
Analys av Restider i Kollektivtrafiken på utvalda noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

Författare: Kassaw Bediru Seid, Albin Dahl, Daniel Knutsen, Sophie Persson, Fredrik Widegren, WSP

Publicerad: juni, 2021



Figur 1 Restider i Kollektivtrafiken

Analys av Restider i Kollektivtrafiken på utvalda noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

Av: Kassaw Bediru Seid, Albin Dahl, Daniel Knutsen, Sophie Persson, Fredrik Widegren, WSP

Copyright: Reproduction of this publication in whole or in part must include the customary bibliographic citation, including author attribution, report title, etc.

Publiserad av: Ahmed Alaeddine, Region Örebro län

The contents of this publication are the sole responsibility of BALTIC LOOP partnership and do not necessarily reflect the opinion of the European Union.

Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Studerade noder	1
Hinder i utredningen.....	2
Slutsatser i korthet	2
Tågplaneprocess och Trafikledningssystem i Sverige, Finland, Estland och Lettland	4
Sverige.....	4
Trafikverkets tilldelningsprocess	4
Tidtabellskonstruktion	5
Gångtider.....	6
Nodtillägget	7
Tilläggens storlek.....	8
Ökad redundans i tidtabellerna.....	8
Riktlinjer för täthet mellan tåg.....	9
Trafikledningssystem i Sverige	10
Automatik.....	10
Finland	11
Pågående förändringar på den finska järnvägsmarknaden	11
Spårkapacitet och tidtabellsplanering	12
Tilldelning av spårkapacitet	13
Nuvarande riktlinjer och praxis för tilldelning	13
Estland	14
Trafikledningssystemet i Estland.....	14
Tågplaneprocess.....	16
Lettland	17
Trafikledningssystem.....	17
Tågplaneprocessen	18
Datadrivna och automatiserade arbetssätt	20
Förarstödsystem	20
Transrail – Cato.....	24

Tydal Systems	26
Cubris – GreenSpeed.....	28
Ytterligare förarstödsystem i Europa.....	29
Stöd i tågplaneprocessen.....	30
Restidsanalys.....	31
Projektmål.....	31
Tågplaneprocessen övergripande.....	31
Avgränsningar.....	32
Noder i Sverige och Norge.....	32
Primär nod: Oslo-Örebro-Stockholm.....	32
Analys av noden Oslo – Örebro – Stockholm	38
Sekundär Nod: Kopparberg – Lindesberg – Örebro.....	41
Analys av noden Kopparberg – Lindesberg - Örebro	42
Sekundär nod: Katrineholm – Eskilstuna – Västerås	44
Analys av noden Katrineholm – Eskilstuna – Västerås	46
Tertiär nod: Örebro – Askersund	48
Tertiär nod: Örebro – Hällefors.....	49
Noder i Finland.....	49
Primär nod: Helsinki – Tampere (Finland).....	49
Analys av sträckan Helsinki – Tampere.....	54
Sekundär nod: Helsinki – Salo – Turku	55
Tertiär Nod: Turku – Pori	56
Noder i Estland.....	57
Primär Nod: Tallinn-Narva.....	57
Analys av noden Tallinn – Narva.....	60
Noder i Lettland	61
Primär nod: Tukums – Tornakalns/Riga	62
Analys av noden Tukums – Tornakalns/Riga.....	66
Sekundär nod: Riga – Cesis.....	68
Tertiär nod: Cesis – Smiltene	73
Slutsats	76
Redundans i tidtabellerna	76

Möjliga tidsbesparingar med förarstödsystem	77
Möjliga tidsbesparingar med simulationer	78
Kortare restider genom dagliga tidtabeller	79
Kortare restider genom prioriteringar	80
Restider och förseningar – en avvägning.....	80
Referenser	82

Figurförteckning

Figur 1 Restider i Kollektivtrafiken.....	2
Figur 2 Trafikverkets processbeskrivning för tilldelning av spårkapacitet.....	5
Figur 3 Karta över det estniska järnvägsnätet. De blå linjerna visar järnväg som ägs och förvaltas av Eesti Raudtee och gröna som visar järnväg som ägs och förvaltas av Edelaraudtee.	15
Figur 4 Lettlands järnvägssystem.....	17
Figur 5 Tilldelningsprocessen för spårkapacitet i Lettland.....	18
Figur 6 Översiktlig beskrivning av planeringsprocessen för järnvägstrafik.....	31
Figur 7 Schematisk kartbild över Mälarbanan mellan Örebro och Västerås.....	33
Figur 8 Hastighetsdiagram Västerås – Örebro.....	34
Figur 9 hastighetsdiagram, mellan Karlstad och Kristinehamn	35
Figur 10 Hastighetsdiagram mellan Karlstad och Kil.....	36
Figur 11 Daglig graf, mellan Kolbäck och Västerås, kl 16:00-18:00 2021-10-13.....	38
Figur 12 Hastighetsprofil för STAX E, Frövi – Hallsberg.....	39
Figur 13 Teoretiskt kapacitetsutnyttjande 2021, Kristinehamn – Kil.....	40
Figur 14 Daglig graf, mellan Kristinehamn och Kil, kl 16:00-18:00, 2021-10-13	41
Figur 15 Daglig graf 212013 22, Kopparberg-Frövi	43
Figur 16 Daglig graf 212013 14, Frövi -Örebro	43
Figur 17 Det teoretiska kapacitetsutnyttjandet för sträckan Kopparberg – Lindesberg - Örebro, idag	44
Figur 18 Daglig graf, datum 211013 kl 16:00-20:00	47
Figur 19 Det teoretiska kapacitetsutnyttjandet för sträckan Katrineholm - Eskilstuna - Västerås.....	47
Figur 20 Järnvägsnätet i sydvästra Finland.....	50
Figur 21. Kapacitetsutnyttjandet för södergående och norrgående tåg under rusningstid på sträckan Helsinki – Tampere, 2019.....	53
Figur 22. Tidtabell för sträckan Tampere – Helsinki (VR, 2020)	54
Figur 23. Ny sträckning för höghastighetsbana (Väylävirasto, 2020a).....	55

