

# Kapacitetsanalys Malmö- Hässleholm år 2035

- Var är de kritiska punkterna?



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Teknik och samhälle

Examensarbete:  
Anton Engström  
Jonatan Borg



© Copyright Anton Engström, Jonatan Borg

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2019

## Sammanfattning

Järnvägens infrastruktur i Skåne har på många ställen nått sin maximala kapacitet. Södra stambanan mellan Malmö och Hässleholm är i dagsläget en av Sveriges mest belastade järnvägar. Sträckan är viktig för persontrafik, men även godstrafik då järnvägen kopplar samman Skåne med kontinenten och övriga Sverige. Idag är hela sträckan mycket känslig för förseningar på grund av opålitliga anslutande enkelspåriga banor, eftersatt underhåll och överbelastning.

Detta har lett till att flera åtgärder är planerade för att öka kapaciteten på sträckan. I Sverigeförhandlingen ingår det att bygga en ny dubbelspårig höghastighetsjärnväg mellan Lund och Hässleholm. Därutöver byggs Malmö-Lund om till fyra spår från dagens dubbelspår. I samband med övergången till ERTMS nivå 2 i mitten av 2020-talet kommer Malmö-Hässleholm förbättras markant eftersom nya blocksignaler kommer att installeras på hela sträckan.

Syftet med rapporten är att analysera kapacitetsutnyttjandet för ett trafikeringsscenario för år 2035. Vidare studeras ifall kapaciteten är tillräcklig för att tillgodose det behovet som operatörerna önskar köra med. Metodiken är att beräkna kapacitetsutnyttjandet med hjälp av Trafikverkets kapacitetsformel för en timme under rusningstid mellan Malmö och Hässleholm. Analysen görs sedan efter det beräknade resultatet och konkreta åtgärder rekommenderas för att reducera kapacitetsutnyttjandet för att understiga nivån 80%.

Avgränsningar i rapporten är kapaciteten på driftplatser där resandeutbyte sker. Den kommande höghastighetsbanan som går parallellt med järnvägen mellan Lund och Hässleholm kommer inte analyseras.

De planerade satsningarna kommer inte att vara tillräckliga för att bidra till ett robust och pålitligt järnvägssystem år 2035. Ytterspåret mellan Klostergården och Arlöv kommer 2035 att vara maxbelastad med ett kapacitetsutnyttjande som överstiger 100%. Den enda lösningen för att reducera kapacitetsutnyttjandet till under 80% är att bygga ut järnvägen från dagens fyra spår till sex spår.

Därutöver är bland annat dubbelspåret mellan Lund och Eslöv mycket störningskänsligt. Förbigångsspår och planskilda tågvägar skulle lösa kapacitetsproblemet på kort sikt. På lång sikt bör två nya spår övervägas.  
Nyckelord: Järnväg, Södra Stambanan, kapacitet

## Abstract

The railway infrastructure in the county of Skåne has in many places reached its maximum capacity. The Southern Main line between Malmö and Hässleholm via Lund is one of Sweden's most densely trafficked lines in all of the country. The stretch is important for both passenger trains as well as freight trains, connecting Skåne to the continent and the rest of Sweden. Today, the line is very sensible for delays because of; unreliable connecting single tracked lines, stalled maintenance by the government and exceeding capacity utilization.

This has led to many upcoming infrastructure projects to increase the capacity. Sverigeförhandlingen are working on planning for Sweden's first ever high speed rail project that will connect Lund to Stockholm via Hässleholm. Furthermore, Malmö-Lund is to be expanded to quadruple tracks from the previous double track solution. ERTMS is to be installed on the entire Southern Main line during the 2020's, the result of which, is going to increase the capacity immensely as new block sections are to be added.

The purpose of the investigation is to analyze the capacity utilization for a service scenario in 2035. Furthermore, if the capacity is sufficient for the demand by the operators. The methodology behind the investigation is to use Trafikverkets formula to calculate the capacity utilization during a rush hour between Malmö and Hässleholm. The analysis is to be done after the calculations and solutions will be proposed in order for the capacity utilization not to surpass the set limit of 80%.

The report is limited to line capacity only. Therefore, station capacity will not be analyzed as it is too complex to give an indefinite answer to without computer softwares. Furthermore, the high speed line between Lund and Hässleholm was excluded.

The coming investments that are planned, are however, not sufficient to make a robust and reliable railway system for the year of 2035. The part between Klostergården and Arlövs exterior tracks will reach a capacity utilization that surpasses 100%. The only solution to reduce capacity utilization to below 80% is to expand the quadruple tracks to six tracks.

Furthermore, the part between Lund and Eslöv is very susceptible to delays, making it too unreliable. Bypass tracks and a new overpass would solve the capacity in short terms. On longer terms, a quadruple track should be considered.

Keywords: Railway, Southern Main Line, Capacity

## **Förord**

Vi skulle vilja tacka SYSTRA i Malmö för kontorsplatser och mycket trevlig personal som gett dokument och ritningar som instuderingsmaterial till examensarbetet. Speciellt tack till Daniel Glimelius som stöttat oss hela vägen från idé till inlämning.

Vidare skulle vi vilja tacka Magnus Backman på Trafikverket för de möten vi haft och för att ha kontrollerat våra uträkningar.

Ett stort tack till Sven Assarsson som ställde upp som handledare på SYSTRA och Ingemar Braathen som handledare på LTH.

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Problembeskrivning</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Mål och syfte</b> .....	<b>2</b>
<b>1.3 Metodik</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Introduktion</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Vad är Kapacitet?</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Faktorer till kapacitetsutnyttjande på dubbelspår</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3 Riktlinjer för kapacitetsåtgärder</b> .....	<b>5</b>
<b>2.4 Kapacitetsutnyttjandets konsekvenser</b> .....	<b>7</b>
<b>2.5 Kapacitetsutnyttjande (KU) maxgräns</b> .....	<b>7</b>
<b>2.6 Sammanfattning av introduktionen</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Järnvägssystem 2019</b> .....	<b>9</b>
<b>3.1 Infrastruktur</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2 Trafikering</b> .....	<b>10</b>
<b>3.3 Fordonstyper</b> .....	<b>10</b>
<b>4 Järnvägssystem 2035</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1 Infrastruktur</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2 Trafikering</b> .....	<b>14</b>
<b>4.3 Fordonstyper</b> .....	<b>17</b>
<b>4.4 Headway</b> .....	<b>17</b>
<b>4.5 ERTMS</b> .....	<b>18</b>
4.5.1 Lund-Hässleholm .....	21
4.5.2 Malmö-Lund .....	22
<b>5 Metod</b> .....	<b>24</b>
<b>5.1 Beräkningsmodell</b> .....	<b>24</b>
<b>5.2 Attraktivt trafikupplägg</b> .....	<b>26</b>
<b>5.3 Applicering</b> .....	<b>27</b>
<b>6 Resultat</b> .....	<b>28</b>
<b>6.1 Kapacitetsutnyttjande (KU)</b> .....	<b>28</b>
<b>7 Tidtabellsanalys</b> .....	<b>29</b>
<b>7.1 Malmö – Lund, innerspår</b> .....	<b>29</b>
<b>7.2 Lund-Hässleholm</b> .....	<b>30</b>
<b>8 Kapacitetsanalys och åtgärder</b> .....	<b>33</b>

<b>8.1 A, Hässleholm-Höör</b> .....	<b>33</b>
<b>8.2 B, Höör-Eslöv</b> .....	<b>33</b>
<b>8.3 C, Eslöv-Lund</b> .....	<b>35</b>
<b>8.4 D, Lund-Klostergården, inner- och ytterspår</b> .....	<b>37</b>
<b>8.5 Ei, Klostergården-Arlöv innerspår</b> .....	<b>39</b>
<b>8.6 Ey, Klostergården-Arlöv ytterspår</b> .....	<b>39</b>
<b>8.7 Fi, Malmö-Arlöv innerspår</b> .....	<b>40</b>
<b>8.8 Fy, Arlöv-Malmö ytterspår</b> .....	<b>41</b>
<b>9 Slutsats</b> .....	<b>42</b>
<b>10 Diskussion</b> .....	<b>43</b>
<b>10.1 Trafikverkets kapacitetsformel</b> .....	<b>43</b>
10.1.1 Korsande tågvägar.....	43
10.1.2 Tågföljd.....	44
10.1.3 Tkonf.....	44
<b>10.2 Gångtidsskillnader mellan ERTMS och ATC</b> .....	<b>44</b>
<b>10.3 Uteblivna satsningar</b> .....	<b>45</b>
10.3.1 Skånebanan och Väst kustbanan.....	45
10.3.2 Höghastighetsnätet.....	46
<b>11 Litteraturförteckning</b> .....	<b>47</b>



## Begreppsförklaringar

<i>STH</i>	Största tillåtna hastighet
<i>Kapacitetsutnyttjande (KU)</i>	Andel kapacitet som utnyttjas av den tillgängliga, besvaras i procent.
<i>Teoretisk kapacitet</i>	Kapacitet som är möjlig till att utnyttjas utan marginaler.
<i>Praktisk kapacitet</i>	Kapaciteten som går att utnyttja i praktiken där mer marginal tas i anspråk
<i>JA</i>	Jämförelsealternativ
<i>Förbigång</i>	Omkörning
<i>Förbigångsspår</i>	Ett sidospår intill huvudspåret för att möjliggöra förbigång på huvudspåret
<i>SSB</i>	Södra stambanan
<i>VKB</i>	Västkustbanan
<i>Driftplats</i>	Ett spårområde där en tågklarerare kan kontrollera växlar med hjälp av ett ställverk
<i>Linje</i>	Spårområdet mellan två driftplatser
<i>Tågläge</i>	En kanal menad för ett tåg att inom bestämd tid åka från punkt A till punkt B
<i>ATC</i>	Svenska järnvägens säkerhetssystem, ger hastighetsbesked till lokföraren
<i>ERTMS</i>	Nästa generations signalsystem

# 1 Inledning

## 1.1 Problembeskrivning

Södra stambanan mellan Lund och Hässleholm är sedan 2015 mycket belastad. Delar av sträckan uppgår till röd nivå i kapacitetsutnyttjandet och ökning av trafiken är därmed inte möjligt. Södra stambanan uppges vara Sveriges viktigaste järnväg eftersom mer än 50% av alla linjer någon gång berör Södra stambanan. (Samhällsbyggnad, 2016)

## 1.2 Mål och syfte

Syftet med rapporten är att identifiera kritiska kapacitetspunkter på sträckan Malmö-Hässleholm för trafikeringsscenarioet år 2035 och analysera vad det beror på. Vidare hur kapacitetsutnyttjandet kan förbättras genom att rekommendera konkreta åtgärder utan att reducera trafiken, justera linjer eller förlänga restiden.

Frågeställning: *Är de planerade järnvägssatsningarna mellan Malmö-Hässleholm tillräckliga för att bidra till ett punktligt och robust järnvägssystem år 2035?*

## 1.3 Metodik

För att kunna besvara frågeställningen som bestämts genomfördes arbetet med en litteraturstudie, där fakta om planerade projekt och framtida trafikering hämtats. Information som sedan använts för att räkna ut kapacitetsutnyttjandet på de utvalda delsträckorna mellan Hässleholm och Malmö. Kapacitetsberäkningarna följs av en tidtabellsanalys, där fiktiva tidtabeller tagits fram för att analysera ifall trafikupplägget är attraktivt och/eller har en god återhämtningsförmåga. Vidare förs egna diskussioner och slutsatser utifrån den information som hämtats för rapporten.

## 1.4 Avgränsningar

I rapporten är driftplatskapacitet på de större stationerna en avgränsning då det kräver mer exakta tidtabeller och datorsimuleringsprogram som inte var tillgängliga under skrivtiden.

Därutöver kommer kapaciteten inte att beräknas på höghastighetsbanan mellan Lund och Hässleholm.

## 2 Introduktion

### 2.1 Vad är Kapacitet?

Kapacitet på järnväg innebär hur många tåg som får plats på en sträcka under en viss tidsperiod. Kapaciteten kan utvecklas på olika sätt för att möjliggöra tätare trafikering, högre punktlighet och skapa redundans i järnvägssystemet.

I denna studie är det endast dubbelspår och flerspår som analyseras och därför kommer inte kapacitet på enkelspår att förklaras.

### 2.2 Faktorer till kapacitetsutnyttjande på dubbelspår

Kapacitet på ett dubbelspår, eller fyrspar, som i själva verket är två dubbelspår med uppdelad trafik baserat på kapacitetsutnyttjandet, är beroende av fem faktorer.


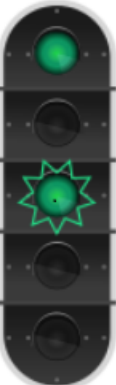

*Hastigheten på banan.* STH eller ”största tillåtna hastighet” är järnvägstermen som bestämmer vad en sträcka eller bana är dimensionerad för. Ifall STH:n är låg på en bana eller begränsad till den hastighet som det långsammaste tåget förs i bidrar till högre tillgänglig kapacitet. Ifall STH:n är högre än det långsammaste tåget som kör på banan så finns det en risk att kappkörnings-effekt uppstår. I Sverige definieras alltid tre olika sorters STH på en bana eller sträcka. Den första delen avser för vanliga typ A-tåg och den sista delen avser typ S-tåg. Typ B-tåg hamnar i mellan typ A och S, det är även typ B-tåg som är mest vanliga i Sverige. Skillnaden mellan typ S-tåg och de tidigare nämnda är att typ S-tåg har aktiv korglutning vilket gör det möjligt att köra snabbare i kurvor. I Sverige är det endast SJ X2000 som har aktiv korglutning och därför är det enda tåget som kan definieras som ett typ S-tåg. (Evert Anderson, 2014)

*Antal spår.* På ett dubbelspår finns fördelen att tågen i olika riktningar kör på varsitt spår, något som ökar kapaciteten markant jämfört med ett enkelspår. På ett dubbelspår är kapaciteten beroende av antalet blocksträckor och trafikeringssupplägg.

*Blocksträckor.* Ett block är en uppdelad sektion längst med en sträcka som endast ett tåg kan ockupera åt gången. Ju fler blocksträckor som finns längst med samma sträcka, desto fler tåg kan i teorin trafikera. På ett dubbelspår får lokföraren besked ifall blocket framför tåget som de kör är ledigt eller inte med hjälp av så kallade mellanblocksignaler.

Mellanblocksignaler har fyra eller fem ljus och ger tre olika besked baserat på framförvarande block. De tre signaleringsbeskeden beskrivs nedan i ordningsföljd baserat på det mest önskvärda signaleringsbeskedet.

Tabell 1 Signaleringsprinciper för mellanblocksignaler

		
<p>“Kör 80, vänta kör 80”</p>	<p>“Kör 80, vänta stopp”</p>	<p>“Stopp”</p>

“Kör 80, vänta kör 80” (eller vad ATC:n visar), tåget får passera mellanblocksignalen och nästa mellanblocksignal visar “kör 80, vänta kör 80” eller “kör 80, vänta stopp”.

“Kör 80, vänta stopp” (eller vad ATC:n visar), tåget får passera mellanblocksignalen. Nästa mellanblocksignal förväntas visa stopp.

“Stopp”, tåget får inte passera mellanblocksignalen, blocket framför är belagt av ett annat tåg

*Homogen trafikering.* Med homogen trafikering menas ett trafikeringssystem som är jämnt mellan de olika systemen. Exempelvis är ett homogent system där alla tåg stannar på station X, Y och Z på en viss sträcka. Ett icke homogent system är när ett tåg har trafikupplägget som beskrevs tidigare samtidigt som ett annat tåg kör direkt från station X till Z. Detta kan, beroende på hur många tåg som trafikerar, skapa kappkörningseffekt som skulle kunna lösas med ytterligare spår eller förbigångsspår med god tidtabellsplanering. En annan faktor i *homogen trafikering* är när tåg på samma spår, i samma riktning har olika hastigheter. Det skulle lösas med att begränsa STH:n på delsträckan. (Evert Andersson, 2017)

*Antal tåg.* Antalet tåg som trafikerar en delsträcka är helt avgörande för hur mycket av den tillgängliga kapaciteten som utnyttjas.

