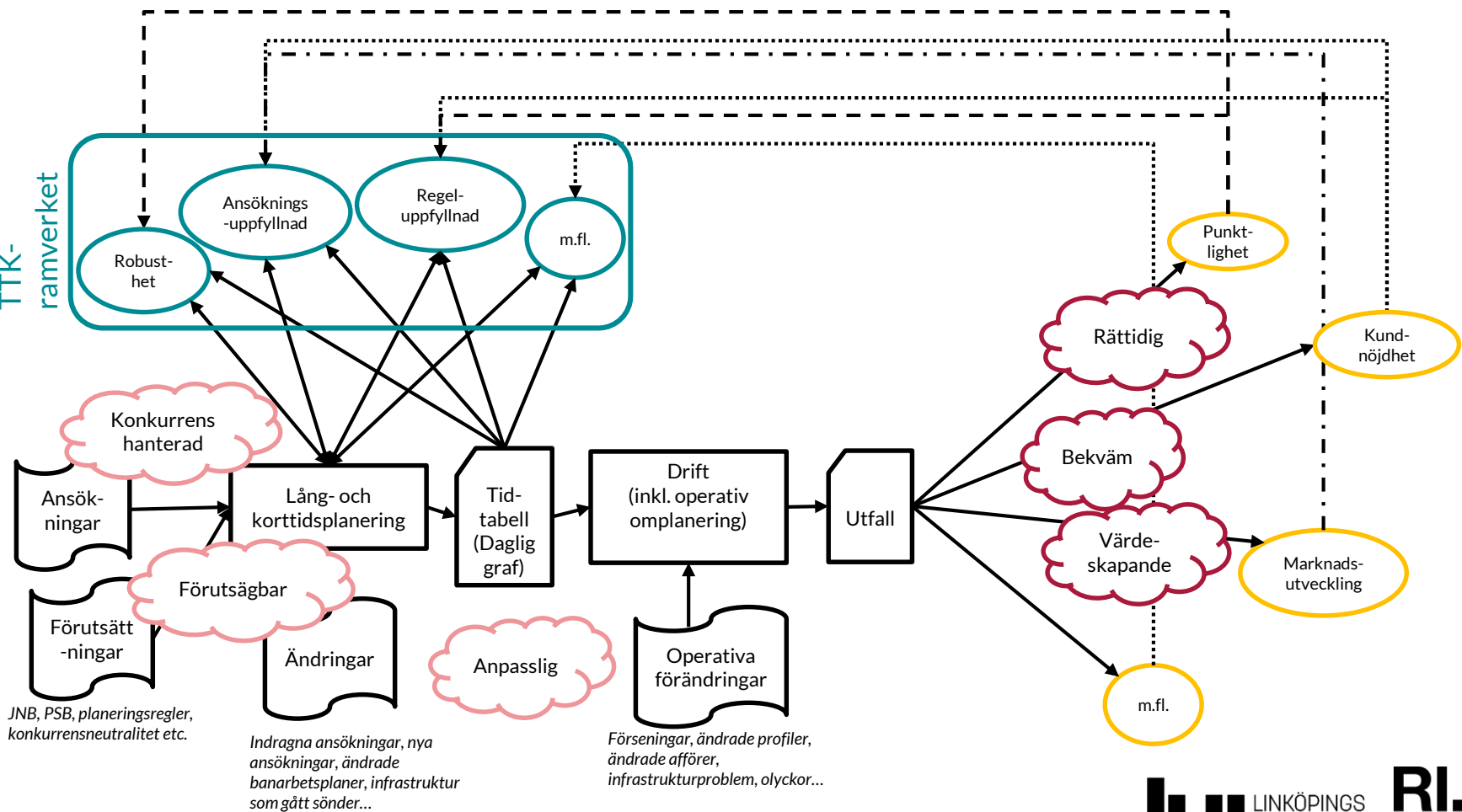
Värdeskapande



I tid och bekväm

Konkurrens-hanterad

TTK-  
ramverket



# Vad är tidtabellskvalitet?

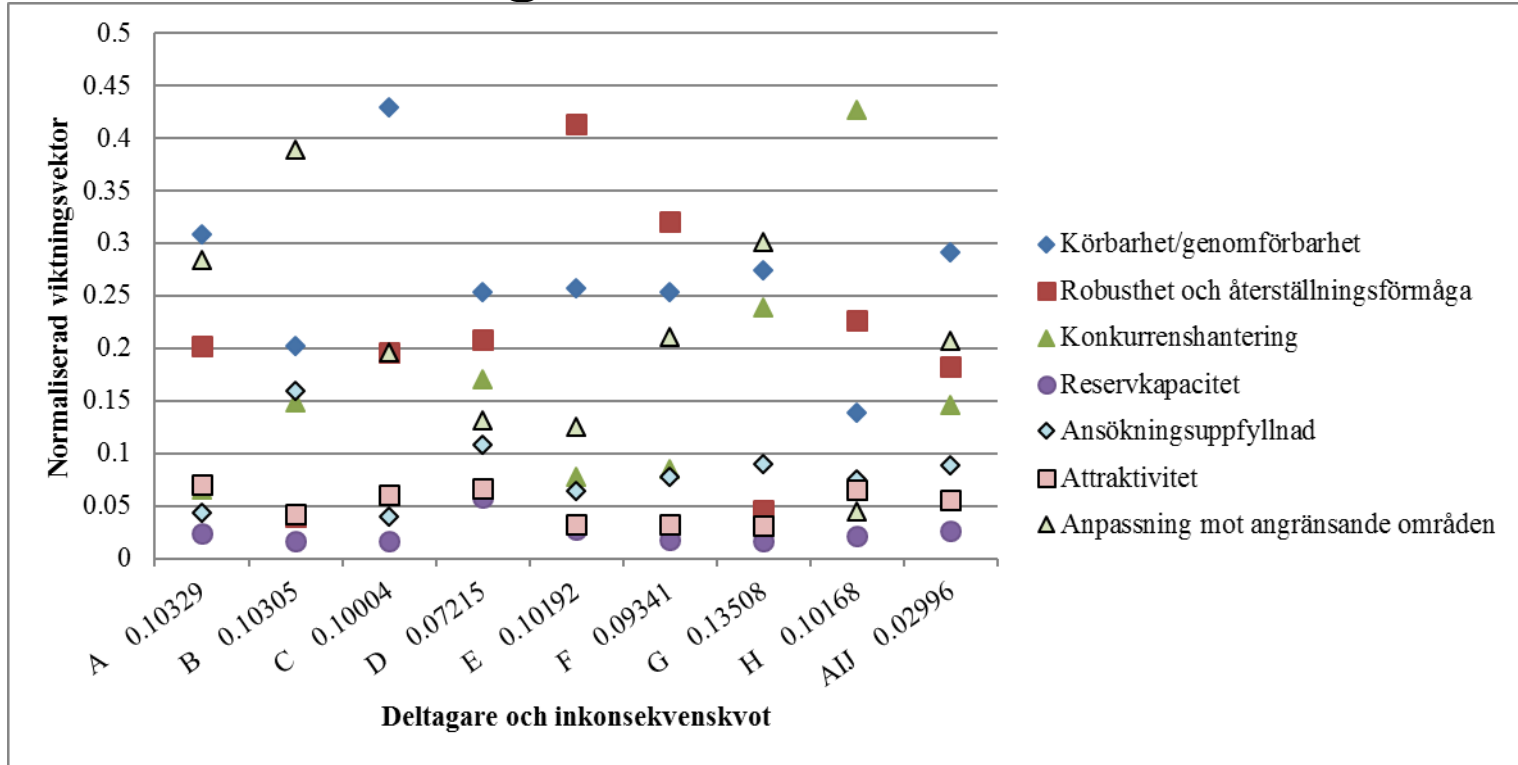
- Körbarhet/genomförbarhet
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad
- Attraktivitet
- Anpassning mot angränsande områden