Figur 24 Karta över Estlands järnvägsnät. Blå linjer anger linjer som ägs och förvaltas av estniska Eesti Raudtee och gröna som visar linjerna för Edelaraudtee	58
Figur 25 Grafisk tidtabell 0:00-13:00 Narva-Tapa	59
Figur 26 Lettlands järnvägsnät med zonavgifter. Där grön linje är Riga-Cesis och blå linje är Tukums 2-Tornakalns/Riga.....	61
Figur 27 Markerad i blå rektangel är Tukums 2 -Tornakalns-Riga. Gröna linjer indikerar elektrifiering	63
Figur 24 Kapacitet för tågpassager mellan Tukums 2 - Tornakalms,.....	66
Figur 29 Järnvägskapacitet Riga-Cesis-Valga.....	73
Figur 30 Daglig graf Kristinehamn - Kil	79

Tabell 1 Beskrivning av Trafikverkets gångtidtillägg	6
Tabell 2 Noder i Sverige *Avvikelser förekommer för persontrafik som passerar mer än två noder.....	8
Tabell 3 Nodtilläggs storlek.....	8
Tabell 4 Minsta avstånd mellan tåg	10
Tabell 5 Exempel på olika system i Sverige där DAS-system hämtar in realtidsdata ifrån.	22
Tabell 6 Exempel på förarstödssystem som tagits i drift både i Sverige och internationellt.....	23
Tabell 7 Ordlista över förkortningar för olika tekniska system.....	23
Tabell 8 Faktorer som CATO erbjuder bättre prestanda inom.....	24
Tabell 9 Sammanställning av Tydal systems produkter inom området.....	28
Tabell 10 Ytterligare leverantörer och dess produkter för automatiserade system i Europa.....	30
Tabell 11 Stationer på sträckan Helsinki – Tampere med stopp i tidtabellen	51
Tabell 12 Hastighetsnedsättningar på sträckan Tampere – Helsinki.....	51
Tabell 13 . Restider Helsinki-Tampere	52
Tabell 14 Restider Helsinki-Salo-Turku (Väylävirasto, 2020).....	56
Tabell 15 Hastighetsnedsättningar på sträckan Tampere – Pori (Railway Network Statement 2022, 2020).....	57
Tabell 16 Järnvägstrafik Tukums-Riga. Våra observationer från tidtabellsdata för högtrafik anges inom parentes.	65
Tabell 17 Ankomsttabell för persontåg Riga-Valga, december 2019	71
Tabell 18 Järnvägstrafik Riga-Cesis, tidtabelldata visas inom parentes.....	72
Tabell 19 Tidtabell för bussar Cesis-Smiltene	74

Inledning

Region Örebro län är partner i det EU-finansierade projektet Baltic Loop som består av regioner längs korridoren The Northern Growth Zone (Örebro – Stockholm – Helsingfors/Riga/Tallinn – St. Petersburg). Projektets syfte är att identifiera flaskhalsar i transportsystemet och utveckla lösningar för att minimera rese- och frakttider för passagerare och gods samt bidra till minskande utsläpp.

Under våren 2021 har WSP i uppdrag av Region Örebro Län kartlagt och analyserat olika digitala och automatiserade arbetssätt som skulle kunna bidra till kortare restider i kollektivtrafiken. Ett antal olika noder, både längs järnväg och med annan kollektivtrafik, i Sverige, Finland, Estland och Lettland har analyserats utifrån ett restidsperspektiv. Nuvarande tågplaneprocesser och järnvägsdrift i de fyra länderna har analyserats för att få en bild av hur mycket extratid som tillämpas vid tidtabellskonstruktion, och om denna tid skulle kunna avlägsnas genom att applicera något av de digitala och automatiserade arbetssätt som kartlagts.

Studerade noder

I studien har följande noder studerats

Primära noder:

- Oslo – Örebro – Stockholm (Sverige)
- Helsinki – Tampere (Finland)
- Tallinn – Narva (Estland)
- Tukums – Riga (Lettland)

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Sekundära noder:

- Kopparberg – Lindesberg – Örebro (Sverige)
- Katrineholm – Eskilstuna - Västerås (Sverige)
- Helsinki – Salo – Turku
- Riga - Cesis

Tertiära noder:

- Örebro – Askersund
- Örebro – Hällefors
- Turku – Pori
- Cesis – Smiltene

Hinder i utredningen

Vi har vid datainsamlingen stött på vissa svårigheter att nå tillräcklig information gällande trafiken i Estland och Lettland, då dessa länder inte tillhandahåller lika mycket öppen information som Sverige och Finland.

Vi har även stött på vissa svårigheter att hitta information om trafikledningssystem, då dessa under senare år har fått högre skyddsklassning.

Slutsatser i korthet

Här beskrivs kortfattat rapportens slutsatser. Detaljerade slutsatser finns i kapitlet Slutsats.

- Både Sverige och Finland har regleringar kring extra redundans vid tidtabellskonstruktion. Tillägget för redundans beräknas olika, och är därför svåra att jämföra, men utifrån de primära noderna i Sverige och Finland har vi

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

kunnat dra slutsatsen att Finland har mer redundans än Sverige per resandeminut.

- Det finns ett flertal förarstödsystem på marknaden som skulle kunna minska restiden i kollektivtrafiken, genom att trafiken kan planeras tätare genom mer detaljerad körinformation till lokförarna.
- Vid tidtabellskonstruktion skulle eventuellt en simulator kunna användas för att hitta effektiviseringsmöjligheter i restiden.
- Det skulle även vara möjligt att minska restiden genom ett antal åtgärder som inte kräver digitala hjälpmedel – dessa åtgärder kommer dock med vissa konsekvenser som behöver beaktas – se Slutsats.
- Merparten av redundansen i tidtabellen har som syfte att kompensera för kvalitetsbrister i järnvägssystemet. Genom att reducera marginalerna utan att investera i järnvägssystemet finns en risk för ökad störningskänslighet.