## 2.3 Riktlinjer för kapacitetsåtgärder

Utifrån olika förutsättningar har tabell 2 föreslagits som mall för utbyggnad av kapacitet. Mallen är uppbyggd på att en lösning skall väljas beroende på ifall föregående lösning går emot målet eller redan är utförd.

Tabell 2 Utbyggnad av kapacitet i ekonomisk ordning

Förutsättning	Lösning 1	Lösning 2	Lösning 3	Lösning 4
Heterogen trafikering	Begränsa STH:n -restid	Tätare blocksträckor	Förbigångsspår med mittplattform	+2 spår
Homogen Trafikering	Tätare blocksträckor	Förbigångsspår med mittplattform	+2 spår	
Korsande tågvägar	Bruten/annorlunda linjekoppling -trafikupplägg	Planskilda in/utfarter		

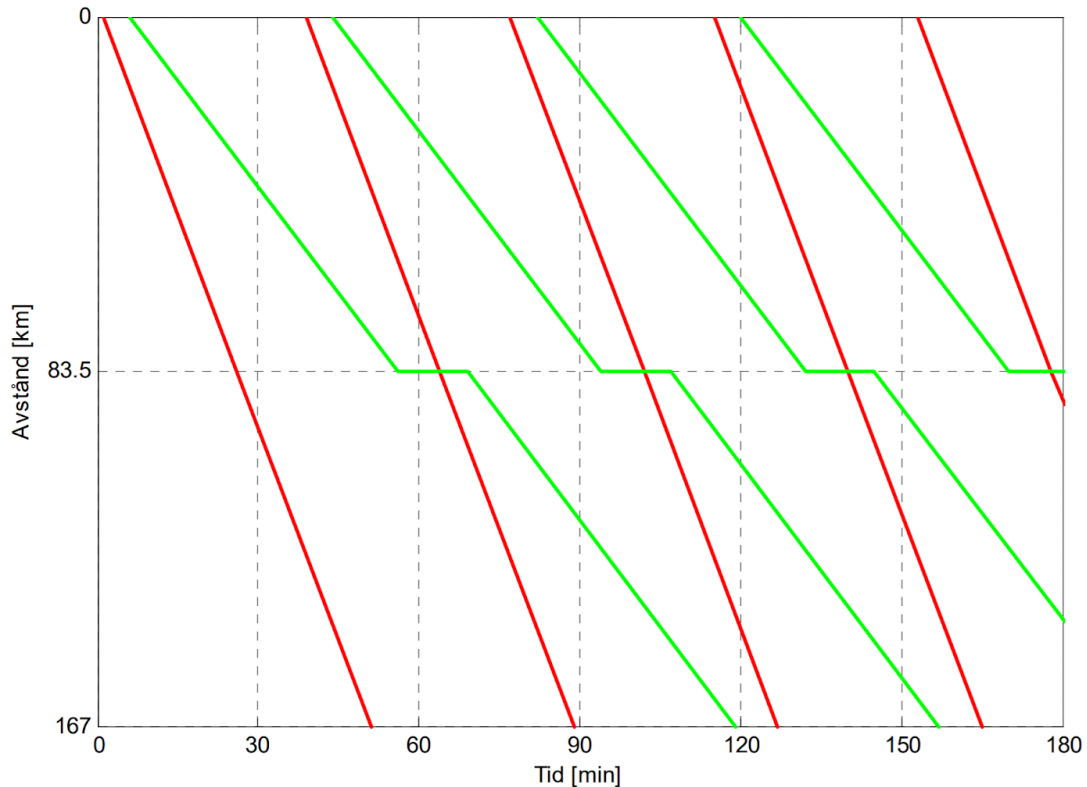
Vid heterogen trafikering där tåg med olika topphastigheter blandas är en lösning att begränsa STH:n så att tågen kör i samma eller liknande hastigheter. Det uppstår då ingen kappkörningseffekt och fler tåglägen skapas på bekostnad av att restiden för de snabbare tågen förlängs. Detta alternativ strider mot målet för rapporten att kapacitetsförbättringar inte skulle förlänga restiden.

För heterogen- respektive homogen trafikering är en generell lösning för att utöka kapaciteten på ett dubbelspår att förtäta blocksträckorna. Det innebär att tågen potentiellt kan köra tätare givet att blockens avstånd inte redan är 800 m (minimum avstånd). Förtätning av blocksignaler är den billigaste åtgärden jämfört med andra alternativ. I rapporten kan inte denna lösning genomföras eftersom samtliga blockavstånd antas vara 800 m.

Att bygga förbigångsspår med mittplattform (lösning 2 och 3 i heterogen- respektive homogen trafikering) hävdar Nelldal innebära mindre investeringar jämfört med att bygga ut från dubbelspår till flerspår eftersom det vanligtvis gäller miljonbelopp, inte miljardbelopp. (Nelldal, 2009)

Effekten av förbigångsspår utan mittplattform är att det möjliggör för snabbare tåg att köra om långsammare tåg, se figur 1. Detta bidrar till ett lägre

kapacitetsutnyttjande, dock oftast på bekostnad av restid för det långsammare tåget, vilket går emot kraven i mål och syfte.



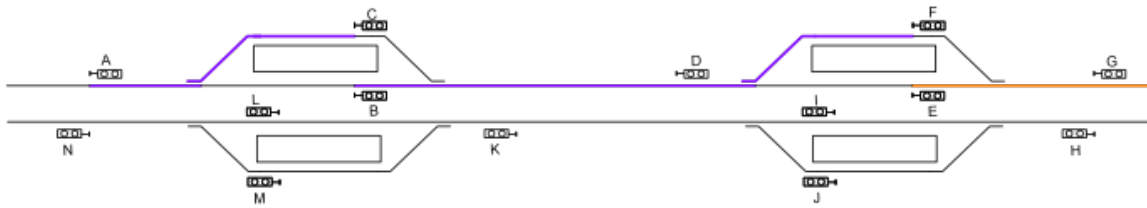
Figur 1 På km 83,5 blir långsammare gröna tåget blir förbigånget av det snabbare röda tåget. (Nelldal, 2009)

Det gröna tåget förlorar i detta fall restid baserat på hur lång tid det tar för det snabbare tåget att passera driftplatsen. Restidsförlusten kan reduceras genom att:

- Höja hastigheten på växlarna in- och ut från förbigångsspår
- Förtäta mellanblocksignalerna närmare förbigångsdriftplatsen
- Förlänga förbigångsspår för att möjliggöra en “flygande” förbigång

Effekten av förbigångsspår med mittplattform på mellanliggande stationer har däremot positiva effekter utan bekostnad av restid för långsammare tåg med planerade uppehåll. Ifall en mittplattform anläggs istället för sidoplattform möjliggör saxade tågvägar mellan pendeltågsstationerna mellan de större regionala stationerna, se figur 2. Saxade tågvägar innebär att tåg som gör uppehåll vid en station sorterar sig på inner- respektive ytterspåret baserat på vilket av spåren som är ockuperade. Med saxade tågvägar kan tågen köras tätare eftersom de inte längre blockerar bakomvarande tåg från att stanna på driftplatsen.

(Kapacitetscenter, 2015)



Figur 2 Saxade tågvägar mellan pendeltågsstationer.

I det läge där de tidigare åtgärderna inte räcker till eller redan är utförda för homogen respektive heterogen trafikering bör den studerade delsträckan byggas ut med två spår för att fördela trafiken bättre.

För att lösa de korsande tågvägarna avser lösning 1 att trafikupplägget eller linjen förändras. Detta går emot de uppsatta målen och kan därför inte rekommenderas i rapporten. Vidare bör ett nytt spår byggas planskilt på samma signalsträcka för att lösa den korsande tågvägen.

## 2.4 Kapacitetsutnyttjandets konsekvenser

Enligt Trafikverket så avläses kapacitetsutnyttjandet i olika nivåer. Den bästa nivån är grön, som motsvarar 0–60% teoretiskt kapacitetsutnyttjande. På grön nivå anses systemet inte vara störningskänsligt och trafiken går att utöka utan problem.

Nästa nivå är gul, då är det teoretiska kapacitetsutnyttjandet mellan 60–80% vilket innebär att banan är måttligt använd och störningar kan uppstå med lindriga konsekvenser. På denna nivå är det viktigt att återställningsförmåga vid mindre förseningar tas i beaktning.

Sista nivån är röd, då är kapacitetsutnyttjandet högre än 80%. På röd nivå är systemet mycket känsligt för störningar och konsekvenserna är allvarliga för punktligheten. Järnvägen är inte robust. Det är inte möjligt att utöka trafiken. (Grimm, 2017)

## 2.5 Kapacitetsutnyttjande (KU) maxgräns

Enligt Trafikverket görs skillnad på termerna teoretisk- och praktisk kapacitet. Skillnaden är att den praktiska kapaciteten tar hänsyn till återställningsförmåga. Återställningsförmåga fungerar som en buffert i tidtabellen där tåg som är sena kan “ta igen” förseningen under samma timme utan att följdförseningar uppstår. I projekt Västlänken har den praktiska kapaciteten varit 80% av den teoretiska. Detta mått kommer användas i rapporten som ett rekommenderat maxgräns för kapacitetsutnyttjande. Ifall det teoretiska kapacitetsutnyttjandet (KU) överstiger 80% bör åtgärder därför tillämpas. (Kapacitetscenter, 2018)

Vidare kommer åtgärder rekommenderas för att de delsträckor där kapacitetsutnyttjandet är mellan 60–80% ska komma under 60%.

## **2.6 Sammanfattning av introduktionen**

Kapacitetsutnyttjandet på en delsträcka beror på många faktorer, bland annat vilken hastighet tågen kör; vad banan begränsar hastigheten till; trafikupplägg; antal spår som är trafikeringsbara och hur många tåg som trafikerar.

Kapacitetsutnyttjandet bör inte överstiga 80% d.v.s. inte nå röd nivå på grund av dess omfattande konsekvenser för störningar och följd förseningar.

Kapacitetsutnyttjandet kan främst sänkas genom större infrastruktursatsningar. Genom att förtäta blocksträckor kan kapaciteten utvecklas på billigast möjligast sätt. Att bygga ut från dubbelspår till fyrspår ökar kapaciteten som mest, men är också som mest kostsamt.



## 3 Järnvägssystem 2019

### 3.1 Infrastruktur

På sträckan Malmö-Lund-Hässleholm är det idag dubbelspår hela sträckan, bortsett från delsträckan Arlov-Malmö som är fyrspårig.



Figur 3 Järnvägskarta över Skåne. (Glentamara, 2014)

Delsträckorna har olika hastighetsbegränsningar som är allt från 60 km/h vid Armaturkurvan mellan Lund C och Klostergården, upp till och med 160 km/h på andra stråk som bland annat Eslöv-Höör. STH:n för typ S tåg är som lägst

60 km/h på Armaturkurvan eftersom den inte tillåter korglutning och som högst 200 km/h på andra delar av den studerade sträckan. (Trafikverket, 2019)

Enligt linjeboken så varierar blocksträckornas avstånd mycket. Mellan Malmö och Lund tenderar blocken att vara kortare, mellan 800–1200 m långa. Mellan Lund och Hässleholm är dem som är kortast cirka 1000 m medans dem längsta är cirka 2800 m.

Återställning är möjlig med hjälp av förbigångsspår på ett fåtal ställen mellan Lund och Hässleholm. Dessa förbigångsspår finns bland annat i Tornhill, Eslöv och Vätteryd.

Mellan Malmö och Lund är återställningsförmågan obefintlig eftersom det inte finns några förbigångsmöjligheter utan att behöva köra på spåret i motsatt riktning, vilket det idag inte finns utrymme för på grund av den höga trafikeringen.

### 3.2 Trafikering

Trenden är att trafikeringen ökar på delsträckorna söderut, d.v.s. att trafikeringen är som mest gles vid Hässleholm och som tätast intill Malmö.

Snälltåget har blivit exkluderade på grund av oregelbunden trafikering under rusningstid.

- Hässleholm-Höör: 7 tåg/h och riktning
- Höör-Eslöv: 8 tåg/h och riktning
- Eslöv-Lund: 9 tåg/h och riktning
- Lund-Klostergården: 15 tåg/h och riktning
- Klostergården-Arlöv (Burlöv): 15 tåg/h och riktning
- Arlöv (Burlöv)-Malmö: 15 tåg/h och riktning

### 3.3 Fordonstyper

Fjärrtåg:

- SJ X2000 (X2), STH: 200 km/h
- SJ 3000 (X55), STH: 200 km/h

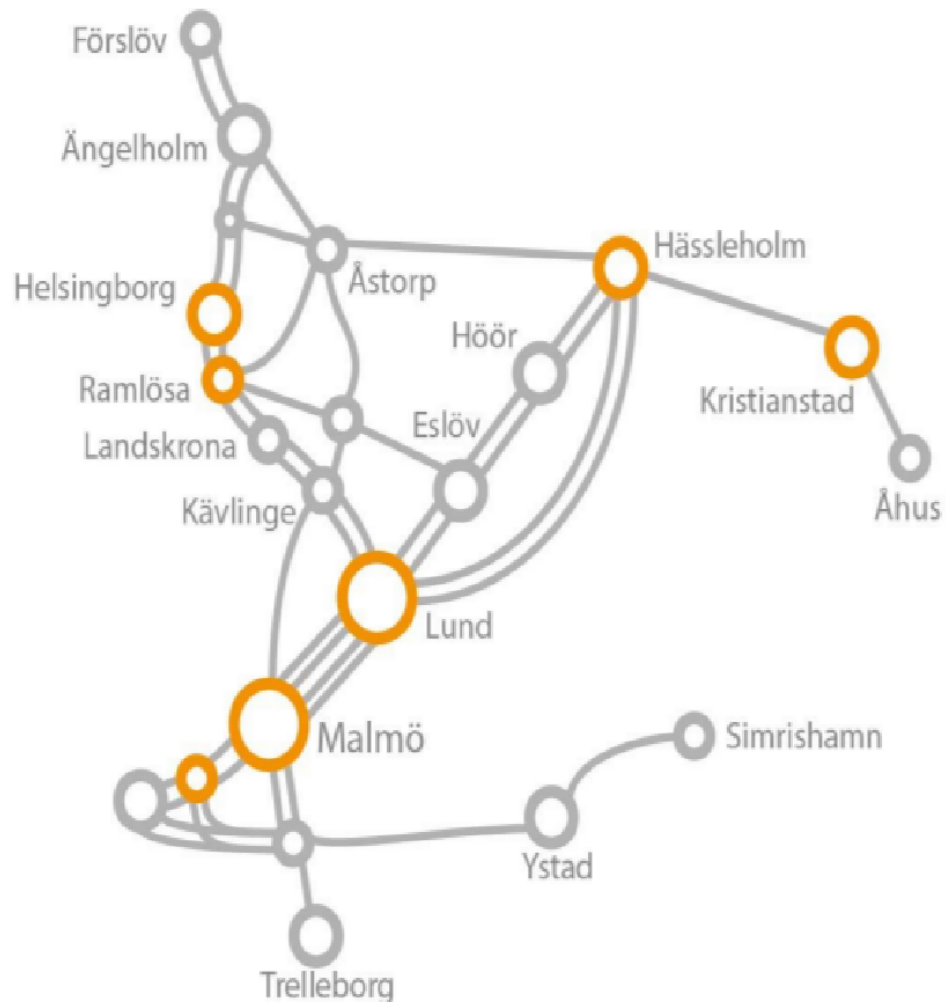
Regionaltåg: Skånetrafiken Öresundståg (X31), STH: 180 km/h

Pendeltåg: Skånetrafiken Pågatåg (X61), STH: 160 km/h

Godståg: Green Cargo (RC), STH: 70–120 km/h (beroende på last och lokvariant)

## 4 Järnvägssystem 2035

### 4.1 Infrastruktur

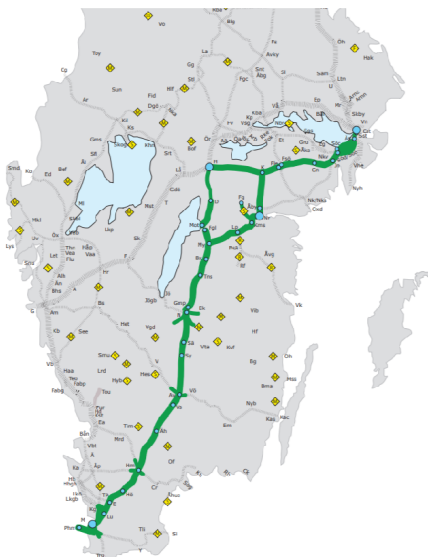


Figur 4 Järnvägsnätet i Skåne 2035. (SWECO, 2015)

År 2035 förutsätts att följande projekt som idag är planerade för att stärka infrastrukturen på den studerade sträckan är färdigställda:

- Sträckan mellan Arlööv och Högevall (Lund) är utbyggd från två till fyra spår, med nya upprustade stationer i Burlöv, Åkarp och Hjärup samt en helt ny station i Klostergården strax söder om Lund. Projektet förväntas stå klart år 2024. (Trafikverket, 2018)

- År 2035 förväntas även den sista dubbelspåriga delsträckan mellan Klostergården och Lund, den så kallade Armaturkurvan, vara utbyggd till fyrspar.
- Därutöver byggs en ny dubbelspårig höghastighetsjärnväg mellan Hässleholm och Lund som en del av nästa generations stambanor. Banan är 70 km lång och byggs för att klara av hastigheter på minst 320 km/h och kommer trafikeras av de framtida höghastighetstågen och storregionala tågen.
- I samband med utbyggnaden av ERTMS på Södra stambanan förväntas även en förtätning av blocksignalerna att ske mellan Malmö och Hässleholm. Det innebär att samtliga mellanblocks signaler kommer att bli placerade så tätt som det är tillåtet, vilket idag är 800 m avstånd. Utbyggnadsstrategin presenteras i figur 5.