# Intervjustudie

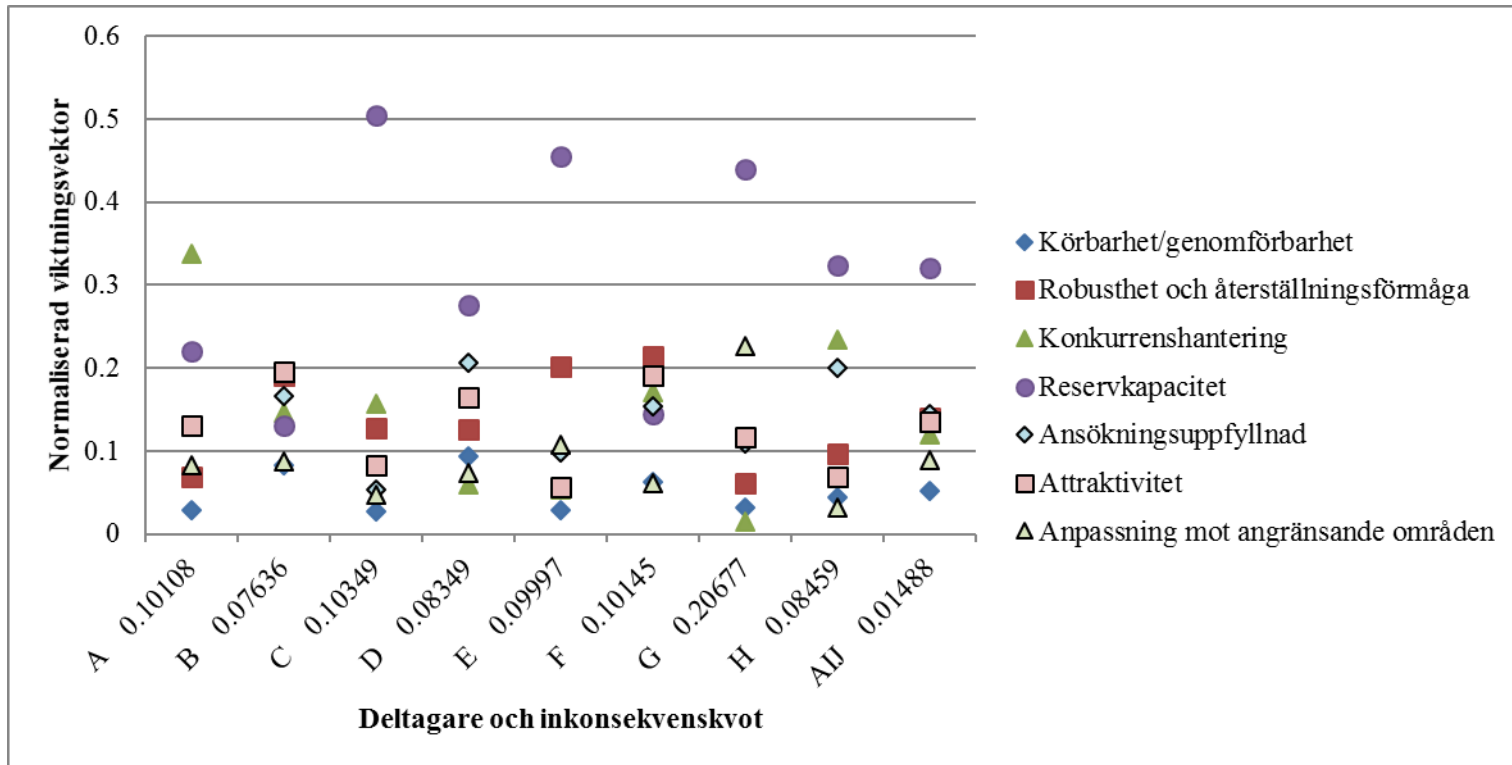
- 8 personer som jobbar med eller nära tidtabellskonstruktionen i långtiden.
- Metod för att ta fram viktningsvektorer från Analytic Hierarchy Process (Saaty, 2008).

Saaty, T. L., 2008. "Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas*, vol. 102, no. 2, pp. 251–318.

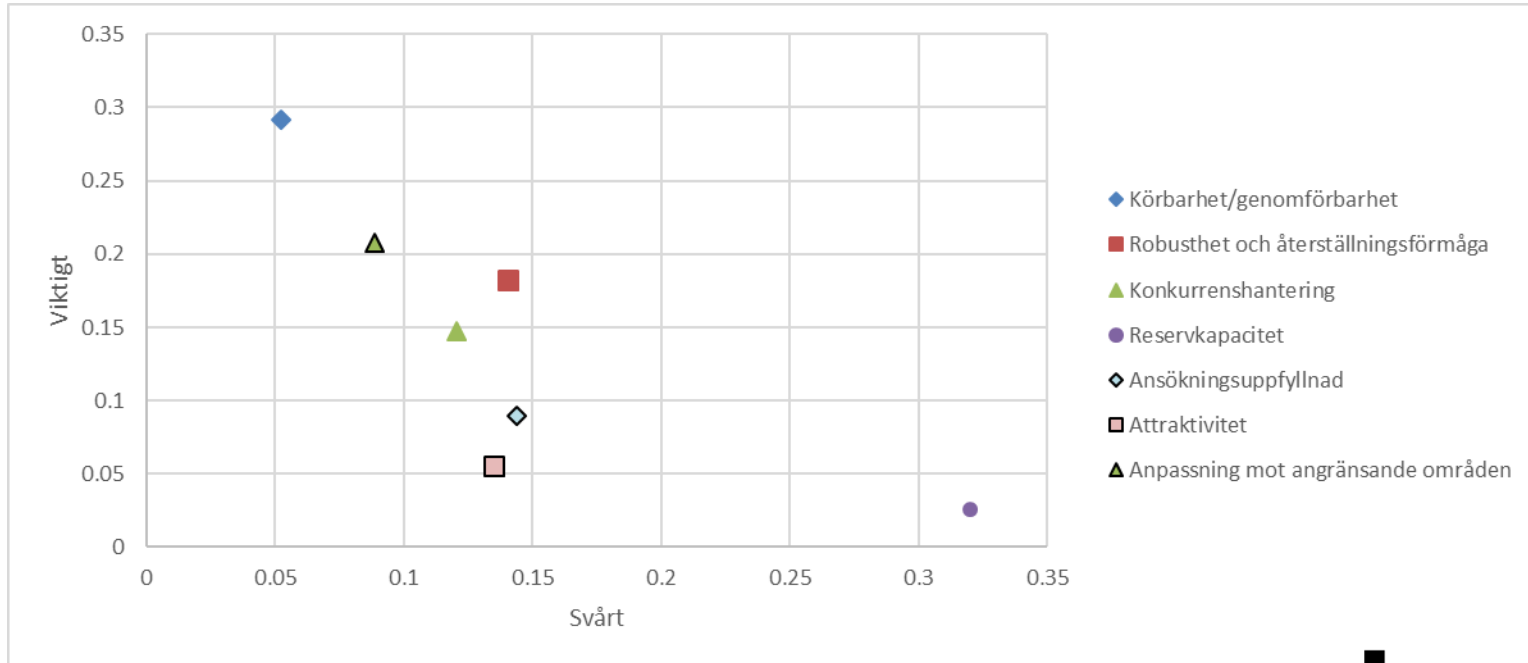
# Vad är viktigt?



# Vad är svårt?



# Det som är viktigt är lätt...?





# Vad är tidtabellskvalitet?

- Körbarhet/genomförbarhet
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad
- Attraktivitet
- Anpassning mot angränsande områden

# Vad är tidtabellskvalitet?

Uppdaterad

Körbarhet/genomförbarhet

- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad
- Attraktivitet
- Anpassning mot angränsande områden

# Vad är tidtabellskvalitet?

- Körbarhet/genomförbarhet (inkl. Anpassning mot angränsande områden)
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad
- Attraktivitet

Uppdaterad

# Vad är tidtabellskvalitet?

Uppdaterad

- Körbarhet/genomförbarhet (inkl. Anpassning mot angränsande områden)
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad
- Attraktivitet



# Vad är tidtabellskvalitet?

- Körbarhet/genomförbarhet (inkl. Anpassning mot angränsande områden)
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad (inkl. attraktivitet)

Uppdaterad

# Vad är tidtabellskvalitet?

- Körbarhet/genomförbarhet (inkl. Anpassning mot angränsande områden)
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad (inkl. attraktivitet)

Uppdaterad

# Vad är tidtabellskvalitet?

Uppdaterad

- ~~Körbarhet/genomförbarhet~~ (inkl. Anpassning mot angränsande områden) **Teoretisk körbarhet**
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad (inkl. attraktivitet)

# Vad är tidtabellskvalitet?

- Teoretisk körbarhet
- Robusthet och återställningsförmåga
- Konkurrenshantering
- Reservkapacitet
- Ansökningsuppfyllnad

Uppdaterad



# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande

# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

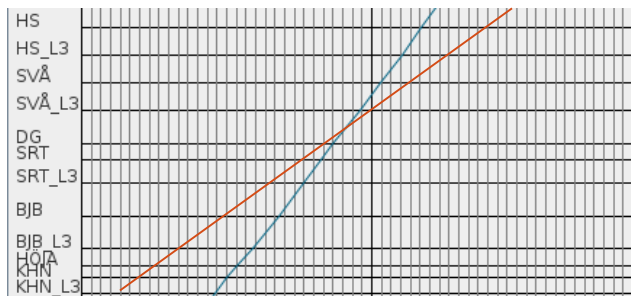
## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande



# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande

# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

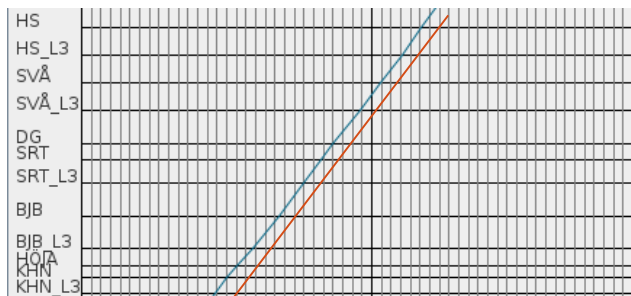
## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande



# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

1 min för passagerarutbyte, annars samma tid som i fastställd tågplan på ställen med kommersiell aktivitet.