Tågplaneprocess och Trafikledningssystem i Sverige, Finland, Estland och Lettland

I detta avsnitt beskrivs tågplaneprocessen och trafikledningssystemen i de fyra länderna Sverige, Finland, Estland och Lettland. Gällande tågplaneprocessen beskrivs bland annat tilldelningskapacitet, prioriteringsregler, riktlinjer kring tidtabellskonstruktion och praxis vid tidtabellskonstruktion. Gällande trafikledningssystem beskrivs hur de tekniska systemen för trafikledning fungerar och kan komma att påverka kapaciteten.

Då Sverige och Finland tillhandahåller öppnare data än Estland och Lettland så är beskrivningarna kring Sveriges och Finlands järnvägsnät mer detaljerade än beskrivningarna av Estlands och Lettlands järnvägsnät.

Sverige

Trafikverkets tilldelningsprocess

Tilldelning av kapacitet på de statliga spåren i Sverige görs av Trafikverket. I början av varje år ansöker järnvägsföretagen om sin önskade kapacitet under kommande tidtabell. Trafikverkets trafikplanerare kombinerar de olika önskemålen och skapar ett utkast på tidtabell som baseras på järnvägsföretagens önskemål, i kombination med gällande riktlinjer.

Vid konflikter i tidtabellen uppmanas järnvägsföretagen att koordinera en lösning tillsammans. Om järnvägsföretagen inte själva kan enas om en lösning så görs ett nytt försök till samråd tillsammans med Trafikverket. Om tidtabellskonflikten ändå inte går att lösa så förklarar Trafikverket banan överbelastad. Det ger Trafikverket möjligheten att prioritera den transport som har den största samhällsnyttan.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

I slutet av september fastställs tågplanen, och i december börjar den nya tidtabellen att gälla (Trafikverket, 2021c).



Figur 2 Trafikverkets processbeskrivning för tilldelning av spårkapacitet

Tidtabellskonstruktion

Då Trafikverkets trafikplanerare konstruerar tidtabeller har de ett antal olika aspekter att ta hänsyn till. Gångtiden¹ beräknas för att fastställa den tid som tåget behöver från sin utgångsstation till sin slutstation. Vid planeringen tar trafikplanerarna även hänsyn till andra tåg på banan genom att säkerställa att tågplanen följer Trafikverkets riktlinjer för täthet mellan tåg (Trafikverket, 2020c).

¹ Tid som krävs i tidtabellen med hänsyn till tågets och banans hastighet

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
 Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Gångtider

Vid beräkning av gångtiden tar trafikplaneraren hänsyn till aspekterna i tabellen nedan.

Tillägg	Beskrivning
Grundgångtid	Gångtiden beräknad på tågets och banans prestanda.
Banarbetstillägg	Ett tillägg som medger extra gångtid på grund av hastighetsnedsättning som inte beräknas i grundgångtiden.
Trängseltillägg	Ett trängseltillägg ger extra gångtid då annan trafikverksamhet hindrar att tåget framförs enligt tågets prestanda.
Nodtillägg	Ett nodtillägg ger ökad redundans i tidtabellen för att ett tåg kunna hålla sin tidtabell även om tåget framförs på ett annat spår än planerat (exempelvis högerspår eller avvikande huvudspår).
Retardationstillägg	Ett tillägg på 90 sekunder tillkommer för godståg vid utgångsdriftplats, vid förarbyte samt efter uppehåll för av- och tillkoppling av vagnar.
Tillägg för avvikande huvudspår	Tåg som planeras på avvikande huvudspår förses med ett tidstillägg som kompenserar för detta.
Avrundning	Vid konstruktion av tidtabell anges tiden i minuter och sekunder. Trafikverkets trafikplaneringssystem Trainplan avrundar tiden nedåt till hel minut i den publicerade körplanen.

Tabell 1 Beskrivning av Trafikverkets gångtidtillägg
 (Trafikverket, 2020c)

Nodtillägget

Syftet med nodtillägget är att skapa ökad redundans i tidtabellen och ge tågen ökad möjlighet köra in en mindre försening, och därmed inte risker att tappa sin tidtabellskanal. Längs ett antal olika banor har ett antal driftplatser utsetts som noder. Detta innebär att tåg som kör mellan dessa noder får ett tillägg i tidtabellen. Noderna beskrivs i Tabell 2 (Trafikverket, 2015).

Bana	Noder
Västra stambanan	Stockholm, Hallsberg, Göteborg
Södra stambanan	Stockholm, Mjölby, Alvesta, Malmö*
Ostkustbanan	Mora, Borlänge, Sala, Stockholm
Svealandsbanan	Stockholm, (Hallsberg)
Mälarbanan	Stockholm, (Hallsberg)
Västkustbanan	Göteborg, Förslöv/Markaryd, Malmö
Kust till kustbanan	Göteborg, Alvesta, Kalmar
Skånebanan/Blekinge kustbana	Helsingborg, Hässleholm, Karlskrona
Värmlandsbanan	Charlottenberg, Karlstad, Hallsberg
Norge/Vänerbanan	Kornsjö, Göteborg
Mittbanan	Sundsvall, Ånge, Östersund, Storlien
Norra stambanan	Gävle/Storvik, Ånge
Stambanan genom övre Norrland	Ånge, Vännäs, Boden
Malmbanan	Boden, Gällivare, Riksgränsen
Botniabanan	Sundsvall, Örnsköldsvik, Umeå
Övriga banor	Avgångs- och slutstation

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

*Tabell 2 Noder i Sverige *Avvikelser förekommer för persontrafik som passerar mer än två noder.*

Tilläggs storlek

Resandetåg	
Fordon med största tillåtna hastighet över 180 km/h	4 minuter mellan 2 noder
Fordon med största tillåtna hastighet under 180 km/h	3 minuter mellan 2 noder
Tåg kortare sträcka än en nod	2 minuter
Arlanda express	1 minut mellan avgångs- och slutstation
Godståg	
Godståg	2 minuter mellan 2 noder
Godståg kortare sträcka än en nod	1 minut

*Tabell 3 Nodtilläggs storlek
(Trafikverket, 2015)*

Ökad redundans i tidtabellerna

De senaste åren har Trafikverket genomfört analyser av redundansen på olika banor med tidhållningsproblem.