Figur 5 ERTMS korridor B vilket omfattar hela Södra stambanan. (Trafikverket, 2017)

Trafiken mellan Hässleholm och Malmö påverkas också av den planerade upprustningen av intilliggande banor. Trafiken på sträckan kommer då att öka när de andra sträckorna får en utökad kapacitet och därav ökad trafik.

Redan år 2020 påbörjas arbetet med dubbelspåret mellan Ängelholm-Maria, Romares väg. Utbyggnaden omfattar 24 km nytt dubbelspår intill befintligt spår och arbetet förväntas vara klart år 2024. Efter dubbelspåret färdigställande medges 10 tåg/h istället för dagens åtta. (Trafikverket, 2019)

Dubbelspåret mellan Helsingborg C - Maria, Romares väg (mer känt som Tågaborgstunneln) har inte kommit lika långt i planering och projekteringskedet men åtgärdsvalsstudier har genomförts. Projektet förväntas att påbörjas i slutet av planperioden i den nationella planen för utveckling av infrastruktur 2018–2029. Utbyggnaden innebär att den sista delen av Västkustbanan blir dubbelspårig. Det motsvarar en 4,5 km lång tunneln under stadsdelen Tågaborg i Helsingborg. (Trafikverket, 2017)

I antagandet som görs är hela dubbelspåret mellan Helsingborg och Ängelholm färdigställt till år 2035.

Det befintliga dubbelspåret på Västkustbanan mellan Lund och Helsingborg kommer med trafikeringsantagandet år 2035 inte vara tillräcklig, enligt kapacitetsanalytiker Magnus Backman på Trafikverket (Backman, 2019). Därför antas det att kapaciteten kring detta stråk är förstärkt med hjälp av förbigångsspår och/eller partiella fyrspår.

Dubbelspåret mellan Helsingborg-Ängelholm och den förstärkta kapaciteten mellan Lund och Helsingborg är kritiska för trafikeringen på Västkustbanan som kommer innebära en ökning av tåg som passerar den studerade delsträckan Malmö-Lund. I praktiken antas det bli upp till och med sex tåg i timmen och riktning.

I södra delarna av den studerade sträckan sker en öppning för persontrafik på Lommabanan mellan Arlöv-Kävlinge i början av 2020-talet. (Trafikverket, 2018) samt Söderåsbanan mellan Åstorp-Teckomatorp-Kävlinge (Trafikverket, 2018). Båda banorna förväntas bli trafikerade år 2020 respektive 2021. Arbetet omfattar nya stationer längst med banorna och upprustning. Projekten medger pågatågstrafik som berör den studerade delsträckan Malmö-Arlöv

De kringliggande banorna runt Malmö förväntas också vara förstärkta innan år 2035. Det handlar främst om Kontinentalbanan och Citytunneln där den kommande trafiken måste få plats.

I nordost krävs det att Skånebanan mellan Hässleholm och Kristianstad byggs ut till dubbelspår enligt Magnus Backman. Den kommande trafiken mellan orterna är för mycket för dagens enkelspår med fåtal platser för möten. Med dubbelspåret klaras trafikeringen utan problem i avseende till antagandet som gjorts för år 2035. Dubbelspåret antas vara färdigt och tagits i bruk, likt Tågaborgstunneln, innan år 2035.

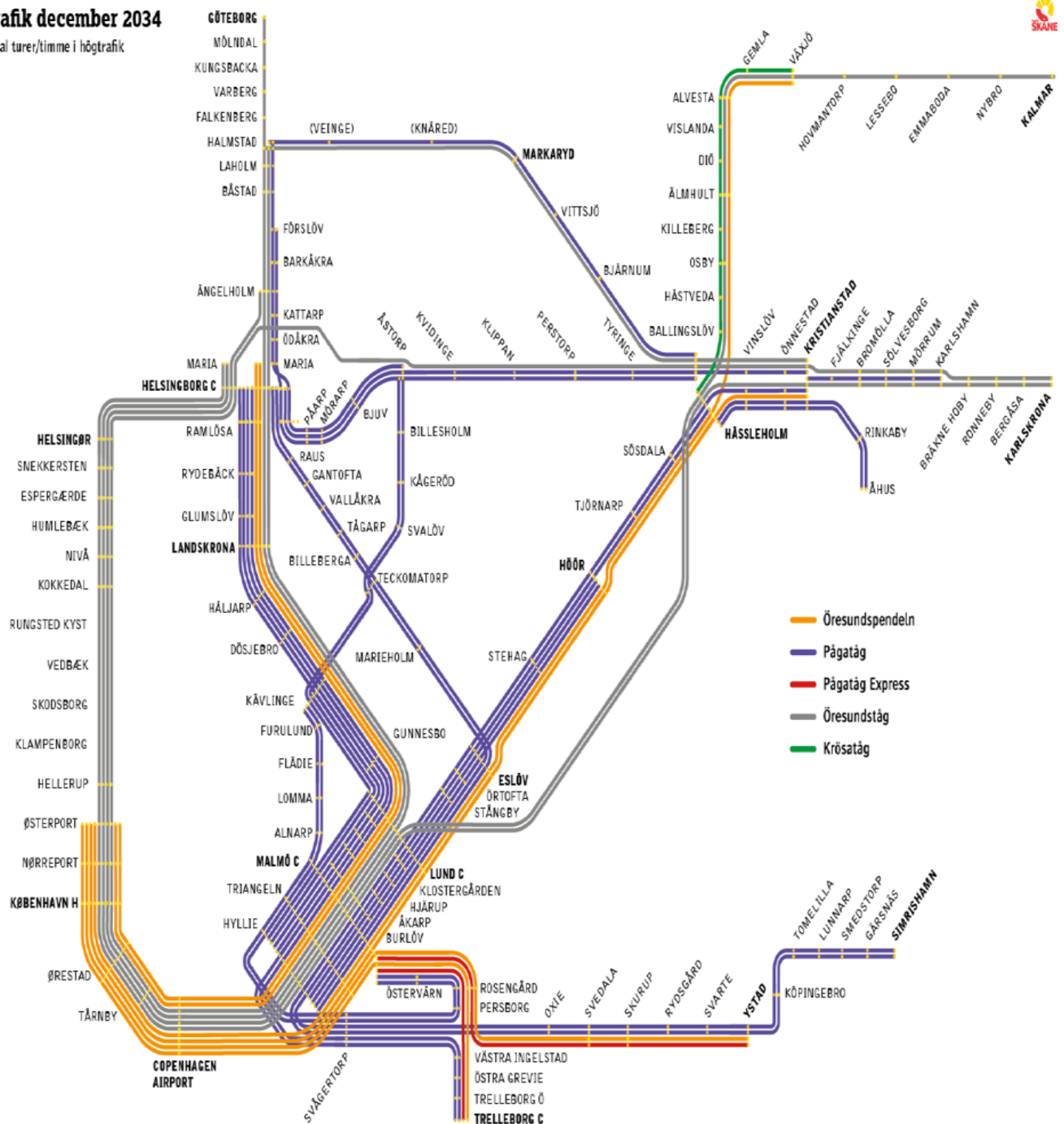
## 4.2 Trafikering

Trafikeringsantagandet för år 2035 är baserat på önskemål från tågoperatörerna. Snälltåget, har likt 2019, blivit exkluderat på grund av oregelbunden trafikering. Samtlig trafik från övriga operatörer har enligt antagandet beviljats.

Den regionala trafikeringsplanen är gjord av Region Skåne som bedriver regional- och lokaltrafik under namnet Skånetrafiken.

### Trafik december 2034

Antal turer/timme i högt trafik



Figur 6 Skånetrafiken trafikupplägg 2034 (Jönsson, 2017)

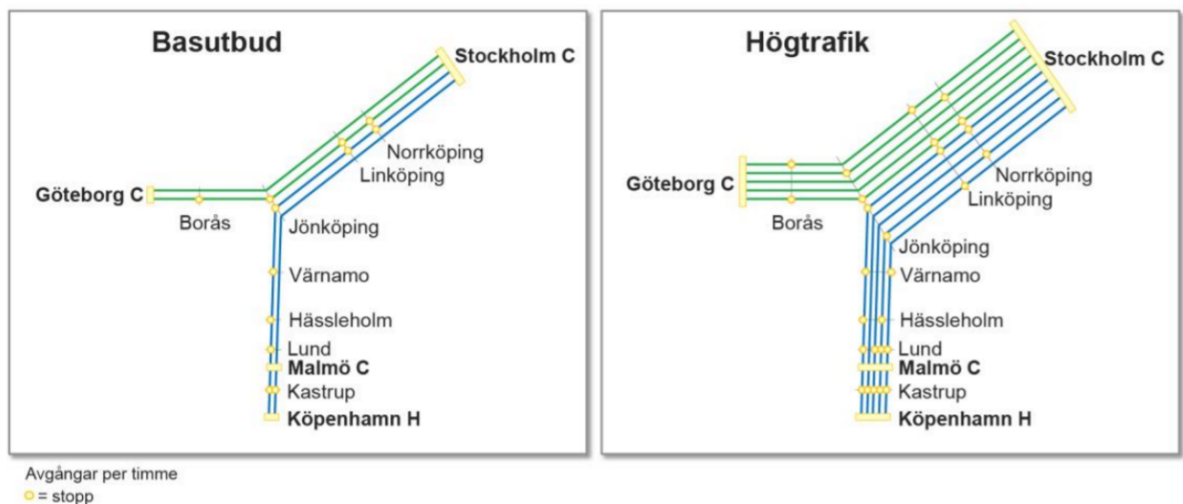
Figur 6 avser tågtrafiken under högtrafik år 2034 och varje streck motsvarar ett tåg/h och riktning. Uppehåll tydliggörs med en gul prick vid de stationer tåget är tänkt att stanna vid.

Höghastighetståg mellan (Stockholm)-Hässleholm-Lund-Malmö-(Köpenhamn) är baserat på ett trafikeringsantagande som SJ önskar i samband med öppnandet av höghastighetsjärnvägen.

### Höghastighetståg täcker hela resebehovet

– ett tåg var 6:e minut från Stockholm

– 4 tåg i timmen från Norrköping, Linköping och Jönköping

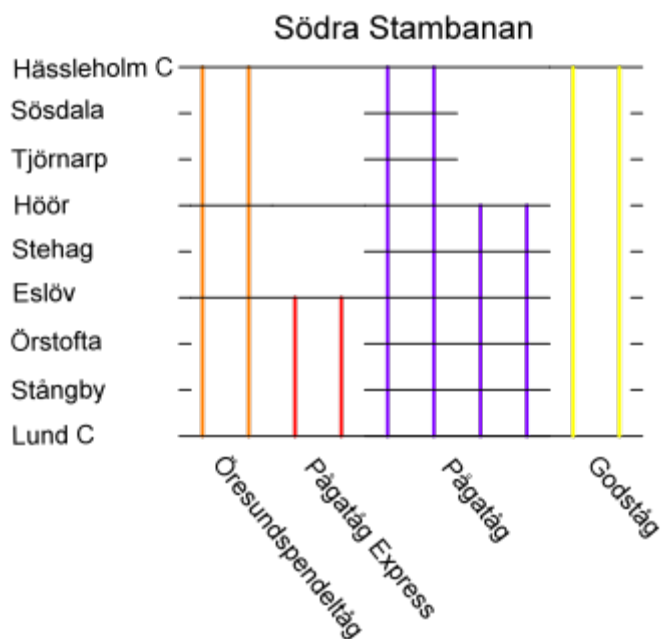


Figur 7 SJs önskade trafikupplägg på de nya stambanorna. Källa: SJ, Höghastighetsbanor i Sverige. (SJ, -)

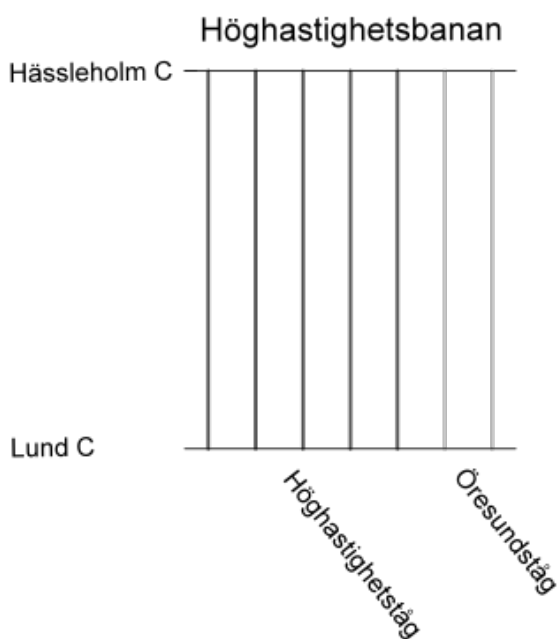
Snabbtåg mellan (Göteborg-Helsingborg) -Lund-Malmö-(Köpenhamn) är baserat på de snabbtågslägen som erbjuds på Väst kustbanan efter dubbelspåret mellan Helsingborg och Maria, Romares väg är färdigbyggt. Detta väntas vara någon gång på 2030-talet. (Ramböll, 2010)

Godstrafiken är baserat på den prognos som Trafikverket presenterar i samband med att höghastighetsbanorna öppnar för trafik. Totalt ges det två tåglägen för godståg i vardera riktning under rusningstrafik mellan Hässleholm och Malmö Godsbangård, Arlov. (Lennefors, 2017)

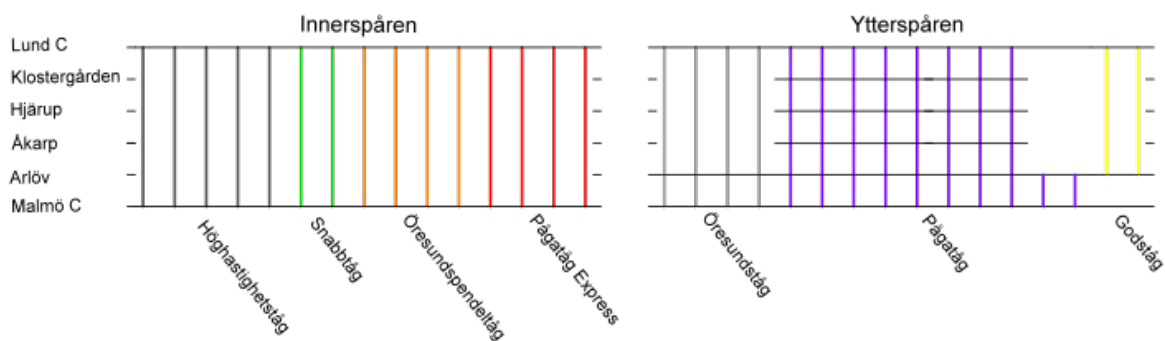
Trafikeringsupplägget är sammanfattat enligt figur 8–10 på nästa sida.