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Utfyllnad

11. Förändring i körtid från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande

# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

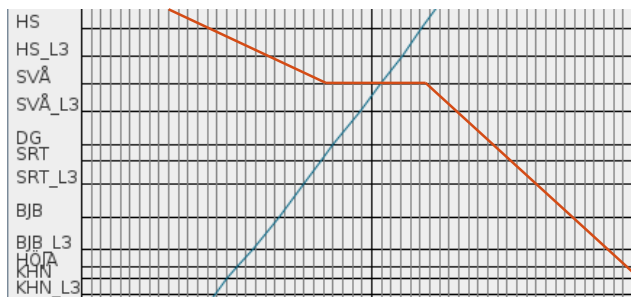
## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande



# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

*Buffertid på länkar, stationer och mellan tåg på enkelspårslänkar.*

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

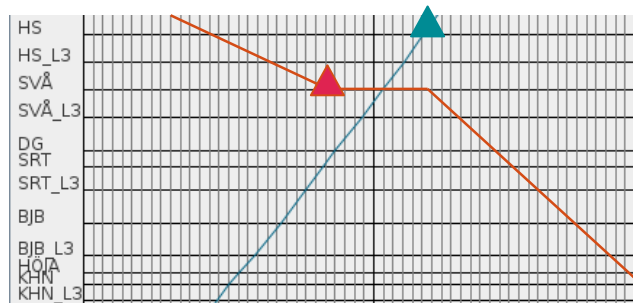
## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande



# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande



# Tidtabellskvalitetsmått

= ankomsttid till stationer med kommersiell aktivitet i fastställd tågplan

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande

# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två tåg (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än

## Reservkapacitet

Inget bra mått hittades.

Bortser från tåg med tre eller färre geografier i sin tågfärd på området

\*LÅ = Leveransåtagande



# Tidtabellskvalitetsmått

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

\*LÅ = Leveransåtagande

# Vad är en bra tidtabell?

**Dominans:** Tidtabell A dominerar tidtabell B om A är lika bra eller bättre än B för alla mätvärden, och bättre för minst ett mätvärde.

**Paretooptimalitet:** Tidtabell A är paretooptimal om ingen tidtabell dominerar A.

## Teoretisk körbarhet

1. Ogiltiga möten eller omkörningar (#)
2. Antal gånger stationer är överbelagda (#)
3. Ogiltiga överlapp (#)
4. Brott mot separationstider (s)
5. Brott mot gångtidsmallar och minsta stopptid (s)

## Robusthet och återställningsförmåga

6. Medelvärde buffertid på station med LÅ\* (s)
7. Medelvärde buffertid på station (s)
8. Medelvärde buffertid på länkpassage\* (s)
9. Antal buffertide mellan tåg som är mindre än 30s (#)
10. Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ\* (s)

## Ansökningsuppfyllnad

11. Största avstånd från ansökan på avg- eller dest-punkt (s)
12. Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ\* (h)
13. Antal brutna associationer (#)
14. Största relativa körtid
15. Medelvärde relativ körtid

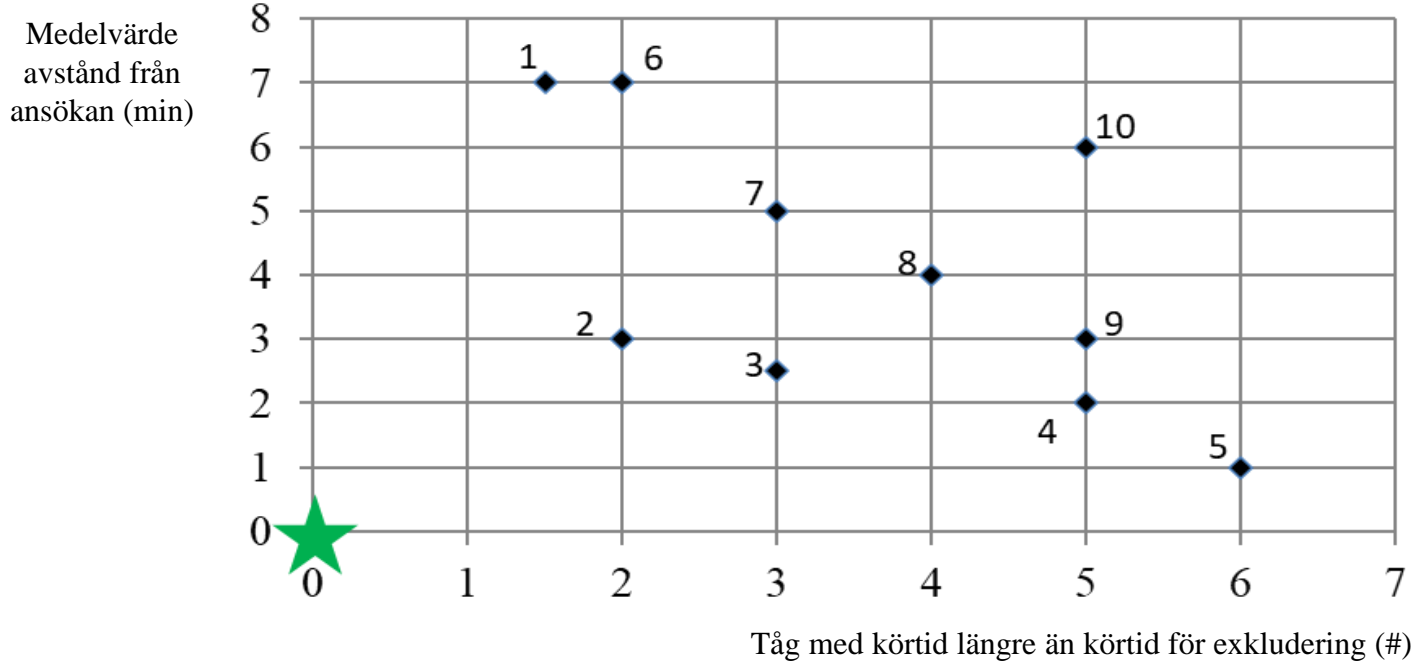
## Konkurrenshantering

16. Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)