Under 2019 genomfördes en analys av punktligheten på Västra Stambanan, då trafiken på banan under flera år lidit av punktlighetsproblem. Under analysen fastställdes ett flertal kritiska punkter där tågen riskerar att hamna i fel ordning, och därmed riskera att hamna så långt utanför sin kanal att de inte har möjlighet att återhämta sig före slutstationen. Kritiska punkter uppstår bland annat där tåg vänder, exempelvis i Gnesta där pendeltåget korsar spåren på stambanan när tåget vänder, samt platser där tåg kommer in på stambanan från anslutande banor.

I samband med denna analys så har nya konstruktionsregler för tidtabell införts på västra stambanan. De nya konstruktionsreglerna innebär bland annat att nodtilläggen flyttas till de kritiska punkterna längs med stambanan, samt att headway-tiden² förlängs vid kritiska punkter. Detta medför att tågen sprids ut mer under dagen, då de inte längre kan gå lika tätt. Teoretiskt ska de nya konstruktionsreglerna inte innebära längre gångtider för tågen, men i praktiken kan gångtiderna ändå bli längre då de nya konstruktionsreglerna tydligare reglerar uppehåll som i praktiken tar längre tid än planerat (Trafikverket, 2019).

Under 2016 infördes nya konstruktionsregler på Värmlandsbanan. Det beslutades då att tidtabellerna vid exempelvis tågmöten måste återspegla den tid som krävs i verkligheten. Resultatet av de nya konstruktionsreglerna blev att punktligheten på Värmlandsbanan ökade för alla tågslag mellan tidtabellsåret 2016 och tidtabellsåret 2017 (Trafikverket, 2017).

Riktlinjer för täthet mellan tåg

Riktlinjer för minsta tid mellan tåg är beräknat av Trafikverket med en headwayanalys i simuleringsverktyget Railsys. Kvalitetstid läggs till för störningar enligt normal tågdrift, och ytterligare kvalitetstid kan vara aktuellt vid kritiska noder där det frekvent förekommer korsande tågvägar.

Riktlinjerna säkerställer att tidsavståndet mellan två tåg är tillräckligt långt för att bakomvarande tåg inte ska behöva påbörja inbromsning inför signaler i stopp (Trafikverket, 2020c).

Sträcka	Minsta avstånd mellan tåg
Stockholm Central – Stockholm S	2 minuter

² Avstånd mellan tåg

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
 Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Stockholm S – Flemingsberg (ytterspår)	3 minuter
Flemingsberg – Järna	3 minuter
Järna – Flen	4 minuter*
Flen – Hallsberg	4 minuter
Hallsberg – Laxå	3 minuter
Sträcka	Minsta avstånd vid förbigång
Järna – Göteborg	4 minuter

Tabell 4 Minsta avstånd mellan tåg

*Minst 5 minuter efter godståg

Trafikledningssystem i Sverige

Fram till och med sommaren 2020 användes trafikledningssystemet EBICOS TMS från Bombardier på ett antal linjer längs med Västra Stambanan. I dag används främst trafikledningssystemet EBICOS 900 på det statliga järnvägsnätet. Trafikledningssystemet har under senare år fått en högre skyddsklassning.

Sträckorna Charlottenberg – Stockholm, Kopparberg – Lindesberg – Örebro, samt Katrineholm – Eskilstuna – Västerås är även fjärrbevakade i system H (Hinderfrihetskontroll), vilket innebär tågen kortsluter spåren då de passerar och att dess positioner kan följas av en tågklarare på en trafikbild.

I samband med införandet av NTL (Nationellt Tågledningssystem) finns intentioner att övergå till Alstoms trafikledningssystem ICONIS.

Automatik

Integrerat i trafikledningssystemet EBICOS 900 finns funktionen TLS, som delvis automatiserar trafikledningen. I TLS programmeras tågens färdvägar med hjälp av tågens tågnummer. När ett tågnummer närmar sig en signal kan TLS känna av vilket

tåg som kommer och förbereda tågvägen. Detta innebär att när tågen går enligt tidtabell så kan TLS säkerställa att tåget alltid har kör signaler tillräckligt långt för att inte få restriktiva körbesked i ATC³, men utan att tågvägen blir så lång att andra tåg kan komma att hindras. När tågen frångår tidtabell kan det dock innebära att TLS släpper fram tågen i fel ordning, och därför krävs det att trafikledaren ständigt bevakar TLS:en och säkerställer att alla tåg går enligt tidtabell.

Finland

Pågående förändringar på den finska järnvägsmarknaden

Den finska tågtrafiken drivs främst av statliga VR-gruppen. VR är i dag den enda operatör som erbjuder fjärrtågstrafik och pendeltågstrafik. VR-gruppen består även av VR Transpoint som transporterar gods, samt VR FleetCare som ansvarar för underhåll och investeringar.

Då VR Group länge varit ensam operatör på den finska järnvägen har planering, samordning och prioritering huvudsakligen genomförts med hjälp av operatörens interna planeringsprinciper. Detta har under senare år börjat förändras, då operatören Fenniarail har börjat driva trafik på det finska järnvägsnätet. Utöver VR Group och Fenniarail så är även operatörerna Ratarahiti Ltd och Aurorairail Ltd verksamma på bangårdar. Företaget Operail Finland har i juni 2020 fått licens för att bedriva trafik som operatör på det finska järnvägsnätet.