Figur 8 Trafikering på Södra stambanan mellan Lund och Hässleholm. Varje streck motsvarar ett tåg i timmen i vardera riktningen under högtrafik. De horisontella linjerna visar var tågen gör uppehåll.



Figur 9 Trafikering på höghastighetsbanan mellan Lund och Hässleholm. Varje streck motsvarar ett tåg i timmen i vardera riktningen under högtrafik.



Figur 10 Trafikfördelningen mellan Malmö och Lund på ytter- och innerspåren



### 4.3 Fordonstyper

#### Fjärrtåg

- SJ 3000 (X55): STH 250 km/h (uppgraderad sedan 2019)
- SJ höghastighetståg: STH 320 km/h

#### Regionaltåg

- Skånetrafikens Öresundståg 2,0: STH 250 km/h
- Skånetrafikens dubbeldäckade Öresundspendeltåg: STH 200 km/h

#### Pendeltåg

- Skånetrafikens Pågatåg X61: STH 160 km/h

#### Godståg

- Godståg RCX: STH 70–120 km/h

### 4.4 Headway

Headway avser tiden som ett tåg ockuperar tidtabellen på ett dubbelspår. Ett annat tåg kan inte köra på samma spår och riktning förrän tiden har passerat. Sammanfattat beskriver headway det teoretiska avståndet mellan två tåg i samma riktning på samma spår. Headway anges i minuter eller sekunder. Standardvärden för den teoretiska headway hittas i tabell 3.

Tabell 3 Standardvärden för headway

<b>Tågtyp</b>	<b>Hastighet [km/h]</b>	<b>T<sub>tåg</sub> [min]</b>
Persontåg	0-130	3
Persontåg	130 – 160	4
Persontåg	Över 160	5
Godståg	70 – 160	5
Malmtåg	50 - 70	5

Headway beror på banans och tågets topphastighet, bromsförmåga och blockavstånd. Vid tätare block, lägre topphastighet och bra bromsförmåga kan minsta möjliga headway sänkas. Detta konstateras av kapacitetsforskaren Anders Lindfeldt på KTH i rapporten “Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige” (Nelldal, 2009)

Trafikverket har därutöver applicerat mer specifika headway-värden på dubbelspår där den tillgängliga kapaciteten är bättre än standardvärdena.

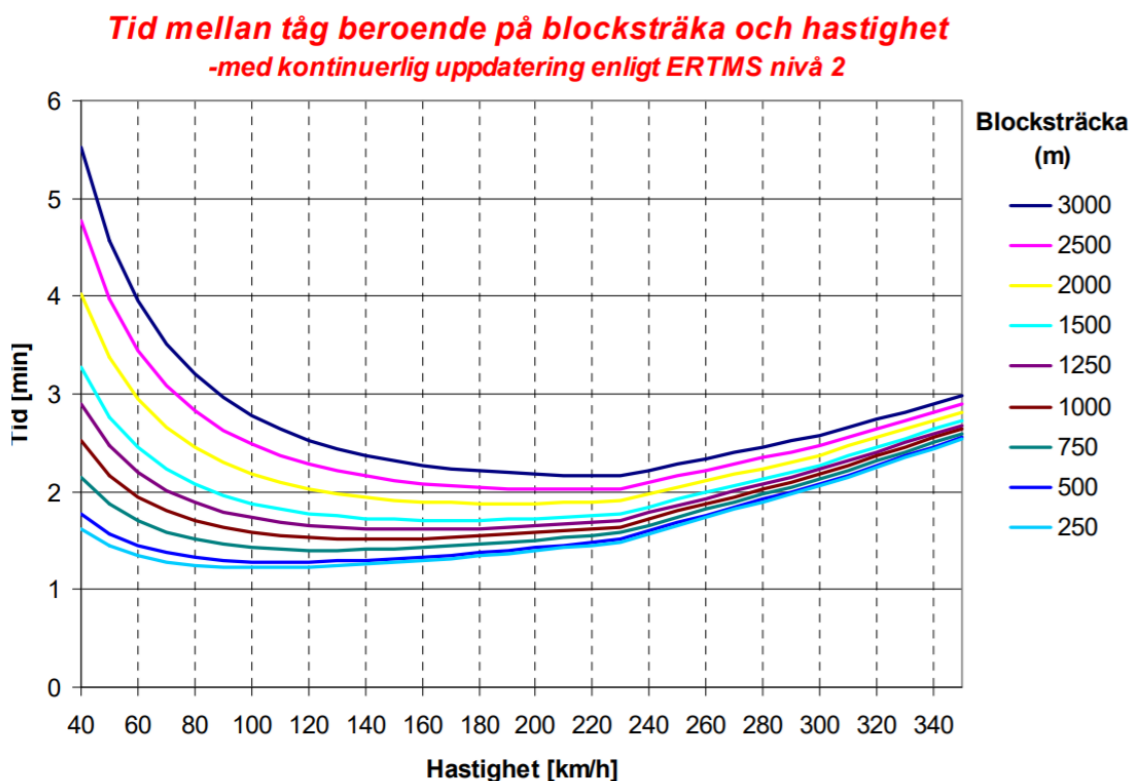
Dessa avvikande värden hittas i Trafikverkets årligt uppdaterade dokument “Riktlinjer, täthet mellan tåg”. (Trafikverket, 2019)

Dokumentet hänvisar att det är möjligt att köra med 3 minuters mellanrum på Södra stambanan mellan Lund och Malmö. Medan sträckan (Åby)-Hässleholm-Lund är det möjligt att köra som tätast med 4 minuters mellanrum. Skillnaden på minsta möjliga teoretiska headway är till största orsak att blocken är placerade tätare mellan Malmö-Lund, som beskrivs i del 3.1.

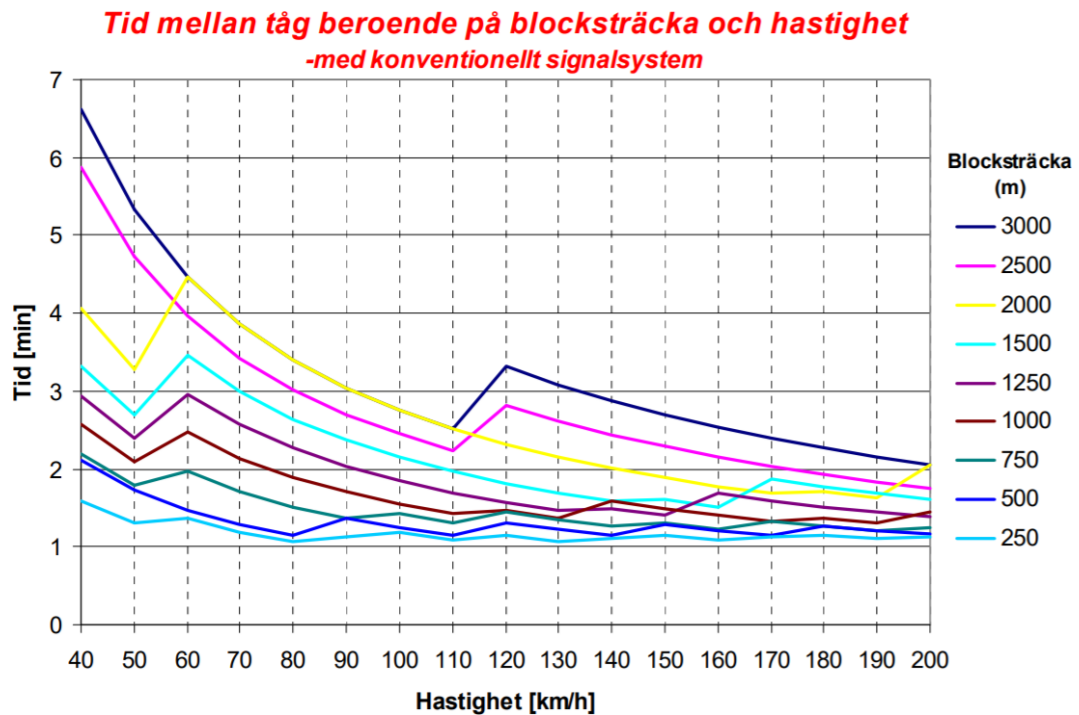
## 4.5 ERTMS

I samband med ERTMS utbyggnaden av Södra stambanan under 2020-talet kommer blockavstånden att förkortas på hela sträckan. (Trafikverket, 2017)

Anders Lindfeldt, Olov Lindfeldt och Lennart Nelldal konstaterar att minsta möjliga headway förkortas med ERTMS nivå 2 jämfört med dagens ATC-system. Därefter blir det möjligt att sänka minsta möjliga teoretiska headway för tåg som annars skulle utnyttjat en högre headway.



Figur 11 Minsta möjliga teoretiska headway (Y-axeln) beroende på hastighet (X-axeln) och blockavstånd med ERTMS nivå 2. (Nelldal, 2009)



Figur 12 Minsta möjliga teoretiska Headway (Y-axeln) beroende på hastighet (X-axeln) och blockavstånd med ATC. (Nelldal, 2009)

Med minsta möjliga teoretiska headway menas det minsta trafikeringsbara avståndet. Detta skulle ge signaleringsbeskeden: “Kör 80, vänta stopp”, vilket gör att lokföraren måste bromsa innan nästa block och som hindrar att trafiken flyter. För att trafikeringen ska flyta måste fler än ett block vara ledigt mellan tågen (Casanueva, 2017). Därför kommer headway att bli något längre än det Nelldal, Lindfeldt & Lindfeldt hänvisar. Genom att lägga till några sekunder på minsta möjliga headway ges signaleringsbeskedet som önskas, d.v.s. “Kör 80, vänta kör 80”. Signaleringsbeskedet kan hittas i tabell 1.

# Linjeblock



Figur 13 Linjeblockering för att trafikering skall ske med flyt med ytterligare ett block som buffert. (Assarsson, 2017)

För att signaleringsbeskedet skall vara “kör 80, vänta kör 80” krävs det att tågen i praktiken är minst 1600 m mellan varandra (helst 2400 m med ytterligare ett block som fungerar som en buffert) mitt ute på linjen då blocksträckorna är 800 m långa. Figur 13 illustrerar en situation där tåget passerat blocksignal fyra och därmed ockuperar block, nummer fem. Ett annat tåg kan då befinna sig innan block nummer ett eller mellan block ett och två för att trafiken kontinuerligt skall ge signaleringsbeskedet “kör 80, vänta kör 80”.

Ett exempel på vinsterna med ERTMS är idag på sträckan Eslöv-Höör där det längsta blocket är cirka 2800 m. Ett passagerartåg antas trafikera i 180 km/h. Ifall blockavståndet avrundas till 3000 m och hastigheten är 180 km/h är minsta möjliga headway med ATC cirka 2,5 min eller 150 s.

Med samma hastighet med ERTMS och block som är i snitt 800 m långa som avrundas till 750 m ges minsta möjliga headway 1,5 min eller 90 s. Skillnaden på de två signalsystemen är då cirka 60 s vilket motsvarar 1,67% mindre Kapacitetsutnyttjande per tåg.

Den nya teoretiska headway med ERTMS och kortare blocksträckor kan användas för att köra tågen tätare eftersom tågen kräver mindre utrymme i

tidtabellen. Alternativt kan den användas för att skapa en buffert i tidtabellen för att trafikeringen ska ske med flyt som beskrivs i tidigare stycke.

I rapporten kommer den nya teoretiska headway med ERTMS och kortare blocksträckor användas för att köra tåg tätare (minskad headway) och för att skapa flyt i trafiken genom att ge liknande signaleringsbesked som beskrivs i figur 13.

#### 4.5.1 Lund-Hässleholm

På sträckan Lund-Hässleholm (A, B och C) kan minsta möjliga praktiska headway sänkas från dagens fyra minuter, tack vare nya tillkommande block. Antagna värden hittas i tabell 3.

Tabell 4 Headway Lund-Hässleholm med olika trafikupplägg/tågtyper

headway (min)	Persontåg med uppehåll Eslöv och/eller Höör	Persontåg med uppehåll på samtliga stationer	Godståg
Hässleholm-Höör (A)	3	3,5	4
Höör-Eslöv (B)	3	3,5	4
Eslöv-Lund (C)	3	3,5	4

Headway på delsträckorna A, B och C är detsamma för alla tågtyp varianter. För godståg antas headway till 4 minuter på grund av godstågs dåliga acceleration- och bromsförmåga. Persontåg med få uppehåll (Eslöv och Höör) antas en headway på 3 minuter eftersom de tar minst plats i tidtabellen och blockerar därmed inte lika mycket för bakomvarande tåg. Persontåg med uppehåll på samtliga mellanstationer har en antagen headway på 3,5 minuter eftersom inte alla stationer har förbigångsmöjligheter vilket kräver mer plats för tåget att bromsa, göra uppehåll och sedan accelerera upp till linjehastigheten.

## 4.5.2 Malmö-Lund

Tabell 5 Headway Malmö-Lund för olika trafikupplägg/tågtyper

Headway (min)	Persontåg utan uppehåll	Persontåg med uppehåll på samtliga stationer	Godståg
Lund-Klostergården (D)	2	2	3
Klostergården-Arlöv (E)	3	3,5	4
Arlöv-Malmö (F)	3	3	N/A*

På delsträckan D (Lund-Klostergården) förutsätts den nya headway bli 2 minuter för alla passagerartåg och 3 minuter för godståg, en extra minut ges på grund av den långsamma accelerationsförmågan av godståg. Anledningen till att headway blir så pass låg är tack vare den låga STH:n på 60 km/h samtidigt som sträckan består av två block. (Trafikverket, 2019)

Antagandet på headway på delsträcka D är taget från ett praktiskt fall där samma headway används idag. Mellan Stockholm C och Stockholms Södra, mer känt som Getingmidjan används 2 minuters headway. Anledningen till att den är så låg är för att:

- Inget tåg gör uppehåll på sträckan
- Sträckan är uppdelad i flertal block (250 m långa)
- STH är endast 80 km/h

Eftersom Getingmidjan och Armaturkurvan har många likheter har samma headway antagits för Armaturkurvan.

På delsträckan E är headway 3 minuter för de tåg som inte gör något uppehåll, medan den är 3,5 minuter för de tåg som gör uppehåll. Anledningen till att headway blir högre för de tåg som gör uppehåll är på grund av att inga förbigångsspår finns på någon av de mellanliggande stationerna. Ifall ett tåg gör uppehåll (Pågatågen), kan inte bakomvarande Pågatåg eller godståg varken stanna på samma station eller köra förbi. Därför krävs mer plats i tidtabellen och därmed höjs headway, i detta fall med 30 s.

På delsträckan F är headway 3 minuter för alla tågtyper. Det beror på en mycket homogen trafikering och STH begränsningen mellan 80–130 km/h.

\*Därutöver finns numera inga godståg eftersom de kör på ett eget dedikerat spår efter överlappningen till högertrafik i Arlov.

Samtliga antaganden är delvis baserade på en diskussion med kapacitetsanalytiker Magnus Backman på Trafikverket. Backman menar att trafikupplägget i form av uppehåll väger tyngre än topphastigheten med avseende på headway vid tätt trafikerade sträckor (vilken omfattar Malmö-Lund såväl som Lund-Hässleholm).

De antagna värdena är också baserade på den teoretiskt minsta möjliga headway som Nelldal, Lindfeldt & Lindfeldt presenterar i rapporten "Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige, Delrapport 1" som kan ses i figur 11.