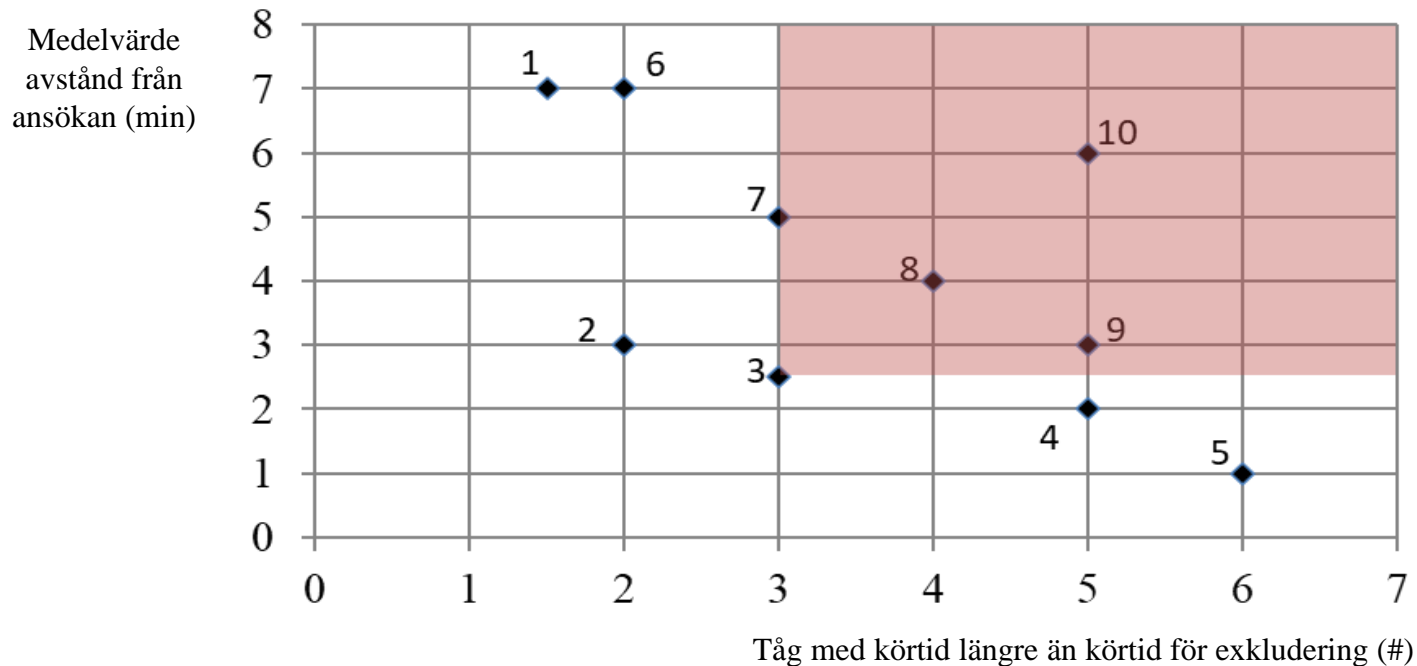
## Reservkapacitet

*Inget bra mått hittades.*

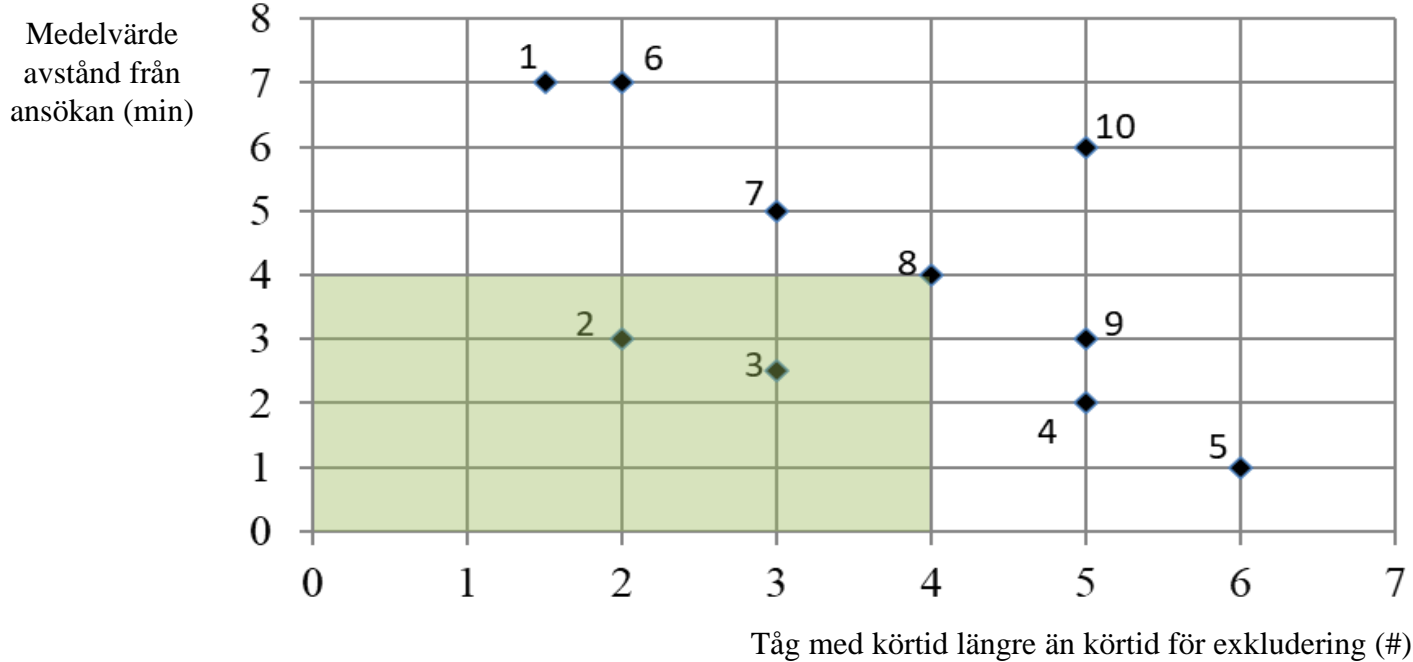
# Vad är en bra tidtabell?



# Vad är en bra tidtabell?

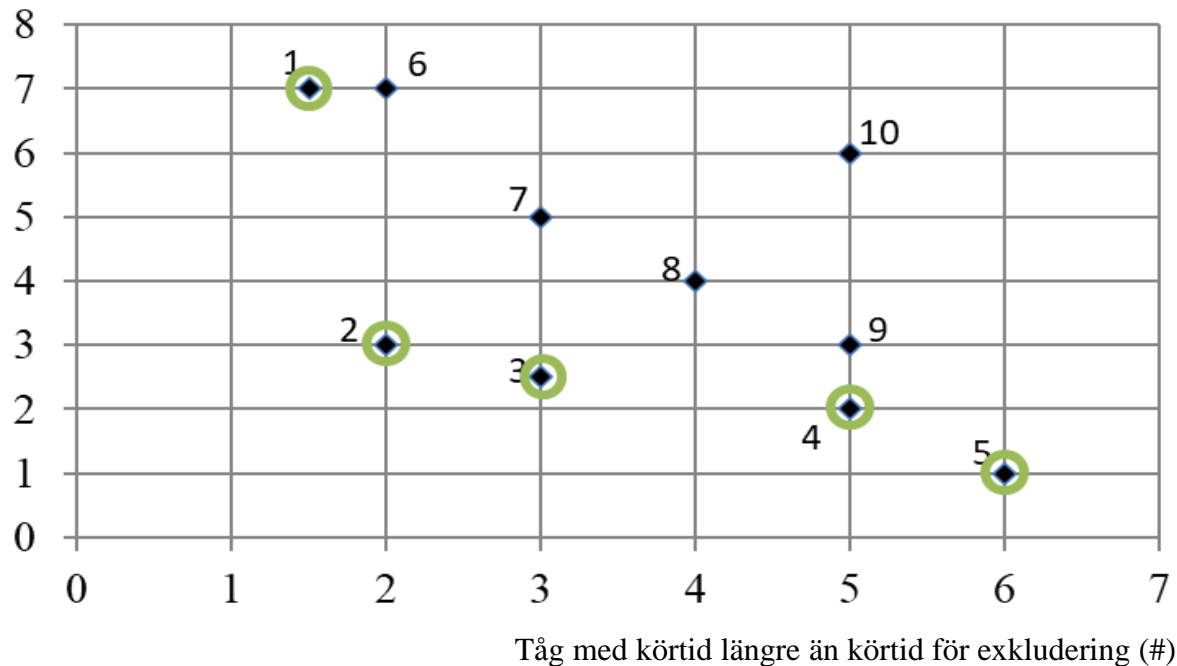


# Vad är en bra tidtabell?



# Vad är en bra tidtabell?

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)





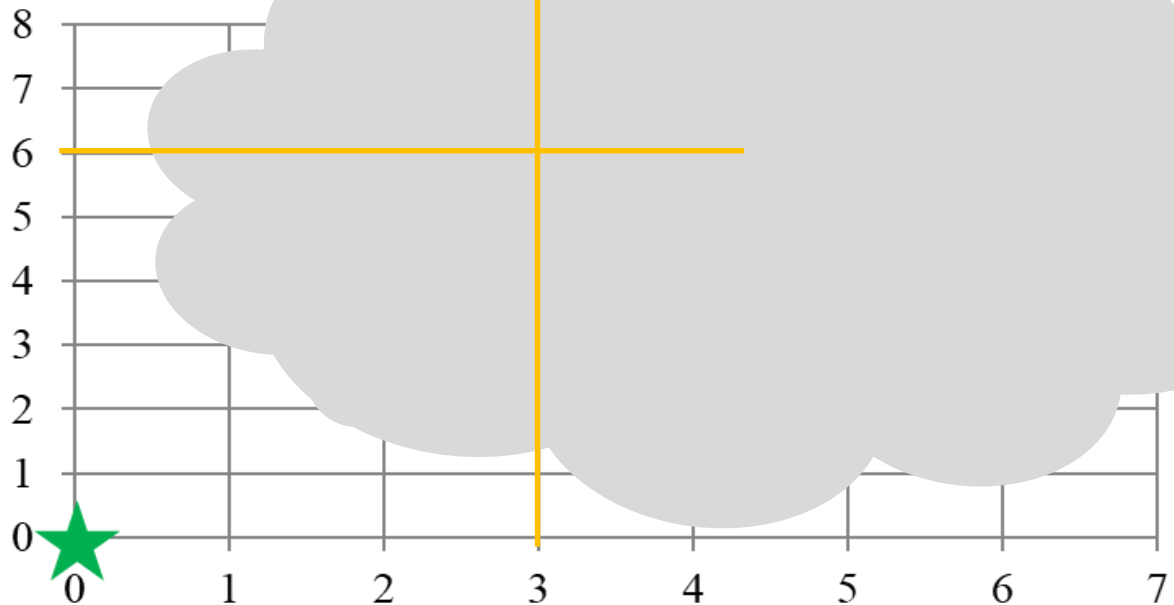
# TTK ramverket

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



# TTK ramverket

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



Tåg med körtid längre än körtid för exkludering (#)