Den finska järnvägsmarknaden befinner sig just nu i en förändringsfas. VR Group har nu ensamrätt på inrikes persontrafik utanför HSL-området⁴, samt de områden där VR

³ Automatic Train Control

⁴ Helsingforsregionens trafik

för närvarande verkar. Avtalet gäller fram till år 2024, och därefter kommer kvalificerade järnvägsföretag ha samma möjlighet till spårkapacitet.

Från och med år 2025 och framåt kommer det med anledning av avregleringen sannolikt finnas fler operatörer på den finska järnvägen, och dessa operatörer kan komma att hamna i konflikt gällande spårkapaciteten. Fler operatörer kommer kräva nya integrerade metoder för spårplanering och tilldelning.

Senare kan det finnas fler operatörer i nätverket och deras behov för användning av spårkapacitet kan vara i konflikt med varandra. Flera järnvägsföretags driftsmiljö kräver nya integrerade arbetsmetoder för planering och hantering av spårkapacitet för att säkerställa att alla operatörer kan söka kapacitet på lika villkor.

Det finns i dagsläget endast ett fåtal riktlinjer för trafikplanering, så det har i praktiken varit den som sökt kapacitet som själv kunnat bestämma planeringsprinciperna, och de själva har varit ansvariga för ett sammanhängande flöde av trafik (Väylävirasto, 2020b).

Spårkapacitet och tidtabellsplanering

I tågplaneprocessen planeras persontrafiken som en helhet för att olika rutter tillsammans ska bilda ett nätverk med goda trafikflöden. För att genomföra planeringen finns ett antal planeringsregler, men i praktiken har utfallet i hög grad berott på trafikplanerarnas kunskap och åsikter.

Planering av godstransporter har huvudsakligen baserats på kundernas behov, vilket innebär att industriernas och handelns marknadssituation i hög grad har påverkat tågplanen. I framtiden beräknas marknaden för industri och handel bli mindre förutsägbar, och därför behöver processen för tågplanen bli mer flexibel än vad den är i dag (Väylävirasto, 2020c).

Tilldelning av spårkapacitet

Finska Trafikledsverket ansvarar för tilldelning av spårkapacitet. Det är även Trafikledsverket som ansvarar för att publicera Finlands järnvägsnätsbeskrivning inför varje tidtabell.

Vid begäran om spårkapacitet ska ansökan ha inkommit senast åtta månader före aktuell tidtabellsperiod. Ändringar och ny kapacitet kan även sökas löpande under tidtabellsperioden, men får då inte påverka den redan tilldelade spårkapaciteten. Behovet av att kunna begära spårkapacitet med kort varsel är särskilt viktigt för godstrafiken.

Det är järnvägens infrastruktur som definierar de kapacitetsbegränsningar som tillämpas. Detta är huvudsakligen beroende av det enkelspåriga järnvägsnätet, där tågens möten måste planeras på särskilda mötesplatser.

Vid tilldelning av spårkapacitet tas hänsyn till operatörernas behov, spårunderhåll, samt effektiv användning av järnvägsnätet. I händelse av att all ansökt kapacitet inte kan tillgodoses förklarar infrastrukturförvaltaren banan som överbelastad, men i dag kan i princip alla ansökningar om spårkapacitet tillgodoses (Väylävirasto, 2020c).

Nuvarande riktlinjer och praxis för tilldelning

Riktlinjerna för tidtabellsplanering baseras på operatörernas egna riktlinjer, samt infrastrukturförvaltarens instruktioner för tilldelning av spårkapacitet. Vid begäran om spårkapacitet måste operatören beakta följande aspekter,

- Marginaltillägg – extratid som ska läggas till körtiden, samt tillägg för att vidhålla avstånd mellan tågen.
 - Det rekommenderas en marginal på 10 procent i körplanen, vilket innebär att tidtabellen är minst tio procent långsammare jämfört med

den teoretiska maxhastigheten. För godståg rekommenderas ännu högre marginaler. För pendeltåg rekommenderas fem procents marginaltillägg för att effektivisera kapacitetsanvändningen.

- Vid jämna signalsträckor kan tågen hålla en marginal på fyra minuter, och pendeltåg kan hålla en marginal på tre minuter.
- Vid planering av tågmöten och förbigångar finns tydligt reglerat hur många minuter som krävs för att stanna på avvikande huvudspår samt hur mycket marginal som krävs vid mötet.
- Spåransvändning på trafikplatser
 - Spårplaneringen sker i samband med att tidtabellen fastställs.
 - Processen för spårplanering är just nu under förändring för att kunna tillgodose behoven vid tillkommande operatörer.
- Fordonsanvändningen kan också ha viss påverkan på tidtabellsplaneringen.

Även om majoriteten av de frågor som relaterar till tidtabellsplanering beskrivs i järnvägsnätbeskrivningen samt spår databasen så är många detaljer i dag endast kända för erfarna planerare. Detta innebär att det i dag finns kunskapsluckor, samt att alla planerare inte har kunskap om alla detaljer som behövs för att skapa optimala tidtabeller (Väylävirasto, 2020c).