## 5 Metod

### 5.1 Beräkningsmodell

I samtliga beräkningar har trafikverkets beräkningsmodell för dubbelspår används. Formeln avser det teoretiska kapacitetsutnyttjandet av en bestämd delsträcka som är beroende på; hur många tåg som trafikerar i båda riktningarna; hur mycket plats i tidtabellen vardera tåg ockuperar; ifall korsande tågvägar uppstår och tidstillägg för heterogen trafikering. (Trafikverket, 2016)

$$T_{bel} = \sum_{k=1}^{k=n} ( T_{tåg} + T_{konf} )_k + \sum_{j=1}^{j=m} ( T_{kors} )$$

Figur 14 Trafikverkets kapacitetsformel

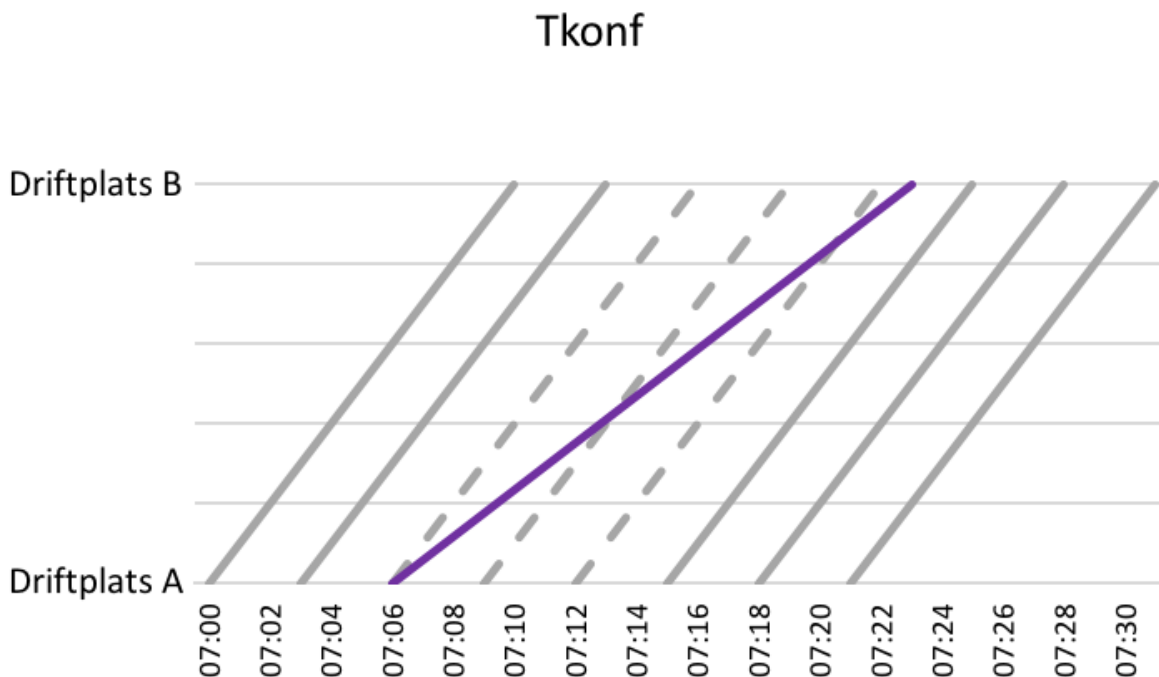
Med formeln beräknas den belagda tiden  $T_{bel}$  som tågen ockuperar på en vald delsträcka.  $T_{bel}$  kan därefter divideras med antalet sekunder, minuter, timmar eller dygn som kapaciteten är studerad under för att ta reda på kapacitetsutnyttjandet i procent. I denna rapport kommer  $T_{bel}$  divideras med 3600 eftersom kapacitetsutnyttjandet sökes under en timme samt att  $T_{bel}$  beräknas i sekunder.

$T_{tåg}$  avser tiden som ett tåg ockuperar tidtabellen på ett dubbelspår. Ett annat tåg kan inte köra på samma spår och riktning förrän tiden har passerat. Detta fenomen förklaras enligt järnvägstermer för headway och beskriver sammanfattat avståndet mellan två tåg på ett dubbelspår som kör i samma riktning och bestäms med tidsenheter. Antagna värden hittas i tabell 4 och 5.

$T_{konf}$  eller  $T_{konflikt}$  motsvarar tidsbestraffningen för heterogen trafikering i form av att flertal tåg kör på samma spår med olika topphastigheter och/eller olika trafikupplägg i följd efter varandra.  $T_{konf}$  beräknas genom differensen mellan medelgångtiden av samtliga tåg och den specifika tågtypens gångtid på den studerade delsträckan.  $T_{konf}$  är alltid ett absolutbelopp och kan därför aldrig vara negativt.

Konsekvensen av ett trafikupplägg med stora hastighetsskillnader mellan tågen är att  $T_{konf}$  blir stort. När  $T_{konf}$  är stort innebär det att tåglägen går förlorade, vilket illustreras i figur 15.

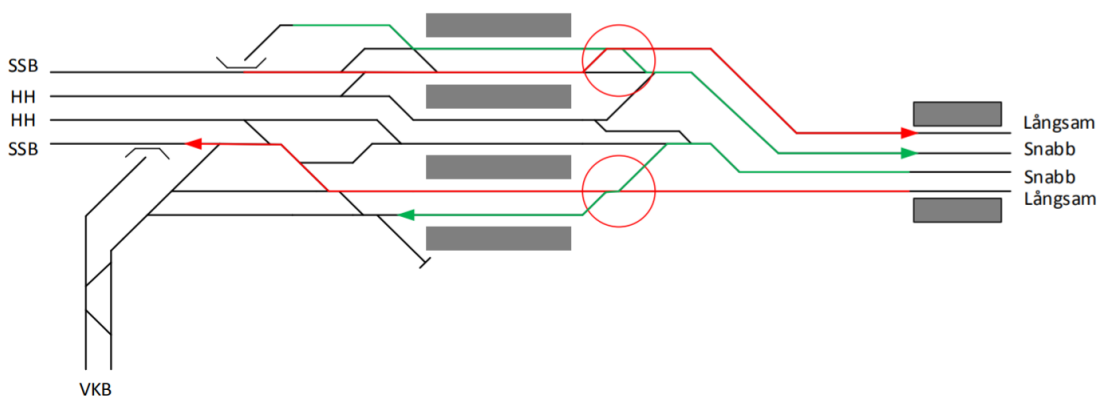




Figur 15 visar konsekvenserna av höga  $T_{konf}$ -värden som resulterar i förlorade tåglägen från Malmö till Lund. De tåg vars tåglägen gått förlorade illustreras som gråstreckade linjer som ersätts av det långsammare lila tåget.

Vid en total homogen trafikering finns ingen  $T_{konf}$  eftersom alla tåg har samma gångtid.

$T_{kors}$  är en tidsbestraffning på grund av korsande tågvägar. Korsande tågvägar innebär att två tåg kommer i konflikt med varandra baserat på vart de behöver åka. Korsande tågvägar illustreras med röda ringar i figur 16.



Figur 16 Lund C i samband med att fyrspåret Malmö-Lund är färdigt samt Lund-Hässleholm höghastighetsbanan. Källa: Trafikverket, Sträckorna in mot de större städerna, 2017

I södergående riktning sker korsande tågvägar då ett snabbare tåg kommer från Västkustbanan (VKB) samtidigt som ett långsamtgående tåg kommer från Södra stambanan (SSB). Det snabbare regionaltåget/snabbtåget från Västkustbanan ankommer till Lund på spår 1 (överst på figur 16) och vill

därefter köra vidare mot Malmö på spår 2 eftersom innerspårerna är anpassade för de snabbare tågen. Denna tågväg illustreras i figur 16 med grön linje.

Det långsammare pendeltåget/godståget kommer från Södra stambanan och ankommer till spår 2 och vill därefter köra till spår 1 söder om Lund för att nå ytterspårerna där plattformarna är lokaliserade på sträckan Malmö-Lund för att göra uppehåll. Denna tågväg illustreras i figur 16 med röd linje. Dessa två tågvägar är då omöjligt att ställa samtidigt eftersom de korsar varandra, vilket i järnvägstermer kallas för en korsande tågväg.

Tidstillägget för korsande tågvägar  $T_{kors}$  är enligt Trafikverket 4 minuter (240 s). I rapporten görs ett antagande där korsande tågvägar som berör tåg i motriktad trafik är 4 minuter (240 s) medan korsande tågvägar på fyrspar där tågvägen berör trafik i samma riktning ges bestraffningstiden 2 minuter (120 s).

## 5.2 Attraktivt trafikupplägg

Provisoriska grafiska tidtabeller kommer bli analyserade för att bland annat bedöma ifall trafikupplägget är attraktivt med avseende på hur lång tid man kan få vänta vid plattformen. Vidare kommer återställningsförmågan och eventuella sårbara punkter analyseras.

Metodiken bakom de grafiska tidtabellerna är att justera tågen utifrån det mest önskvärda trafikupplägget och därefter bestämma ifall det är tillåtet eller inte. Formeln för beräkning görs genom:

1. Identifiera längsta möjliga (avvikande) väntetid ( $T_v$ ) för passagerarna att åka med ett tåg till närmaste regionala station. Detta värde bestäms genom att beräkna skillnaden i tiden mellan två avgångar för alla avgångar som görs under den studerade timmen.
2. Bestäm bästa möjliga trafikupplägg ( $T_b$ ) som görs med jämna mellanrum under en och samma timme. Bästa möjliga trafikupplägg bestäms då utifrån hur många tåg ( $n$ ) som körs under timmen. En timme, 60 minuter, bör sedan divideras med antalet tåg ( $n$ ).
3. Bestäm ifall avgångarna görs inom gränsen för maximala väntande marginaltid ( $T_m$ ).

Exempel:

Från station A till station B körs fyra tåg i timmen under rusningstid. Dessa avgår på minuterna: 15-30-50-55-(15). Parentesen avser där trafikmönstret upprepar sig.

Utifrån denna information kan ( $T_b$ ) bestämmas genom att ( $n$ ) är känt.  $T_b$  är därför  $T_b: 60/n = 15$  min, där  $n = 4$ . Därutöver så är väntetiden för avgångarna: 15-20-5-(20) minuter. Den största avvikande väntetiden ( $T_v$ ) är 20 minuter. Tidsmarginalen för väntetid ( $T_m$ ) är ansatt till 5 minuter.

Beräkningen blir därför:

$(T_b + T_m) - T_v = \rightarrow >0 =$  tillåtet,  $<0 =$  Otillåtet och  $0$  tillåtet med ingen marginal.

I detta fall blir det:

$(15 + 5) - 20 = 0$  vilket är tillåtet eftersom värdet är positivt, marginalen är därutöver 0 minuter, d.v.s. nära otillåtet.

$T_m$  kommer att vara ansatt till 5 minuter i samtliga beräkningar.

### 5.3 Applicering

Genom Trafikverkets kapacitetsformel kan det teoretiska kapacitetsutnyttjandet beräknas och därefter klassificeras enligt de konsekvenser som beskrivs i del 2.3.

I rapporten kommer kapaciteten att beräknas utifrån trafikupplägget under en timme under rusningstid. Beräkningarna berättar kapacitetsutnyttjandet av ett dubbelspår där trafikering sker i båda riktningarna. Vid fyrspår definieras ytter-spår som (y) och innerspår som (i). Därav har sex intressanta delsträckor identifierats och beskrivs i nio uträkningar (tre av delsträckorna är fyrspåriga).

Delsträcka A: Hässleholm-Höör

Delsträcka B: Höör-Eslöv

Delsträcka C: Eslöv-Lund

Delsträcka D(i): Lund-Klostergården

Delsträcka D(y): Lund-Klostergården

Delsträcka E(i): Klostergården-Arlöv

Delsträcka E(y): Klostergården-Arlöv

Delsträcka F(i): Arlöv-Malmö\*

Delsträcka F(y): Arlöv-Malmö\*

\*Vid överlappningen från vänster till högertrafik i Arlöv definieras fortfarande spåren som ytter- respektive innerspår baserat på vart tågen körde mellan Lund och Arlöv.

Vidare studeras grafiska tidtabeller på delsträckor med lägre än 100% KU i del 7.

## 6 Resultat

### 6.1 Kapacitetsutnyttjande (KU)

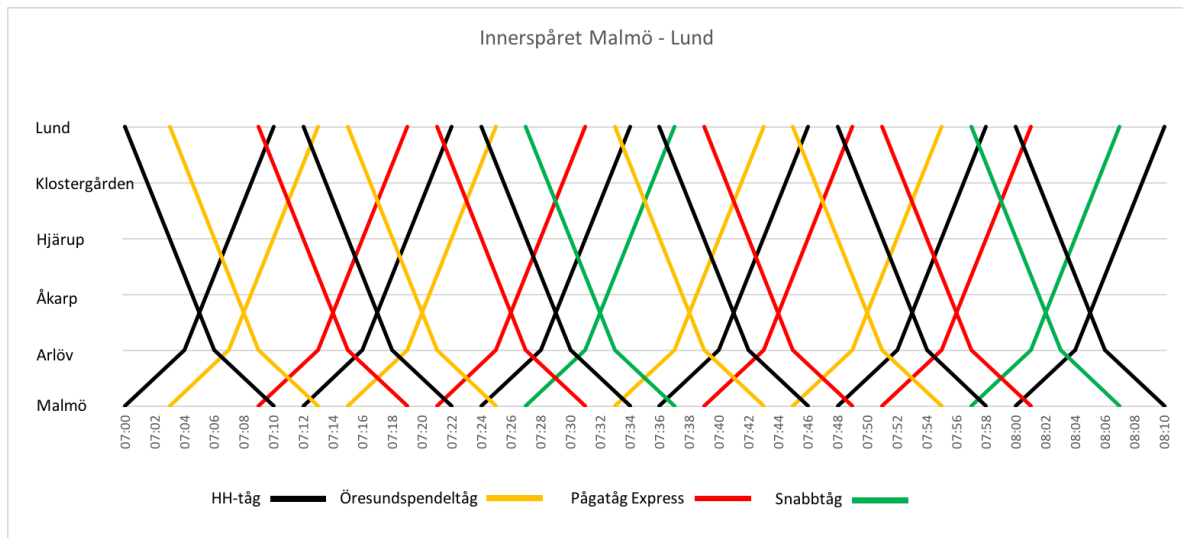
I tabell 6 presenteras kapacitetsutnyttjandet på samtliga studerade delsträckor mellan Malmö och Hässleholm. Beräknade med Trafikverkets kapacitetsformel för dubbelspår, med antagen trafikering för år 2035.

Tabell 4 Kapacitetsutnyttjandet på samtliga nio delsträckor.

Delsträcka	Delsträcka	Kapacitetsutnyttjande (KU)
A	Hässleholm-Höör	53 %
B	Höör-Eslöv	73 %
C	Eslöv-Lund	97 %
D(i)	Lund-Klostergården	70 %
D(y)	Lund-Klostergården	88 %
E(i)	Klostergården-Arlöv	75 %
E(y)	Klostergården-Arlöv	110 %
F(i)	Arlöv-Malmö	88 %
F(y)	Arlöv-Malmö	80 %

## 7 Tidtabellsanalys

### 7.1 Malmö – Lund, innerspår



Figur 17 Provisorisk grafisk tidtabell på innerspåret Malmö-Lund

Figur 17 visar hur en tidtabell skulle kunna se ut på innerspåret mellan Malmö och Lund. På innerspåret är det banans STH som begränsar tågens hastighet eftersom den bara tillåter hastigheter upp till 200 km/h (250 km/h). Tågen på det här spåret gör inga uppehåll mellan Malmö och Lund och tillåter därmed en tätare headway till 3 minuter. Alla tåg har samma gångtider vilket bidrar till en mycket homogen trafik och därmed ett kapacitetsstarkt system.

Därutöver finns lediga tåglägen vilket bidrar till en god återställningsförmåga vid förseningar. I situationen där ett tåg är försenat och missar sitt tågläge behöver det inte innebära att alla tåg inom samma timme drabbas av följdförseningar. De tomma tåglägena är i norr- och södergående riktning finns vid minuterna: 06-18-30-42-54-(06). Samtliga återställande tåglägen är placerade var 12:e minut. Mellan dessa 12 minuter är det antingen två eller tre ockuperade tåglägen. Detta resulterar i att det är som maximalt tre tåg som berörs av en mindre försening.