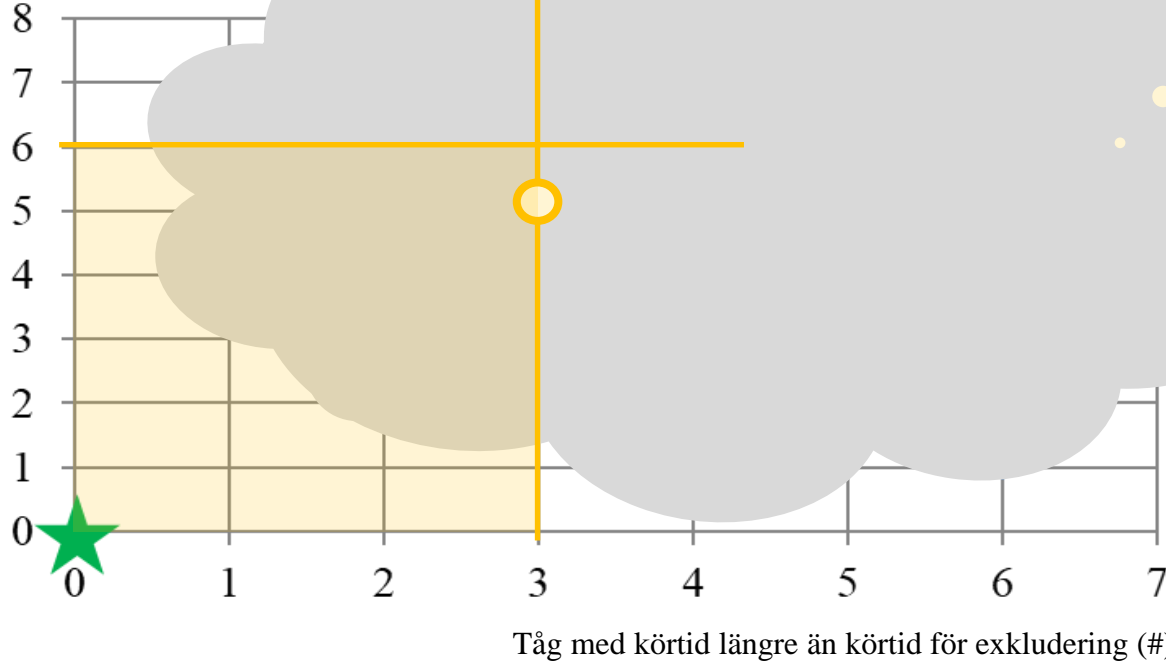
# TTK ramverket

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



# TTK ramverket

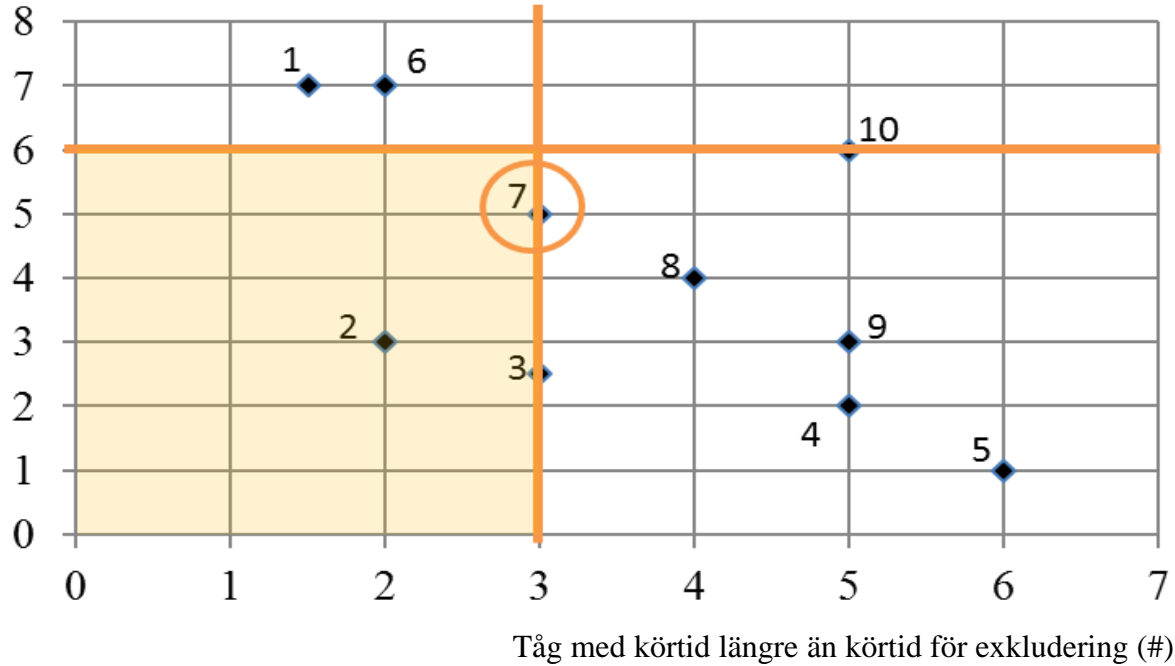
Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