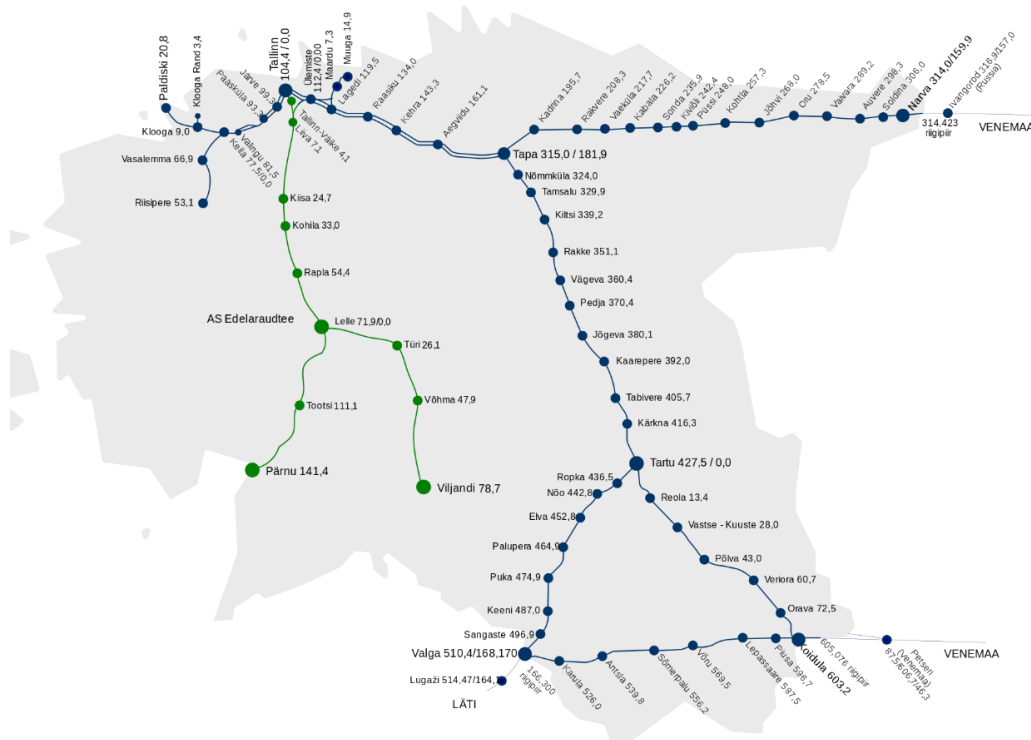
Estland

Trafikledningssystemet i Estland

Det estniska järnvägsnätet förvaltas av två olika statligt ägda bolag. Järnvägsnätet från Tallinn direkt söderut till Pärnu och Viljandi förvaltas av Edelaraudtee, medan resten av nätverket förvaltas av Eesti Raudtee. Det finns endast en sektion med dubbelspår i landet, vilken går från de västra förorterna i Tallin till Tapa, där linjerna till St Petersburg och Tartu/Lettland tar vid.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 3 Karta över det estniska järnvägsnätet. De blå linjerna visar järnväg som ägs och förvaltas av Eesti Raudtee och gröna som visar järnväg som ägs och förvaltas av Edelaraudtee.

Trafikledningen i Estland är indelad i fyra olika områden:

- Tallinn – Tapa
- Tapa – Narva
- Tapa – Koidula
- Tartu – Valka, samt Tallinn-Paldiski

För majoriteten av de estniska järnvägarna används ett helautomatiskt signalsystem, men på vissa sträckor används fortfarande halvautomatiska signalsystem. I Estland

används säkerhetssystemet ALSN, vilket även används av andra länder inom den tidigare Sovjetunionen. De flesta av Estlands trafikledningssystem infördes under sextio-, sjuttio- och åttiotalet och är i dag mycket föråldrade. De kräver därför ombyggnation inom en snar framtid (Eesti Raudtee, 2020).

Tågplaneprocess

Tilldelning av spårkapacitet hanteras av infrastrukturförvaltarna Eesti Raudtee och Edelaraudtee. Följande beskrivning gäller tågplaneprocessen på de sträckor som förvaltas av Eesti Raudtee, som förvaltar den största delen av Estlands järnvägar. Tidtabellsplanering sker årligen, och kapacitet ska sökas nio månader före starten av nästa tidtabellsperiod. Tidtabellsperioderna startar varje år i december. En preliminär tidtabell presenteras sju månader före tidtabellens start.

Vid konflikter i tilldelningen av spårkapacitet organiseras en samordningsprocess av infrastrukturförvaltaren för att försöka tillgodose de sökandes önskemål. Om samordningsprocessen inte når en lösning så kommer infrastrukturförvaltaren förklara sträckan överbelastad, vilket möjliggör för infrastrukturförvaltaren att själva prioritera trafiken utifrån egna prioriteringsregler. Om det efter infrastrukturförvaltarens prioritering fortfarande inte finns en lösning på konflikten så startar infrastrukturförvaltaren en budgivning, där spårkapaciteten tilldelas den som erbjuder det högsta priset.

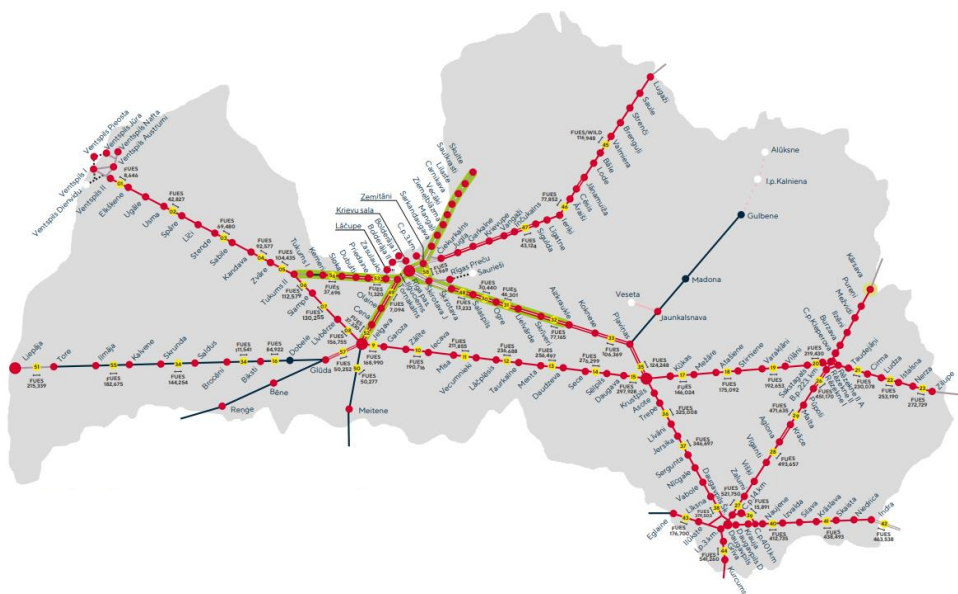
Tågplaneprocessen bygger på Estlands järnvägslag, som anger de prioriteringsregler som måste följas på den estniska järnvägen. Enligt lagen prioriteras persontåg med direkt internationell anslutning, därefter prioriteras nationell persontågstrafik.