Höghastighetstågen har valts som den dominerande tågtypen och har därför sina avgångar jämnt fördelade på timmen. Eftersom det är fem avgångar per timme körs dem med minuterna: 00-12-24-36-48-(00). Parentesen avser där trafikmönstret upprepar sig.

Därefter har Öresundspendeltåg prioriterats och är uppdelade i två grenar. Den ena grenen fortsätter på Väst kustbanan mot Helsingborg och den andra på Södra Stambanan mot Hässleholm. Med fyra avgångar i timmen är avgångsminuterna: 03-15-33-45-(03). Notera hur vartannat tåg avgår med 30

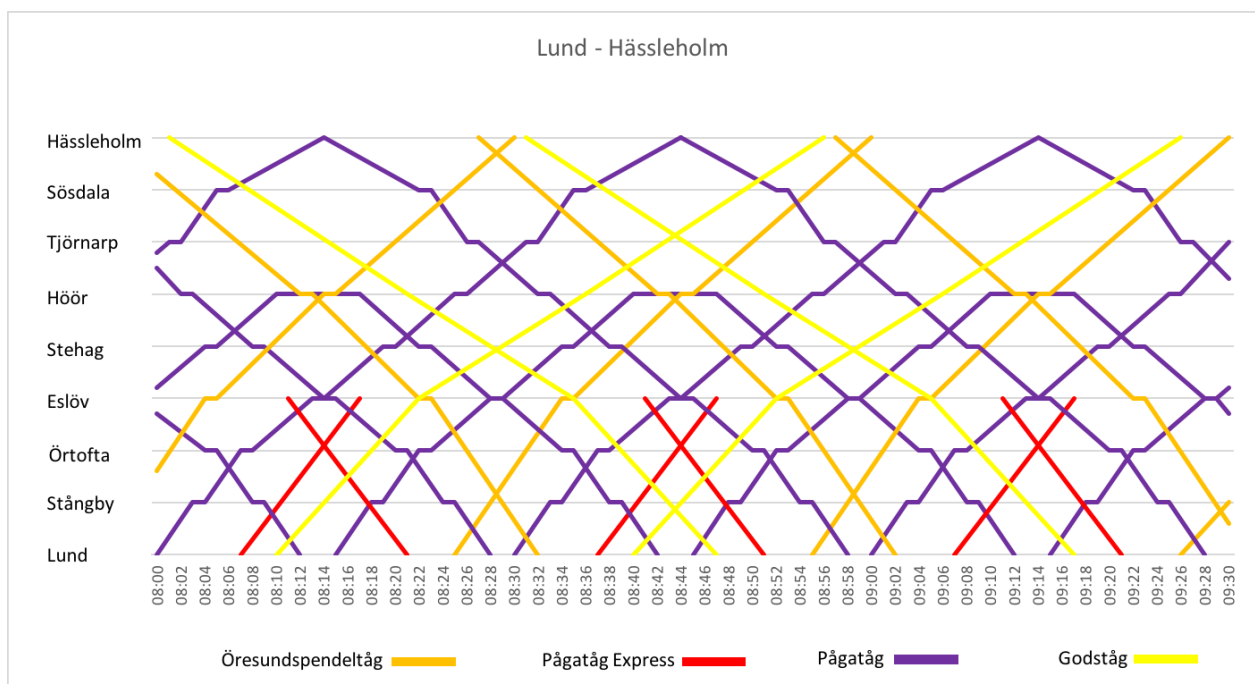
minuters mellanrum. Detta har gett en mycket bra spridning på trafiken och ett attraktivt trafikupplägg där tågen förgrenas mot SSB och VKB.

Pågatåg Express har också ett jämnt fördelat trafikupplägg där avgångarna görs på minuterna: 09-21-39-51-(09). Pågatåg Express förgrenas likt Öresundspendeltågen, jämnt mellan Södra Stambanan och Väst kustbanan. Grenen till Södra stambanan går via Eslöv till Teckomatorp medans Väst kustbanans går via Kävlinge till Teckomatorp.

Snabbtågen körs två gånger i timmen och är jämnt fördelade och skapar ett attraktivt trafikupplägg. Avgångarna görs på minuterna: 27-57-(27). Största avvikelserna på avgångarna på innerspåret är sex minuter.

För Skånetrafikens del avgår tågen på avgångsminuterna: 03-09-15-21-33-39-45-51-(03) vilket ger väntetiden: 6-6-6-12-6-6-6-(12) där den största avvikelserna väntetiden är 12 minuter. Totalt utgör Skånetrafiken åtta tåg, vilket ger det önskvärda scenariot med 7,5 minuters väntetid ( $60 / 8 = 7,5$ ). Den största avvikelserna väntetiden är innanför den satta maxgränsen på +5 min, dock endast med 0,5 minuters marginal.

## 7.2 Lund-Hässleholm



Figur 18 Provisorisk grafisk tidtabell Lund-Hässleholm på Södra stambanan (1) (SSB)

Figur 18 visar hur tidtabellen kan se ut mellan Lund-Hässleholm. På grund av kappkörningseffekten kan inte fullt så många tåglägen erbjudas som mellan Malmö-Lunds innerspår. Däremot utgör kappkörningseffekten inte några konsekvenser för restiden eller det önskade trafikupplägget.

Den dominerande tågtypen är Pågatågen med slutstation Kristianstad eller Höör. Dessa har därför blivit jämnt fördelade under timmen med avgångar på minuterna: 00-15-30-45-(00). Detta ger ett mycket attraktivt trafikupplägg upp till Höör eftersom spridningen görs med jämnt mellanrum. Därutöver kör vartannat tåg vidare från Höör till Hässleholm vilket skapar halvtimmestrafik på den delsträckan med Pågatåg med jämn fördelning.

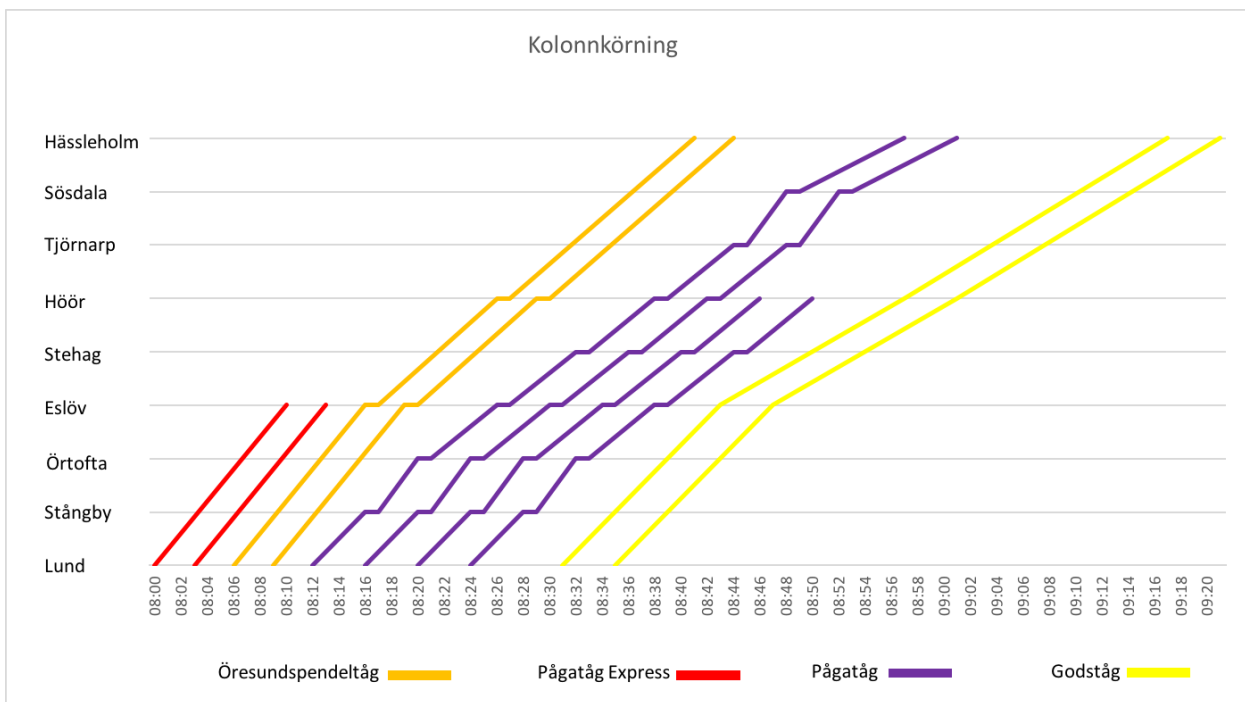
Öresundspendeltågen körs därefter i halvtimmestrafik mellan Lund och Hässleholm med 30 minuters spridning på avgångsminuterna: 25-55-(25). Pågatåget Express kör direkt från Lund till Eslöv utan uppehåll och avgår på minuterna: 07-37 vilket ger ett jämnt mellanrum på 30 minuter.

Mellan Lund och Eslöv kompletterar Öresundspendeltågen, Pågatåg Express och Pågatågen varandra med avgångsminuterna: 00-07-15-25-30-37-45-55-(00). Väntetiden mellan tågen blir då: 7-8-10-5-7-8-10-(5) där den största avvikelserna för väntetid är 10 minuter. I det mest önskvärda scenariot är väntetiden 7,5 minuter ( $60 / 8 = 7,5$ ). Den största avvikande väntetiden är tillåten med den satta gränsen på +5 min väntetid. Detta görs med  $7,5+5 = 12,5 \rightarrow 12,5 - 10 = 2,5$  minuters marginal.

På sträckan Eslöv-Höör kompletterar Öresundspendeltågen och Pågatågen varandra på avgångstiderna: 05-14-29-35-44-59-(05). Väntetiden är då: 9-15-6-9-15-6-(9) där den största avvikelserna är 15 minuter. I den mest önskvärda situationen är väntetiden 10 minuter ( $60 / 6 = 10$ ).  $10+5 = 15 \rightarrow 15-15 = 0$  minuters marginal, d.v.s. tillåten för ett attraktivt trafikupplägg.

Mellan Höör och Hässleholm kompletterar Öresundspendeltågen och Pågatågen varandra väl då avgångarna görs på minuterna: 15-25-45-55-(15). Väntetiden mellan tågen är då: 10-20-10-(20) där den största avvikelserna för väntetid är 20 minuter. Det mest attraktiva trafikupplägget ger en jämn väntetid på 15 min ( $60 / 4 = 15$ ).  $15+5 = 20 \rightarrow 20-20 = 0$  minuters marginal, d.v.s. tillåten för ett attraktivt trafikupplägg.

Samtliga värden har utgått från trafikering i norrgående riktning. Den provisoriska tidtabellen i södergående riktning är spegelvänd och har därför samma spridning på trafiken som i norrgående riktning och klarar därmed kraven för ett attraktivt trafikupplägg.



Figur 19 Provisorisk tidtabell mellan Lund och Hässleholm på Södra stambanan (2)

Denna alternativa tidtabell visar hur trafiken kan fördelas annorlunda för att kapacitetsutnyttjandet blir lägre. Genom att köra vardera tågtyp efter varandra, som kan ses i figur 19, blir *Tkonf* betydligt lägre än tidigare. Trafikupplägget kallas för kolonnkörning enligt Trafikverket.

Mellan Eslöv och Lund blir det nya kapacitetsutnyttjandet 75%. I det tidigare trafikupplägget med totalt blandad trafik är kapacitetsutnyttjandet 97%. Skillnaden på trafikupplägget ger en minskning av kapacitetsutnyttjande på 22 procentenheter. Skillnaden på de olika trafikuppläggen är att *Tkonf* blir betydligt lägre med kolonnkörning än vid blandad trafik, därav ockuperas mindre plats i tidtabellen.

Avgångarna för persontågen mellan Lund och Eslöv görs på minuterna: 00-03-06-09-12-16-20-24-(00) vilket ger väntetiden: 3-3-3-3-4-4-4-(36) där största avvikande väntetid är 36 minuter. För ett attraktivt trafikupplägg med åtta tåg i timmen skall väntetiden vara 7,5 minuter ( $60/8 = 7,5$  min). Med fem minuters marginal ger detta uträkningen:  $(7,5 + 5 = 12,5) \rightarrow 12,5 - 36 = -23,5$ , d.v.s. inte tillåtet för en attraktiv trafikering

Slutsatsen för trafiken mellan Lund och Hässleholm är att kapacitetsutnyttjandet kan minskas genom att köra tågen i en annorlunda ordning. Det görs dock på bekostnad av ett attraktivt trafikupplägg. Därmed står ett attraktivt trafikupplägg och kapacitetsutnyttjandet (KU) i direkt konflikt med varandra.



## 8 Kapacitetsanalys och åtgärder

I följande kapitel analyseras kapacitetsutnyttjandet på samtliga delsträckor och åtgärder rekommenderas i dess generella ekonomiska ordning som kan hittas i del 2.3. Alla värden är baserade på trafikupplägget i rusningstid och omfattar tågen i båda riktningarna.

### 8.1 A, Hässleholm-Höör

På delsträcka A, Hässleholm-Höör kommer inga åtgärder att rekommenderas på grund av det låga kapacitetsutnyttjandet (53 %), d.v.s. grön nivå.

Trafikeringen har inga större konsekvenser på kapacitetsutnyttjandet. Lindriga förseningar kan undvikas med förbigångsspår som redan finns idag i Vätteryd på delsträckan.

### 8.2 B, Höör-Eslöv

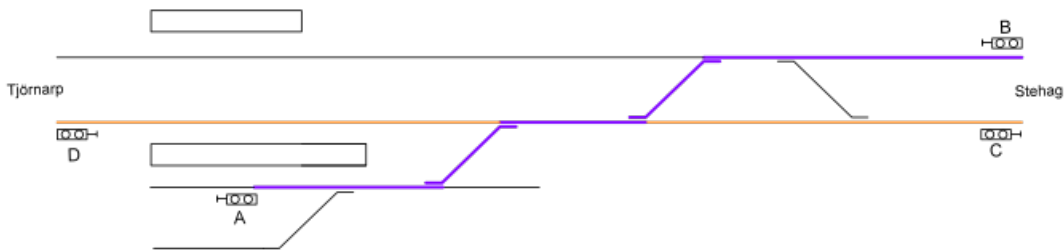
På delsträcka B, Höör-Eslöv rekommenderas åtgärder för att reducera kapacitetsutnyttjandet från gul till grön nivå.

Tabell 5 Kapacitetsanalys på delsträcka B

Delsträcka B		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel	KU
JA	Tbel i s	1680	480	480	2640	73%
	Tbel i %	64%	18%	18%	100%	
Alternativ 1	Tbel i s	1680	480	0	2160	60%
	Tbel i %	79%	21%	0%	100%	13%enheter
Alternativ 2	Tbel i s	1560	480	480	2520	70%
	Tbel i %	62%	19%	19%	100%	3%enheter
Alternativ 3	Tbel i s	1560	480	0	2040	57%
	Tbel i %	76%	24%	0%	100%	16%enheter

*Alternativ 1* avser att bygga bort den korsande tågvägen för Pågatåg som vänder i Höör. Tågvägen som det gäller är den mellan mellansignal A och utfartsblocksignal B. Tågvägen är i direkt konflikt med trafiken i motsatta

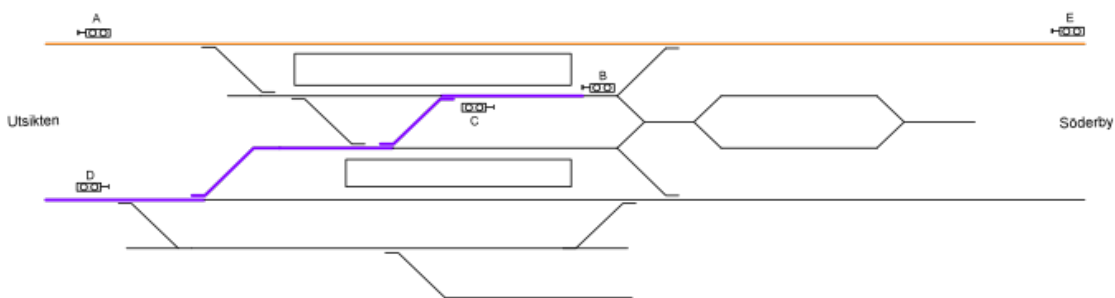
riktningen i tågvägen från infartssignal C till utfartsblocksignal D.