Minimera tills  
optimalt. 20  
minuter har gått

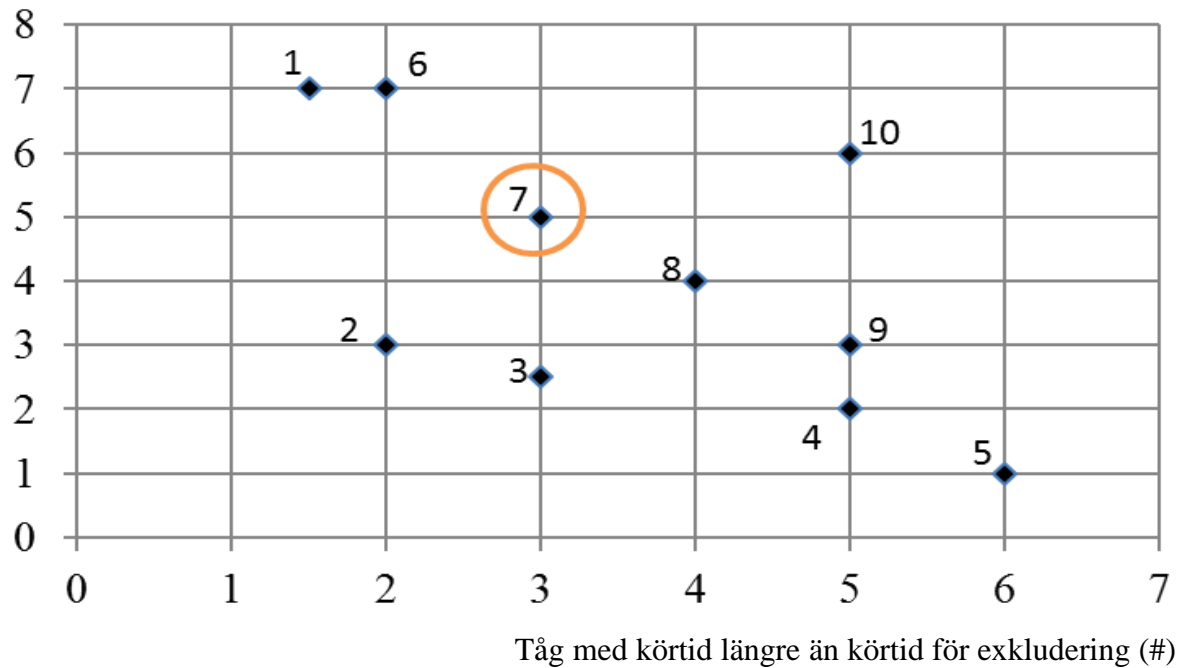
# TTK-ramverket

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



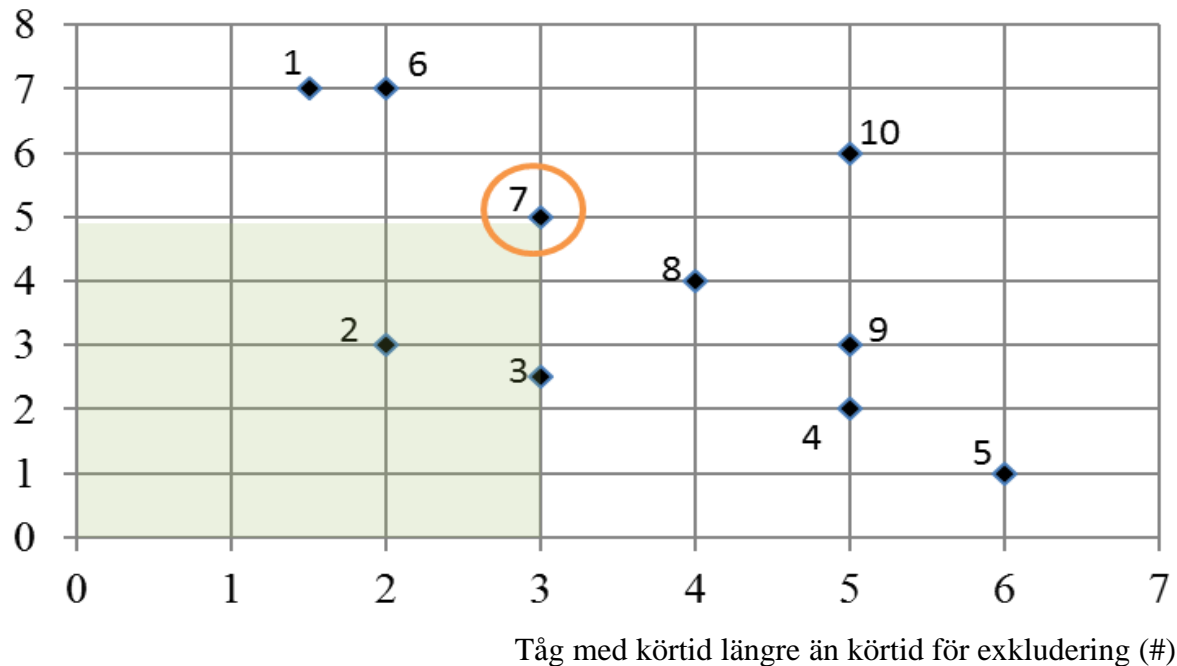
# TTK-ramverket

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



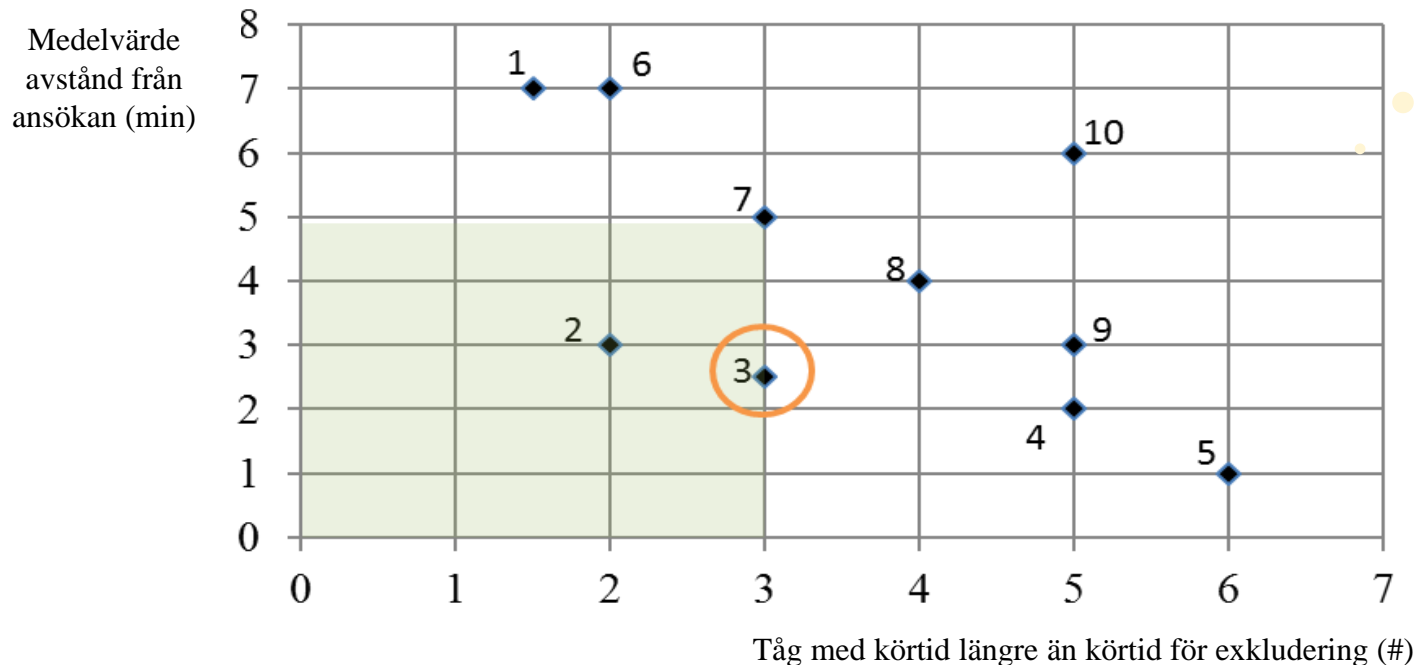
# TTK-ramverket

Medelvärde  
avstånd från  
ansökan (min)



# TTK-ramverket

Lin-Giesy<sup>1</sup>  
10 min el. tills  
optimal per  
omgång



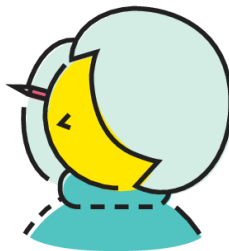
<sup>1</sup>Collette, Y. and Siarry, P., 2003. *Multiobjective Optimization: Principles and Case studies*, 1<sup>st</sup> edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.



# Vad är en bra tidtabell?



Sebbe Snabb



Anna-Ulla Ansökningsuppfyllnad



Allan Allaskamed



Sebbe Snabb

Anna-Ulla  
Ansökningsuppfyllnad

Allan Allaskamed

Robusthet och återställningsförmåga	Sebbe Snabb		Anna-Ulla Ansökningsuppfyllnad		Allan Allaskamed	
	Önskad	Worst-case	Önskad	Worst-case	Önskad	Worst-case
Medelvärde buffertid på station med LÅ* (s)	0s	0s	30s	0s	10s	0s
Medelvärde buffertid på station (s)	0s	0s	20s	0s	10s	0s
Medelvärde buffertid på länkpassage (s)	0s	0s	20s	0s	10s	0s
Antal buffertider mellan tåg som är mindre än 30s (#)	-	-	-	-	-	-
Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ* (s)	300s	0s	0s	0s	180s	0
<b>Ansökningsuppfyllnad</b>						
Största avstånd från ansökan på start eller slutpunkt (s)	900	$\infty$	0	$\infty$	900	$\infty$
Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ* (h)	900x antalet LÅ*	$\infty$	0	$\infty$	900x antalet LÅ*	$\infty$
Antal brutna associationer (#)	$\infty$	$\infty$	0	$\infty$	0	$\infty$
Största relativa körtid	1	5	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
Medelvärde relativ körtid	1	4	$\infty$	$\infty$	$\infty$	$\infty$
<b>Konkurrenshantering</b>						
Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)	100	100	100	100	0	100

\*LÅ = Leveransåtagande

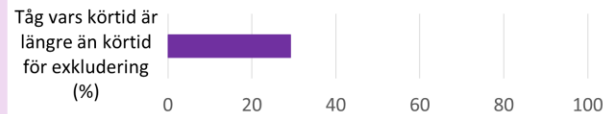
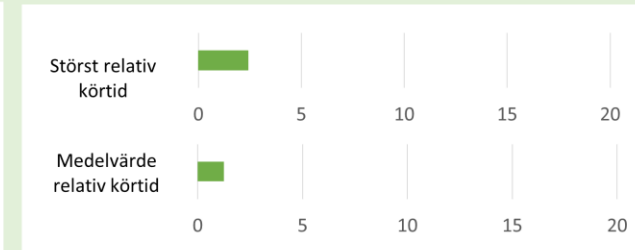
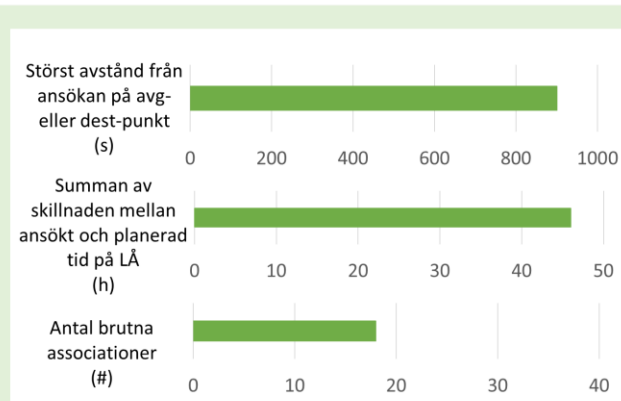
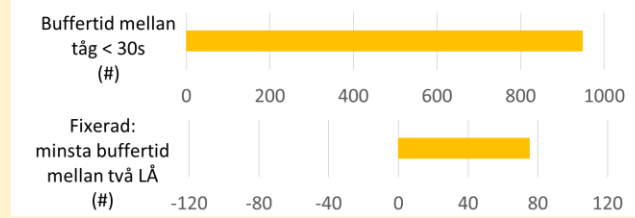
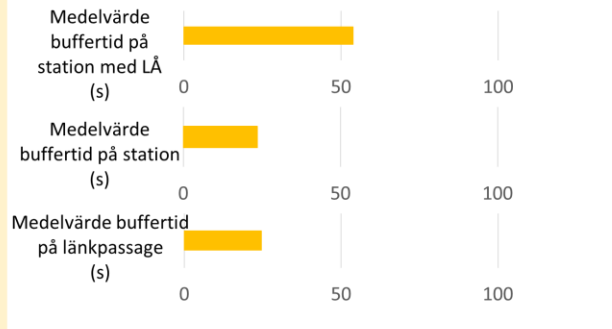
# T18, 11 oktober, Värmlandsbanan

- 192 tåg
- Optimeringen tillåter inte tidtabeller som inte är teoretiskt körbara.