Tågplaneprocessen i Estland planeras i samråd med Lettland och Ryssland, för att säkerställa samordnade resor över landsgränserna (Eesti Raudtee, 2020).

Lettland

Trafikledningssystem

I Lettland sker trafikledning främst genom fjärrtågklarering – vilket innebär att trafikledningen är centraliserad. Lettland har två trafikledningscentraler – i Riga samt i Daugavpils. Precis som i Estland används säkerhetssystemet ALSN, vilket är vanligt förekommande i länder som tidigare varit en del av Sovjetunionen. Endast en mindre del av järnvägen i Lettland är elektrifierad. De maximala hastighetsgränserna i Lettland är relativt låga – 120 km/h för persontåg samt 90 km/h för godståg – detta beror på begränsningar i säkerhetssystemen (Latvijas dzelzceļš, 2020).

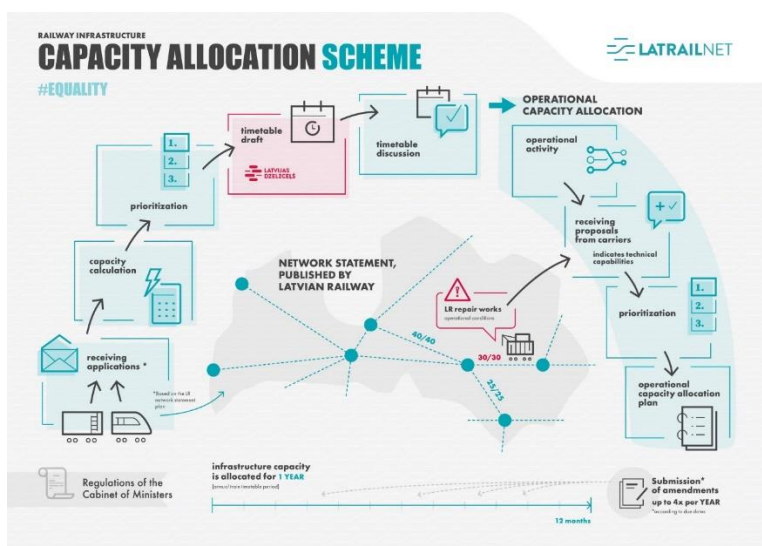


Figur 4 Lettlands järnvägssystem

Tågplaneprocessen

Spårkapaciteten i Lettland tilldelas av LatRailNet (LRN), som är dotterbolag till det statligt ägda bolaget Latvijas dzelzceļš (LDz). LDz förvaltar all offentlig järnväg i Lettland, men LRN hanterar många av de uppgifter som faller under LDz. LRN hanterar bland annat kapacitetstilldelning, samt ansvarar för banavgifter.

I Lettland finns två kapacitetstilldelningsperioder. För att få sin ansökan hanterad under den första perioden ska ansökan om spårkapacitet ha inkommit senast den 15 maj. För att få sin ansökan hanterad i den andra perioden ska ansökan om spårkapacitet ha inkommit senast den 15 juli. Senast den 15 oktober ska LRN ha publicerat ett utkast till nästkommande tidtabell. Ansökningar som inkommer efter den 15 maj, respektive 15 juli, hanteras endast om de inte belastar annan spårkapacitet. Den andra söndagen i december börjar den nya tidtabellen att gälla.



Figur 5 Tilldelningsprocessen för spårkapacitet i Lettland.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Vid tidtabellsplaneringen försöker LRN tillgodose alla ansökningar om spårkapacitet genom att lösa eventuella konflikter och samordna ansökningarna. Om det inte är möjligt att tillgodose alla ansökningar ska LRN erbjuda den sökande alternativa färdvägar eller be de sökande att ändra sina ansökningar. Om konflikten fortfarande inte går att lösa förklaras sträckan överbelastad, vilket innebär att LRN tilldelar kapaciteten baserat på järnvägslagen i Lettland.

Järnvägslagen anger de prioriteringsregler som LRN ska följa vid tilldelning. Enligt lagen ska järnvägstransporter prioriteras om

- transporten sker under ett statligt eller kommunalt avtal,
- transporten stödjer utländska eller nationella väpnade styrkor,
- transporten använder infrastruktur som är avsedd för det speciella ändamålet (exempelvis godstrafik på banor som är avsedda för godstrafik).

(LatRailNet, 2020)

Datadrivna och automatiserade arbetssätt

Förarstödssystem

Det finns idag ett flertal utvecklade datadrivna och automatiserade system på marknaden som primärt riktar sig mot effektivare planering och framdrivning av enskilda tåg, sett ur ett systemperspektiv. Sådana system benämns förarstödssystem, även Driver Advisory System (DAS), där flera system har satts i drift i tågoperationer i olika utsträckning, såväl inom Sverige som internationellt.

Ett förarstödssystem, har ur bred bemärkelse, till uppgift att optimera körningen genom att ge föraren råd kring optimal hastighet samt gaspådrag vid varje givet ögonblick i körningen. Genom att optimera dessa kan systemet ge positiva effekter avseende exempelvis:

- Minskad energiförbrukning
- Ökad effekt
- Minskat underhåll/slitage
- Ökad komfort
- Stärkt tågföring/kapacitet
- Ökad flexibilitet (i och med att trafikplanering sker i realtid)

Förarstödssystem delas därefter in i tre olika varianter:

- 1) Standalone Driver Advisory System (S-DAS)
- 2) Connected Driver Advisory System (C-DAS)
- 3) Automatic Train Operation (ATO)