Figur 19 Korsande tågvägar i Höör

För att åtgärda de korsande tågvägarna bör Höörs driftplats byggas om och göras liknandes de som gjorts i Stockholm där vändspåret är belagt mitt i mellan upp- och nedspåret, se figur 20. Driftplats Tumba, på Nynäshamnbanan i Stockholm. I det fallet kan en tågväg ställas från mellansignal C till utfartsblocksignal D, samtidigt som en tågväg kan ställas från infartssignal A till utfartsblocksignal E.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 1* är 60%



Figur 20 Lösning på korsande tågväg i Årsta

*Alternativ 2* innebär att pendeltågsstationen i Stehag byggs ut med förbigångsspår. Det skulle möjliggöra saxade tågvägar för pendeltågen och/eller förbigångsmöjligheter för snabbare tåg som Öresundspendeltågen. Med utbyggda förbigångsspår vid pendeltågsstationerna kan headway sänkas för Pågatågen eftersom de inte utgör något hinder för bakomvarande tåg. Headway sänks därför från 3,5 minuter för Pågatåg till 3 minuter. *Ttåg* blir därför lägre som kan ses i figur 20.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 2* är 70 %.

*Alternativ 3* är en kombination av *alternativ 1* och *2* och omfattar båda åtgärderna.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 3* är 57% vilket är en reducering med 14 procentenheter i jämförelse med JA.

Eftersom målen eftersträvar att de sträckor med ett KU under 80% skall nå grön nivå är det endast *alternativ 1* och *3* som uppfyller kraven.

- Utifrån dessa alternativ kommer *alternativ 1* rekommenderas av ekonomiska skäl.

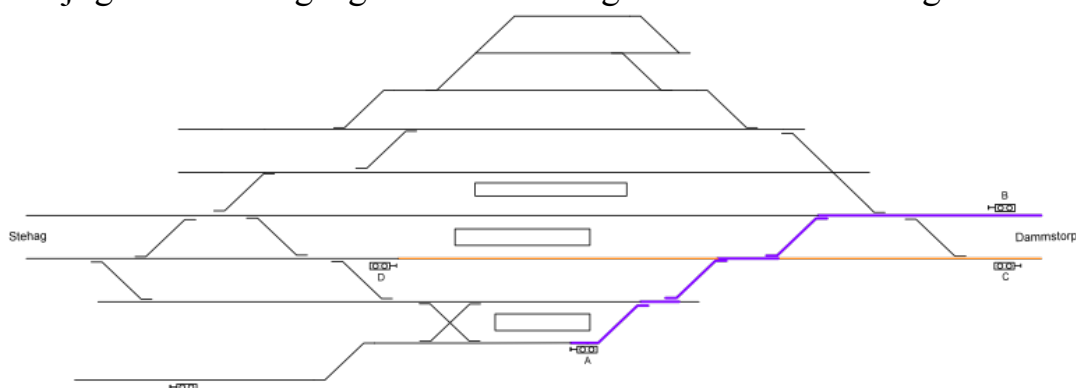
### 8.3 C, Eslöv-Lund

Mellan Lund och Eslöv (C) är kapacitetsutnyttjandet 97 % vilket överstiger 80% med 17 procentenheter i avseende för det rekommenderade maxutnyttjandet. Delsträckan analyseras vidare i de kategorier som ockuperar kapaciteten.

Tabell 6 Kapacitetsanalys på delsträcka C

Delsträcka C		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	2040	960	480	3480	97%
	Tbel i %	59%	28%	13%	100%	
Alternativ 1	Tbel i s	2040	960	0	3000	83%
	Tbel i %	68%	32%	0%	100%	14%enheter
Alternativ 2	Tbel i s	1920	960	480	3360	93%
	Tbel i %	57%	29%	14%	100%	3%enheter
Alternativ 3	Tbel i s	1920	960	0	2880	80%
	Tbel i %	67%	33%	0%	100%	17%enheter
Alternativ 4						33/42%

*Alternativ 1* avser att bygga bort den korsande tågvägen som uppstår mellan nedspåret och Marieholmsbanan, se figur 21. Den korsande tågvägen som ställs är den från mellansignal A till utfartsblocksignal B. Samtidigt blir det omöjligt att ställa tågvägen från infartssignalen C till mellansignal D.



Figur 21 Korsande tågvägar i Eslöv

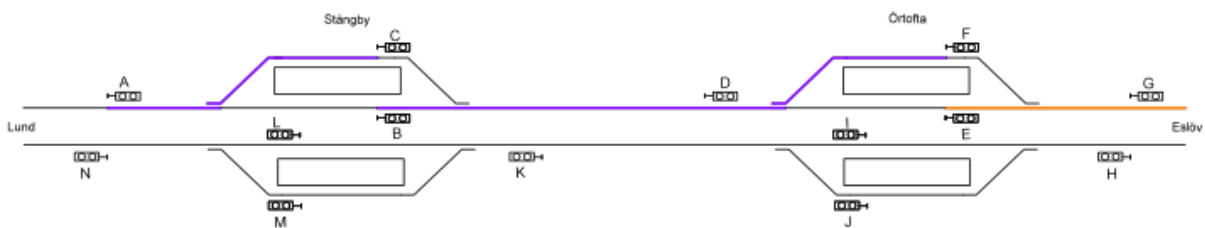
*Alternativ 1* innebär att tågvägen mellan mellansignal A till utfartsblocksignal B görs planskilt för att medge tåg i motsatt riktning att köra samtidigt. Den nya planskilda tågvägen kan ske med hjälp av en tunnel eller bro under spåret

som kopplas in med en ny växel vid mellansignal A och en ny växel som ansluter till nedspåret på linjen mot Dammstorp.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 1* blir 83%

*Alternativ 2* innebär att pendeltågsstationerna mellan Lund och Eslöv, d.v.s. Stångby och Örtofta byggs ut med förbigångsspår. Det skulle möjliggöra saxade tågvägar för pendeltågen och/eller förbigångsmöjligheter för snabbare tåg som Öresundspendeltågen eller Pågatåg Express. Med utbyggda förbigångsspår vid pendeltågsstationerna kan headway sänkas för Pågatågen eftersom de inte utför något hinder för bakomvarande tåg. Headway sänks därför från 3,5 minuter för Pågatåg till 3 minuter. Tåg blir därför lägre som kan ses i figur 22.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 2* är 93%.



Figur 22 Saxade tågvägar mellan Lund och Eslöv

*Alternativ 2* har fördelen att möjliggöra förbigångar i det fall störningar är aktuella. Återställningsmöjligheten blir då markant bättre och de snabbare tågen kan då också ta igen förseningsminuter utan att övrig trafik påverkas negativt i jämförelse med JA.

*Alternativ 3* är en kombination av *alternativ 1* och *2*. Genom att bygga både förbigångsspår i Stångby och Örtofta och planskildhet i Eslöv för tågen från Marieholmsbanan kan kapacitetsutnyttjandet sänkas med 17 procentenheter till 80% KU.

*Alternativ 4* innebär att dubbelspåret byggs ut till fyrspår och trafiken fördelas baserat på gångtider för att KU skall bli så lågt som möjligt. På det ena dubbelspåret trafikerar därför Pågatåg Express och Öresundspendeltåg. På det andra dubbelspåret trafikerar Pågatåg och godståg.

- Det nya KU med *alternativ 4* blir 33 respektive 42%.

Samtliga fyra alternativ sänker kapacitetsutnyttjandet (KU), däremot är det bara 4 som kommer under den satta gränsen på max 80% KU.

- *Alternativ 3* kommer att rekommenderas av ekonomiska skäl.

## 8.4 D, Lund-Klostergården, inner- och ytterspår

Delsträckorna Di och Dy (Lund-Klostergården) lider av samma problem. De korsande tågvägarna tar upp en stor mängd av kapaciteten.

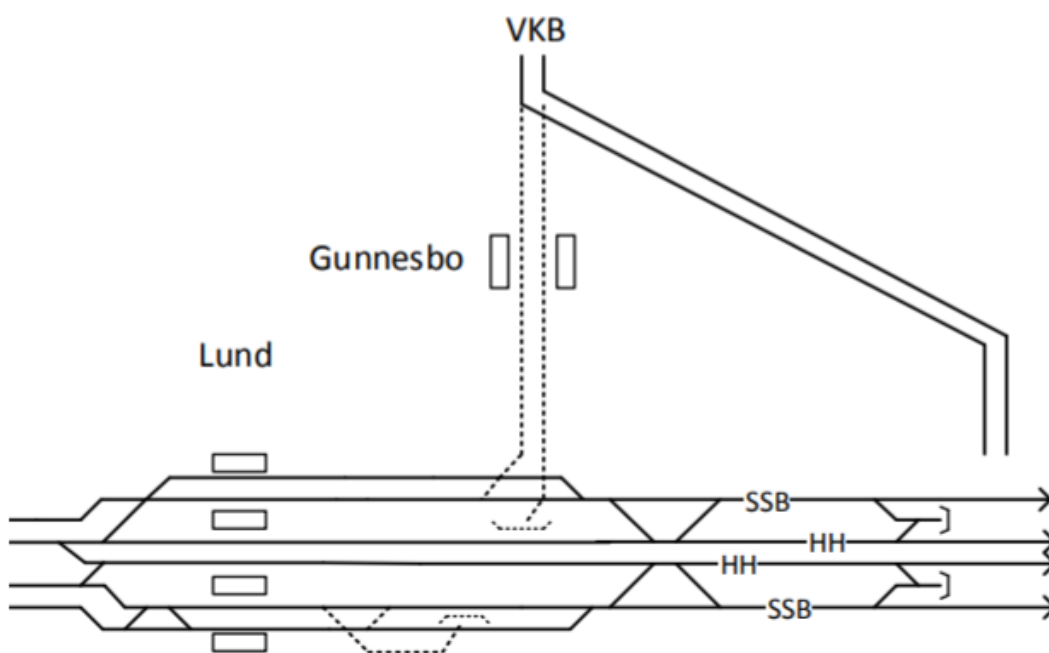
Tabell 7 Kapacitetsanalys på delsträcka Di

Delsträcka Di		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	1800	0	720	2520	70%
	Tbel i %	71%	0%	29%	100%	
Alternativ 1	Tbel i s	1800	0	0	1800	50%
	Tbel i %	100%	0%	0%	100%	20%enheter

Tabell 8 Kapacitetsanalys för delsträcka Dy

Delsträcka Dy		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	1800	411	960	3171	88%
	Tbel i %	57%	13%	30%	100%	
Alternativ 1	Tbel i s	1800	411	0	2211	61%
	Tbel i %	81%	19%	0%	100%	27%enheter

*Alternativ 1* för de båda tabellerna är detsamma. Lösningen är att bygga planskild in-och utfart till alla spår i Lund för att motverka de korsande tågvägarna. En sådan lösning har Trafikverket presenterat i rapporten "Sträckorna in mot de större städerna". Deras lösning är att bygga om Västkustbanan norr om Lund för att ansluta med Södra stambanan mellan Lund och Stångby. Idéskissen visas i översiktsritningen i figur 23.



Figur 23 Ny sträckning av Västkustbanan. Gamla banan via Gunnesbo rivs upp. (Trafikverket, 2017)

Den nya infarten av Västkustbanan innebär att tågen “sorterar sig” rätt innan de ankommer till Lund, vilket i sin tur leder till att kapacitetsutnyttjandet mellan Lund och Klostergården sjunker till värdena som kan ses i tabell 9 respektive 10. (Trafikverket, 2017)

Förutsättningarna för den nya sträckningen av Västkustbanan är att den korta sträckan mellan anslutningen till Södra Stambanan och perrongerna Lund görs med en låg hastighet och täta mellanblocks signaler, för att få plats med så många tåg som möjligt.

Nackdelar med alternativet Trafikverket har presenterat är att stationen i Gunnesbo måste rivas. Fördelarna är, förutom att kapacitetsutnyttjandet minskar, att plattformarna på Lund C kan förlängas. Det gör det möjligt för höghastighetståg att stanna på stationen i framtiden då TSD kräver att plattformarna är minst 400 m långa för höghastighetstrafik vilket Lunds perronger inte är idag (EU, 2008). Därutöver kan plattformarna förlängas vid de övriga fyra spåren för att eventuellt dela in respektive spårledning i två sektioner (signal sträckor), som möjliggör för två tåg stå på samma spår samtidigt. Det skulle öka kapaciteten inne på Lund C väsentligt.

- *Alternativ 1* rekommenderas för att sänka kapacitetsutnyttjandet på delsträcka Di samt Dy.

## 8.5 Ei, Klostergården-Arlöv innerspår

Tabell 9 Kapacitetsanalys av delsträcka Ei

Delsträcka Ei		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	2700	0	0	2700	75%
	Tbel i %	100%	0%	0%	100%	
Alternativ 1						40/35%

På ytterspåret mellan Klostergården och Arlöv finns inga åtgärder att tillföra förutom att bygga ut spåren från två till fyra. Det finns ingen *Tkonf* eller *Tkors* samt att headway redan är tre minuter för varje tågtyp.

*Alternativ 1* avser därför att bygga ut innerspåret till fyra spår. De 15 tåg/h som trafikerar sträckan fördelas med åtta tåg respektive sju tåg på vardera dubbelspår.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *Alternativ 1* blir 40% respektive 35%.

## 8.6 Ey, Klostergården-Arlöv ytterspår

Tabell 10 Kapacitetsanalys av delsträcka Ey

Delsträcka Ey		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	2880	1097	0	3977	110%
	Tbel i %	72%	28%	0%	100%	
Alternativ 1	Tbel i s	2640	1097	0	3737	104%
	Tbel i %	71%	29%	0%	100%	6%enheter
Alternativ 2						40/38%

*Alternativ 1* på delsträckan Ey föreslås förbigångsspår på stationerna mellan Arlöv och Klostergården. Det blir då förbigångsmöjligheter och sänkt headway för de snabba Öresundstågen. Men även sänkt headway för Pågatågen då de inte längre hindrar de bakomvarande tågen vid uppehåll på stationerna.

- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 1* blir 104%.

*Alternativ 2* två innebär att Klostergården-Arlöv byggs ut till sex spår. Det nya dubbelspåret kompletterar de planerade ytterspårerna där trafiken fördelas jämnt.

På det ena dubbelspåret trafikerar Öresundstågen och Godstågen eftersom de har mycket lika gångtider (6 minuter respektive 7 minuter) som ger lägsta möjliga *Tkonf*. På detta spår blir kapacitetsutnyttjandet 38%.

På det andra dubbelspåret trafikerar samtliga Pågatåg, vilket ger en homogen trafikering. På detta spår blir kapacitetsutnyttjandet 40%.

Genom att bygga ut Klostergården-Arlöv till sex spår sjunker kapacitetsutnyttjandet på ytterspårerna till grön nivå skapar därmed ett mer robust järnvägssystem.

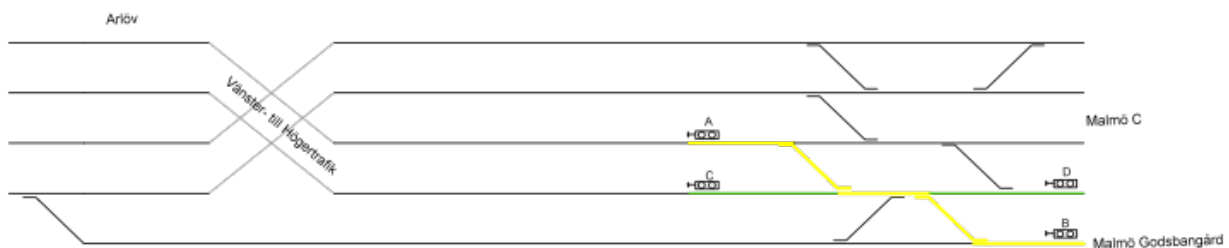
- Eftersom *alternativ 1* inte är tillräckligt krävs *alternativ 2* för att nå de eftersträlvade målen.