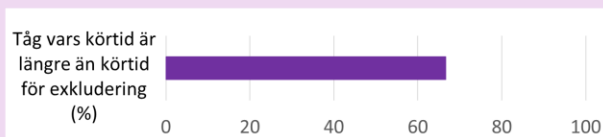
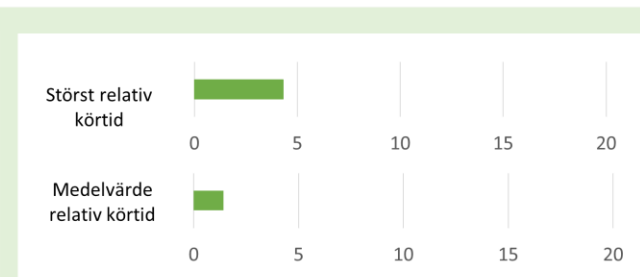
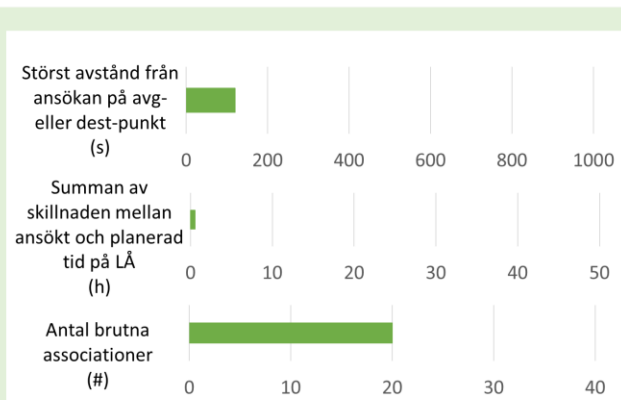
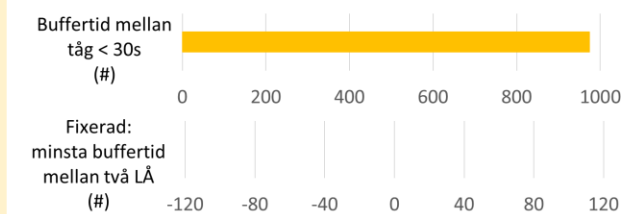
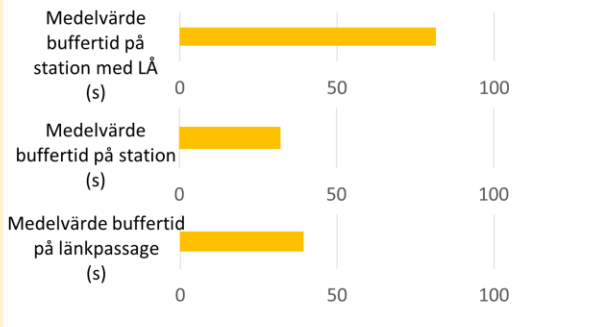


Sebbe Snabb



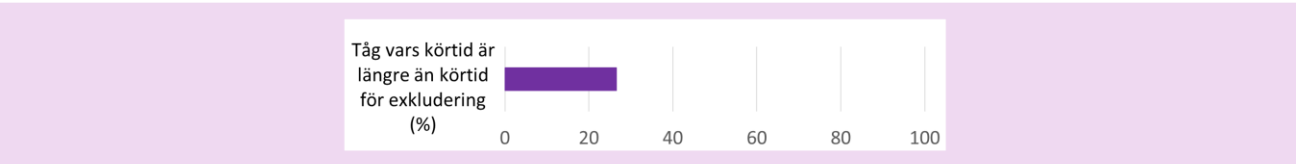
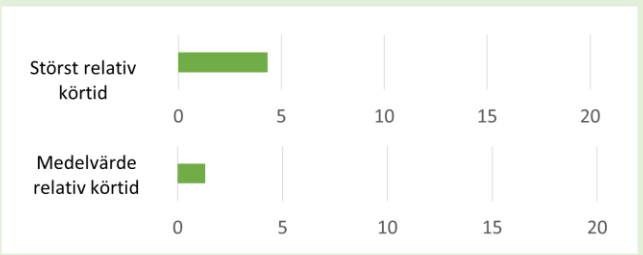
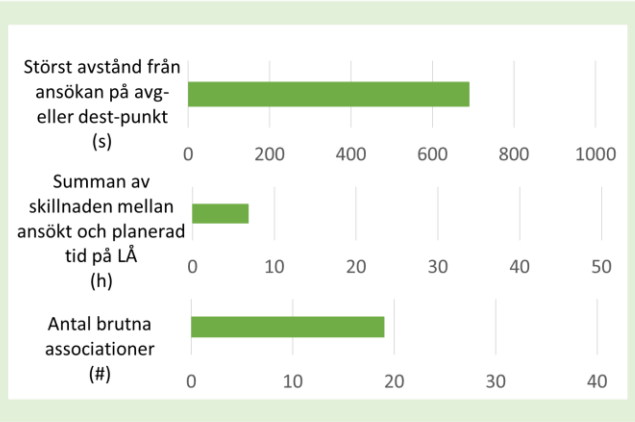
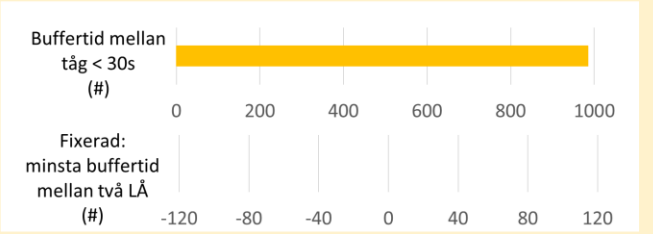
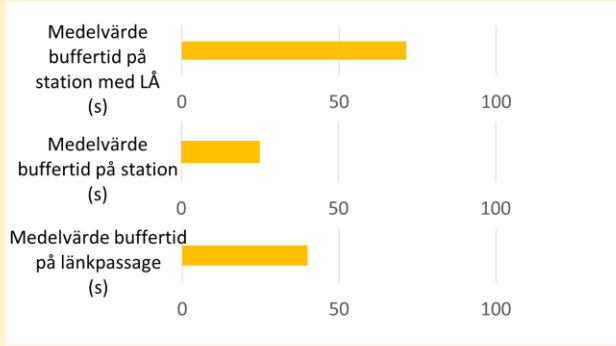


## Anna-Ulla Ansökningsuppfyllnad





Allan Allaskamed





Sebbe Snabb

Anna-Ulla  
Ansökningsuppfyllnad

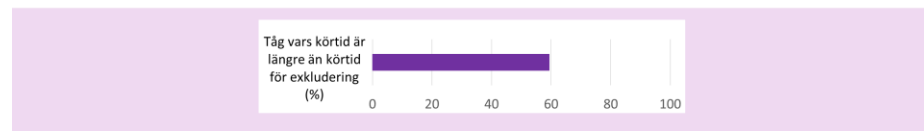
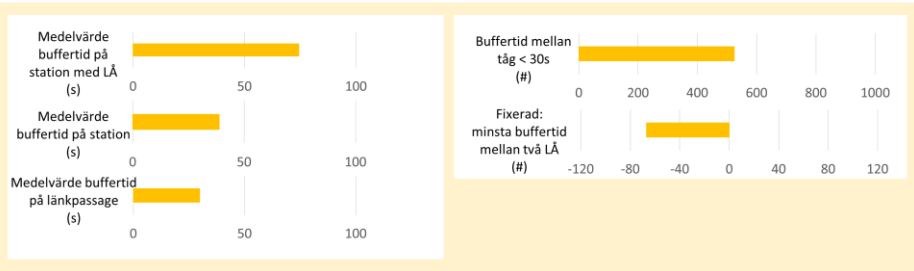
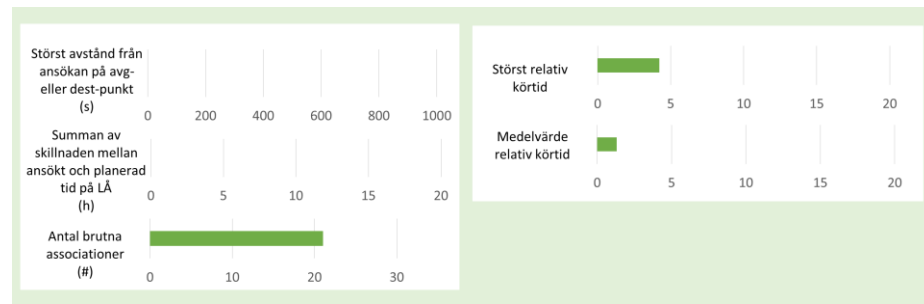
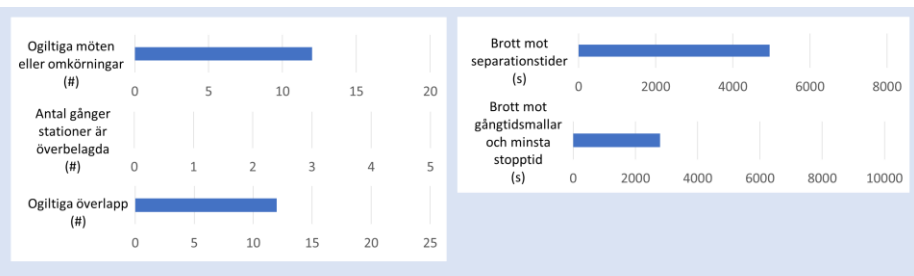
Allan Allaskamed