## 8.7 Fi, Malmö-Arlöv innerspår

Tabell 11 Kapacitetsanalys av delsträcka Fi

Delsträcka Fi		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	2700	0	480	3180	88%
	Tbel i %	85%	0%	15%	100%	
Alternativ 1	Tbel i s	2700	0	0	2700	75%
	Tbel i %	100%	0%	0%	100%	13%enheter

På delsträckan Fi är kapacitetsutnyttjande över 80% på grund av de korsande tågvägar som uppstår när godståg på ytterspåret från Arlöv måste passera innerspåret för att nå Malmö Godsbangård.



Figur 24 Korsande tågvägar mellan Arlöv och Malmö Godsbangård

*Alternativ 1* innebär att bygga en planskild passage för godstågen från mellansignal A till mellansignal B mellan Arlöv och Malmö godsbangård. Det medger att tågvägarna A till B och C till D kan ställas samtidigt.



- Det nya kapacitetsutnyttjandet med *alternativ 1* är 75%.

## 8.8 Fy, Arlöv-Malmö ytterspår

Tabell 12 Kapacitetsanalys av delsträcka Fy

Delsträcka Fy		Ttåg	Tkonf	Tkors	Tbel summa	KU
JA	Tbel i s	2520	343	0	2863	80%
	Tbel i %	92%	8%	0%	100%	
Alternativ 1						50/20%

På delsträckan Fy (Arlöv-Malmö, ytterspår) är kapacitetsutnyttjandet 80%. På sträckan är det begränsade möjligheter till en sänkning av kapacitetsutnyttjandet, då det inte finns några korsande tågvägar och headway är 3 minuter. Ett sätt att reducera *Tkonf* är att höja gångtiden för Öresundståget till 5 minuter, alltså samma gångtid som Pågatåget. Men detta ses inte som ett alternativ då det står i konflikt med målen att inte förlänga restiden för att skapa bättre kapacitet.

*Alternativ 1.* Lösningen för att sänka kapacitetsutnyttjandet är att bygga två nya spår på delsträckan Fy (Arlöv-Malmö). Trafiken fördelas på fyrsåret genom att placera de tio Pågatågen på ena dubbelspåret och de fyra Öresundstågen på det andra dubbelspåret.

- KU med *alternativ 1* blir 50 respektive 20% på respektive dubbelspår.

## 9 Slutsats

De planerade satsningarna på Södra stambanan är inte tillräckliga för att skapa ett robust och kapacitetsstarkt järnvägssystem år 2035. Ett flertal delsträckor överstiger 80% kapacitetsutnyttjande.

Fyrspåret mellan Malmö och Lund kommer inte erbjuda tillräckligt med kapacitet för den tänkta trafikeringen år 2035. Tre av de fyra delsträckorna som når över 80% kapacitetsutnyttjande ligger mellan Malmö och Lund. Därav är systemet som mest sårbart runt detta område. Givet de förutsättningar som blivit presenterade i rapporten.

Sverigeförhandlingens hopp om att den nya höghastighetsbanan mellan Lund och Hässleholm skulle lösa kapacitetsproblemen på Södra stambanan är bevisligen inte tillräckligt, då kapacitetsutnyttjandet är över 80% på delsträckan mellan Lund och Eslöv.

För att skapa ett robust och pålitligt järnvägssystem på Södra stambanan så krävs det att Lund-Eslöv byggs ut till fyra spår samt att Malmö-Klostergården byggs ut till sex spår.

## 10 Diskussion

### 10.1 Trafikverkets kapacitetsformel

#### 10.1.1 Korsande tågvägar

De korsande tågvägarna kan vara missvisande i kapacitetsberäkningsformeln som används av Trafikverket, beroende på hur de korsande tågvägarna sker. Det finns stora osäkerheter i värdet fyra minuter.

Korsande tågvägar är beroende av:

- Den korsande tågvägens trafikerings konsekvenser
- Växlarnas STH
- Tågets längd
- Signalsystemets "reaktionsförmåga"
- Gångtid över den korsande tågvägen.

Trafikeringskonsekvenserna av en korsande tågväg som sker i motsatta riktningen innebär ifall en baliserna för det motriktade spåret ger ut en bromskurva eller inte. Ifall inget tåg är i närheten så kommer ingen bromskurva att ges och tåget som utför den korsande tågvägen skapar inga konflikter för motriktad trafik.

I det fall ett tåg är på väg norrut mot Höör eller Eslöv ger baliserna en bromskurva för att kunna stanna tåget framför infartssignalen. Detta stoppar upp flytet och försämrar restiden för det tåget som stannar vid infartssignalen.

Ifall växlarna i den korsande tågvägen har en hög STH kan den korsande tågvägen utföras på en kortare tid och en ny tågväg kan ställas som berör samma växel/växlar snabbare. Det förutsätter att tåget som utför den korsande tågvägen är kort och har bra accelerationsförmåga.

Med växlar som klarar av högre hastigheter kan den avsedda tiden i tidtabellen förkortas i jämfört med det läge där växlarna inte klarar av en högre hastighet. I Lund, där flertal korsande tågvägar sker under rusningstid, gör att växlarnas hastighet kan vara helt betydande i avseende på den tillgängliga kapaciteten som utnyttjas.

Med signalsystemets reaktionsförmåga menas den tid det tar från att en korsande tågväg har utförts till att nästa tågväg kan ställas. Det beror bland annat på om ifall tågvägarna är förprogrammerade av fjärrtågklararen och hur snabbt reläerna i den tidigare tågvägen går tillbaka till draget läge.

I Trafikverkets fall har samtliga faktorer blivit ansatta till 4 minuter per korsande tågväg i alla lägen. I verkligheten kan tidsbestraffningen för en korsande tågväg vara allt mycket kortare än det som Trafikverket anger.

Vi menar att beräkningen som gjorts med hjälp av Trafikverkets kapacitetsformel är överdimensionerande i jämfört med verkligheten i många fall. Vidare blir det missvisande av Trafikverket att föreslå kapacitetshöjande åtgärder på järnvägsnätet ifall det beror på felaktig information om hur lång tid en korsande tågväg kräver i tidtabellen.

Vi menar att korsande tågvägar borde vara simulerade eller testade ute i verkligheten för att kapaciteten ska kunna beräknas korrekt.

### **10.1.2 Tågföljd**

Det bästa sättet att beräkna kapacitetsutnyttjande på en sträcka är när tågföljden är känd och det går att läsa av vad det faktiska *Tkonf* värdet blir mellan de olika tågtyperna.

När tågföljden är okänd beräknas ett *Tkonf* värde för varje tåg på en delsträcka. Tågets gångtid jämförs med medelgångtiden för samtliga tåg på sträckan. Differensen mellan tågtypens gångtid och medelgångtiden blir *Tkonf*.

Detta resulterar i att våra beräkningar inte kan ge några exakta *Tkonf* värden, men de kan ge bra indikationer på hur högt kapacitetsutnyttjandet blir när den beräknade trafikmängden börjar trafikera sträckorna.

### **10.1.3 Tkonf**

*Tkonf* i form av skillnader i gångtid, kan i många fall förbättras på delsträckorna där trafiken är blandad mellan Pågatåg och andra tågtyper. Ifall Pågatågen gör kortare uppehåll, 30 s istället för en minut skulle gångtiderna förkortas. *Tkonf* skulle successivt minska desto fler uppehåll Pågatågen gör på en delsträcka med kortare uppehåll.

Mellan Lund och Eslöv görs uppehåll i både Stångby och Örtofta vilket resulterar i stor gångtidsskillnad mellan direkttågen och Pågatågen. Ifall båda uppehållen skulle göras med 30 s istället för en minut skulle resultera i att KU minskas med cirka 5 procentenheter jämfört med JA.

Pågatågens uppehåll har därför en mycket betydande påverkan av kapaciteten och det kan därför vara relevant för operatörerna, i detta fall Skånetrafiken, att köpa in tåg som har effektiv på- och avstigning för att reducera uppehållstiden för de tåg som gör uppehåll frekvent.

## **10.2 Gångtidsskillnader mellan ERTMS och ATC**

I samband med ERTMS driftsättningen sker många fördelar för tåg som trafikerar Södra stambanan som inte tas i anspråk i rapporten. Fördelarna med

ERTMS som tas med i rapporten är förkortade blockavstånd samt en tätare headway jämfört med ATC.

De fördelar som bortses ifrån är bland annat den kontinuerliga balis-informationen som loket tar del av långt innan den berörda platsen. Detta gör att godståg med dåliga bromsar, som tidigare bara fick köra i 80 km/h kan köra i 100 km/h med säkerhet eftersom kommande inbromsningar på grund av horisontalkurvor eller mellanblocks signaler (signalpunktstavlor med ERTMS) som har signaleringsbeskedet "stopp" ges väl i tid. ATC-systemet är inte kapabelt till den framförhållningen som ERTMS klarar av.

Samtidigt som ERTMS tillkommer klassificeras olika tågtyper mer noggrant utifrån dess gångegenskaper. Istället för ATC:s tre olika tågtyper; typ A, B och S, tillkommer upp till och med 15 olika tågtyper. Detta kan potentiellt, för Skånetrafikens del, innebära att deras befintliga tåg får köra fortare på befintlig infrastruktur med ERTMS jämfört med ATC.

I dagsläget beskriver Trafikverkets linjebok STH:n för typ A och S tåg. Typ B-tåg brukar vanligtvis ges ett hastighetsbesked som överstiger typ A med 10%. D.v.s. ifall hastigheten i linjeboken är 160 km/h får typ B-tåg köra i 176 km/h (ATC överstigande hastighet exkluderad). Med ERTMS kan en del tåg som idag identifieras som typ B-tåg få överstiga hastighetsbeskedet med allt från 10 till 20% beroende på gångegenskaperna. (Trafikverket, 2013)

Beroende på hur omfattning av de nya tågtypklassificeringarna är kan restiden mellan Lund och Hässleholm förkortas på grund av tågen tillåts köra i högre hastighet än tidigare. Det skulle resultera i kortare restider som berör *Tkonf*, givet att de påverkar de olika tågtyperna olika mycket.

## **10.3 Uteblivna satsningar**

### **10.3.1 Skånebanan och Väst kustbanan**

Ifall de kommande satsningarna på Väst kustbanan och Skånebanan uteblir blir det praktiskt omöjligt för trafiken att bli så pass belastad mellan Malmö-Lund. Med trafiken som finns idag applicerad på de kommande satsningarna mellan Malmö-Hässleholm hade KU inte varit i närheten av det som beskrivs i rapporten. Det skulle därför varit omöjligt att motivera utbyggnationen av Klostergården-Arlöv ytterspåret som görs i rapporten.

De planerade satsningarna på Södra stambanan mellan Malmö och Hässleholm finns det ett behov av eftersom flertal av dem utgår från dagens trafikering. Exempelvis är dubbelspåret mellan Malmö-Lund idag så pass överbelastat att flertal av pendeltågen inte stannar på alla mellanliggande stationer eftersom *Tkonf* då blir för hög.

### **10.3.2 Höghastighetsnätet**

I det fall där höghastighetsnätet inte är färdigt innan år 2035 finns fortfarande vinster med höghastighetsbanan mellan Lund och Hässleholm, dock inte i lika stor omfattning. Med ett komplett höghastighetsnät kan resande behovet bli så högt som SJ förespråkar i deras trafikupplägg. Ifall endast Ostlänken (Järna-Linköping) och Lund-Hässleholm höghastighetsbanan är färdig tills år 2035, är det mycket osannolikt för SJ eller någon annan operatör att köra fem tåg/h och riktning.

## 11 Litteraturförteckning

Assarsson, S., 2017. *Signalteknikkurs - Signalbilder*. Malmö: SYSTRA AB.

Backman, M., 2019. *Trafikanalytiker järnväg* [Intervju] (18 4 2019).

Casanueva, B. A. S., 2017. *Rail System and Rail Vehicles*. 1 red. Stockholm: KTH.

EU, 2008. *TSD Höghastighetssystem*. Europa: Transportstyrelsen.

Evert Anderson, M. B. S. S., 2014. *Rail Vehicle Dynamics*. 1 red. Stockholm: KTH.

Evert Andersson, M. B. S. S. C. C., 2017. *Rail Systems and Rail Vehicles*. Part 1 red. Stockholm: KTH.

Glentamara, 2014. *Skånes järnvägsnät*. Sverige: Wikipedia.

Grimm, M., 2017. *Järnvägens kapacitetsutnyttjande 2016*, Borlänge: Trafikverket.

Jönsson, A., 2017. *Tågstrategiskt underlag för perioden 2020-2050*, Kristianstad: Region Skåne.

Kapacitetscenter, 2015. *Västlänken - trafikering, depåer och uppställning*, Göteborg: Trafikverket.

Kapacitetscenter, P. E., 2018. *Kapacitet i Göteborg med Västlänken och Olskroken planskildhet*. Malmö: Trafikverket.

Lennefors, L., 2017. *Sträckorna in mot de större städerna med utbyggnad av höghastighetsjärnväg*, Sverige: Sverigeförhandlingen.

Nelldal, B.-L., 2009. *Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige, Delrapport 3, Förslag till åtgärder för att öka kapaciteten på kort sikt*, Stockholm: KTH.

Nelldal, L. & L., 2009. *Kapacitetsanalys av järnvägsnätet i Sverige*, Stockholm: KTH.

Ramböll, 2010. *Västkustbanan Maria-Knutpunkten*, Helsingborg: Trafikverket.

Samhällsbyggnad, K., 2016. *Utvecklingsplan Södra stambanan - Malmö-Stockholm under 3:00*, Sverige: stambanan.com.

SJ, -. *Höghastighetsbanor i Sverige*. Sverige: SJ AB.

SWECO, 2015. *Scenarioanalys för järnvägen i Skåne*, Skåne: Region Skåne.

Trafikverket, 2013. *Förslag till plan för införandet av ERTMS i Sverige*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2016. *Trafikverkets modell för beräkning av linjekapacitet*. Sverige: Trafikverket.

Trafikverket, 2017. *Objekt som ingår i beräkning av genomsnittlig lönsamhet av förslag Nationell plan, 31 augusti 2017*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2017. *Sträckorna in mot de större städerna med utbyggnad av höghastighetsjärnväg*, Sverige: Sverigeförhandlingen.

Trafikverket, 2017. *Trafikverket.se*. [Online]  
Available at: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/ny-teknik-i-transportsystemet/Trafikstyrningssystemet-ERTMS/utbyggnad-av-ertms/Korridor-B/>  
[Använd 15 04 2019].

Trafikverket, 2018. *trafikverket.se*. [Online]  
Available at: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/skane/vi-bygger-och-forbattrar/sodra-stambanan-i-skane/lund-arlov/>  
[Använd 15 04 2019].

Trafikverket, 2018. *trafikverket.se*. [Online]  
Available at: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/skane/vi-bygger-och-forbattrar/soderasbanan/>  
[Använd 15 04 2019].

Trafikverket, 2018. *Trafikverket.se*. [Online]  
Available at: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/skane/vi-bygger-och-forbattrar/Lommabanan/>  
[Använd 15 04 2019].

Trafikverket, 2019. *Riktlinjer täthet mellan tåg*, Malmö: Trafikverket.



Trafikverket, 2019. *trafikverket.se*. [Online]

Available at:

[https://www.trafikverket.se/contentassets/90198bead7634366b2bc9a8c4b1e9be8/007\\_nassjo\\_till\\_peberholm\\_20190419.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/90198bead7634366b2bc9a8c4b1e9be8/007_nassjo_till_peberholm_20190419.pdf)

[Använd 02 05 2019].

Trafikverket, 2019. *trafikverket.se*. [Online]

Available at: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/skane/vi-bygger-och-forbattrar/angelholmhelsingborg-romares-vag/>

[Använd 15 04 2019].