	Sebbe Snabb	Anna-Ulla Ansökningsuppfyllnad	Allan Allaskamed
<b>Robusthet och återställningsförmåga</b>			
Medelvärde buffertid på station med LÅ** (s)	53.8	81.4	71.2
Medelvärde buffertid på station (s)	23.6	32.0	24.8
Medelvärde buffertid på länkpassage (s)	24.5	39.2	39.8
Antal buffertider mellan tåg som är mindre än 30s (#)	947	974	985
Fixerad: minsta buffertid mellan två LÅ** (s)	75	0	0
<b>Ansökningsuppfyllnad</b>			
Största avstånd från ansökan på start eller slutpunkt (s)	900	120	690
Summan av skillnaden mellan ansökt och planerad tid på LÅ** (h)	46.0	0.6	6.8
Antal brutna associationer (#)	18	20	19
Största relativa körtid	2.4	4.3	4.3
Medelvärde relativ körtid	1.2	1.4	1.3
<b>Konkurrenshantering</b>			
Tåg vars körtid är längre än körtid för exkludering (%)	29%	67%	27%

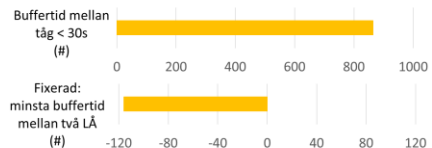
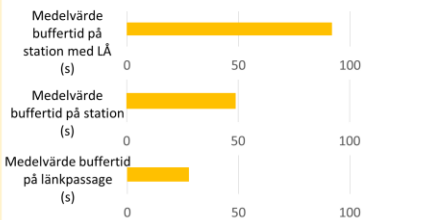
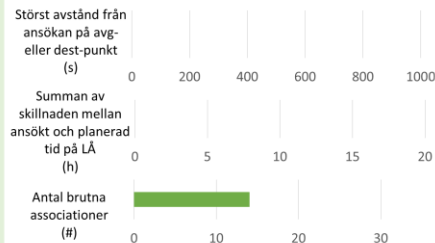
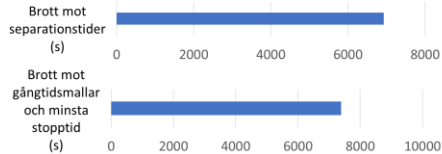
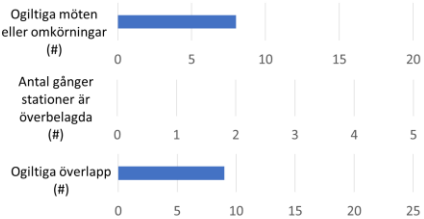




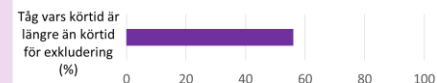
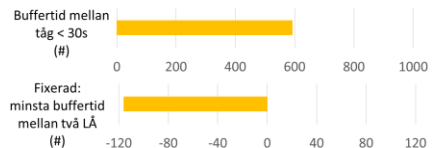
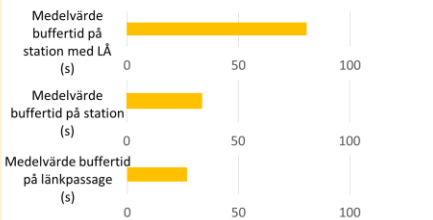
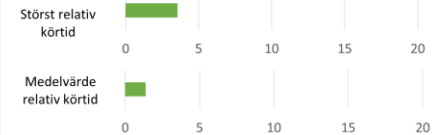
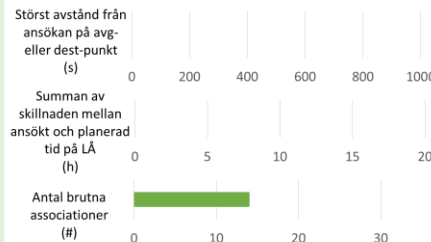
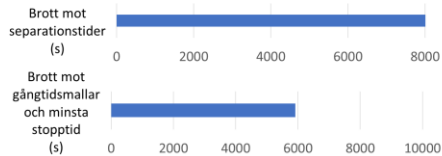
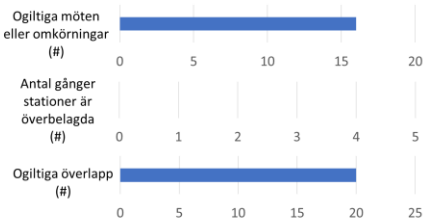
# T14, 177 tåg



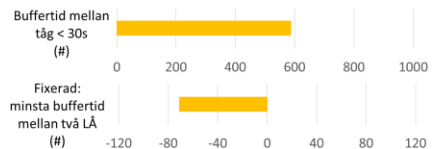
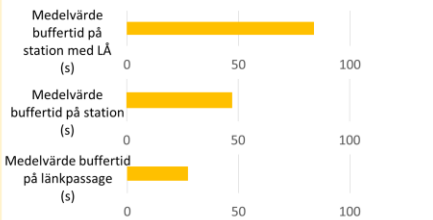
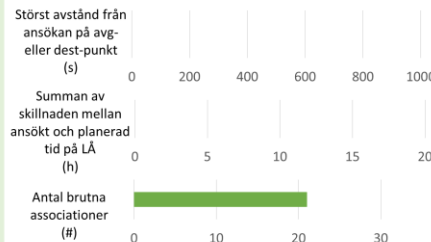
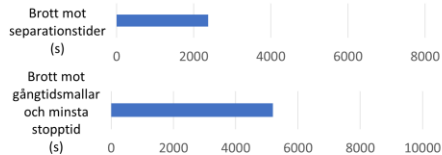
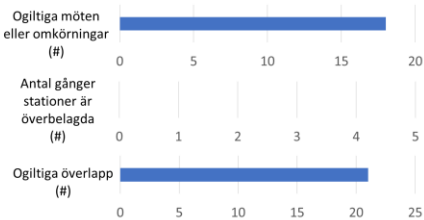
# T15, 186 tåg



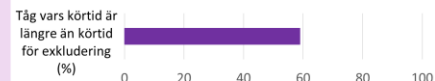
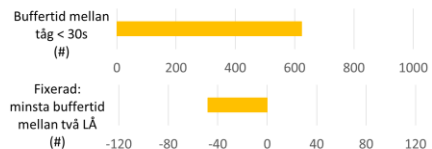
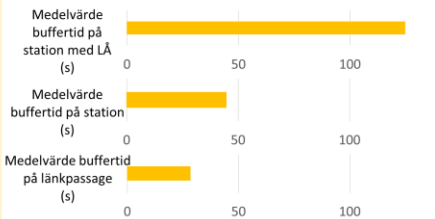
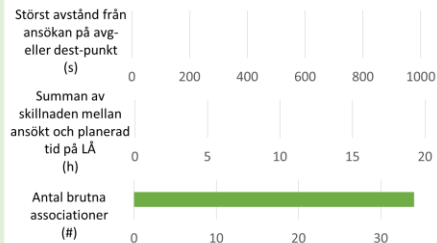
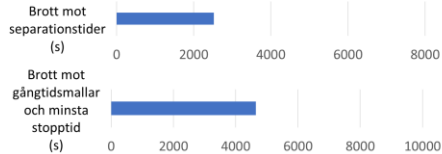
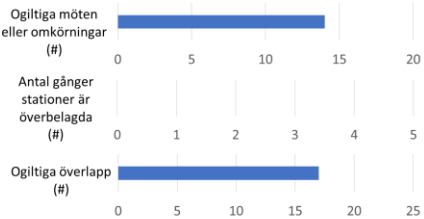
# T16, 170 tåg



# T17, 174 tåg



# T18, 192 tåg



# Framtida arbete

- Banarbeten
- Saknade kvalitetsmått
- Teori och praktik
- Kvalitetsmåttens effektivitet

**Sara Gestrelius**

sara.gestrelius@ri.se

076-106 14 52