Oavsett systemnivån utgår samtliga av systemen från insamlade realtidsdata kring omkringsliggande parametrar (som t.ex. tåg, uppehåll, olyckor etc.) men i olika grad och riktning. Den första varianten, S-DAS, är ett förarsystem som inte har kommunikation

med t.ex. ett trafikledningssystem eller endast enkelriktad sådan kommunikation. Med C-DAS kopplas istället trafikledningen ihop med föraren i ett transpondersystem, vilket kan liknas med det som används för flygtrafikens informationssystem (Trafikverket, 2020d). Genom att S-DAS kommunicerar med trafikledningssystemet ges därtill olika rekommendationer till föraren beroende på övrig trafik i systemet. Trafikledaren byter således ut sin pappersgraf⁵ mot en digital graf i systemet STEG (i Sverige), där trafiken planeras som vanligt men de beslut som fjärrtågsklareraren tar skickas digitalt till förarens skärm. På så sätt blir informationen mellan fjärrtågsklareraren och föraren omedelbart tillgänglig för de som behöver den, t.ex. om tågmöte tillkommer, bortfaller eller planeras samtidigt som föraren kommer få rekommenderade hastigheter att förhålla sig till för att trafiken ska flyta smidigt, punktligt och enligt den planen som konstruerats i realtid.

Det sista steget, ATO, är ett system för automatisk körning av tågen, men ur ett förarstödsystemperspektiv kan skillnaden mellan ATO och C-DAS vara väldigt litet. Förarstödsystem bör inte förväxlas med kompletterande säkerhetssystem och har inte heller ett beroende till dem då system som Automatic Train Control (ATC), Automatic Train Protection (ATP) och ERTMS hanterar dessa.

Förarstödsystem kan ha olika nivåer av integration i fordonet där framförallt antingen app i smarta telefoner/läsplatta, skärm i förarbordet eller kommunikation med TCMS-systemet eller fristående är de mest förekommande. Alla DAS system använder egna servrar på ett eller annat sätt och förlitar sig på data från olika datakällor. I Tabell 5 illustreras exempel på sådana källor som finns i Sverige.

⁵ Grafen – En grafisk tidtabell används av trafikledare vid planering. Finns i pappersformat eller digitalt.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
 Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Källa	Beskrivning
Ban Information System (BIS)	Databas som innehåller information om infrastrukturen, objekt (så som antal växlar, broar, plattformar osv.) samt information om lutningar, hastigheter mm.
Körorder	Innehåller information till lokföraren med order för det specifika tåget, t.ex. tillfälliga hastighetsnedsättningar, förändringar av banan som inte är införda i linjeboken mm.
Linjeböcker	Innehåller beskrivning av infrastrukturen ur ett trafiksäkerhetsperspektiv för i första hand åkande personal
Tågpositioneringssystem (TPOS)	Samlar in tågpassager och planerade körvägar från trafikledningssystemen och tillhandahåller informationen till andra system
UTIN	Samlar ihop och tillhandahåller järnvägsrelaterad information från olika datakällor inom Trafikverket och tillhandahåller detta som XML-filer

Tabell 5 Exempel på olika system i Sverige där DAS-system hämtar in realtidsdata ifrån.

I Tabell 6 illustreras ett antal förarstödsystem som finns på marknaden, både i Sverige och internationellt.

System	Leverantör	Installation
CATO	Transrail	Tågkompaniet (2017 –) Arlanda Express (2015-2016) Malmbanan (2012 – 2016) Helsingfors tunnelbana (2018 -)

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

System, App och Webb	Tydal Systems	Hagalunds bangård, SJ AB, Hector Rail, Arlanda Express
Cubris Greenspeed	Cubris	DSB (Danmark), Öresundståg, Krösatågen (nord och syd), Kustpilen (2015 -)

Tabell 6 Exempel på förarstödssystem som tagits i drift både i Sverige och internationellt.

Nedan kommer en mer utförligare beskrivning av respektive system samt en ordlista över förkortningar som kommer uppkomma löpande i texten, se Tabell 7 nedan.

Förkortning	System
DAS	Driver Advisory System
S-DAS	Standalone Driver Advisory System
C-DAS	Connected Driver Advisory System
ATO	Automatic Train Operation
ATC	Automatic Train Control
ATP	Automatic Train Protection
BIS	Ban Informations System
TPOS	Tågpositioneringssystem
ICC	Intelligent Cruise Control
COB	Cato Onboard
CTS	Cato Trackside
CATO	Computer Aided Train Operation
BIS	Ban Information System

Tabell 7 Ordlista över förkortningar för olika tekniska system.

Transrail – Cato

Computer Aided Train Operation, Cato, är ett system utvecklat av Transrail (ursprungligen tillsammans med Uppsala Universitet och Banverket/Trafikverket) med syftet att möta efterfrågan av förbättrad och mer koordinerad trafikstyrning genom förarstödsystem i tågen. Detta uppnås genom en central trafikstyrning som anpassar flödet av tågen så att de följer en viss tidhållning och samtidigt körs mer energieffektivt.

Systemet introducerades under 2014 och täcker i dag in funktioner som C-DAS, Intelligent Cruise Control (ICC) och ATO. Cato var år 2018 det enda C-DAS systemet på den svenska marknaden. Systemet erbjuder förbättrad prestanda kopplat till ett antal faktorer, se Tabell 8 nedan.

Faktor	Beskrivning
Punktlighet	Tåg i tid på sekundnivå under hela färden
Ökad trafikkapacitet	Liten påverkan vid störningar samt högt och stabilt resursutnyttjande
Miljö	Sänkt energiförbrukning och minskade emissioner
Kund nöjdhet	God tidhållning, bra information om trafiken samt höjd kompetens hos personalen
Ekonomi	Minskade kostnader och ökade intäkter

Tabell 8 Faktorer som CATO erbjuder bättre prestanda inom.

Cato-systemet utgörs av flera olika delsystem och funktioner, men baserar sig på en dator i fordonet som kommunicerar med en bildskärm, antingen fastmonterad eller lös (läsplatta). Det grundar sig i en matematisk modell (en "Digital Twin") som omfattar tåget, infrastrukturen (inkl. signalsystem), tidtabellen (helst trafikplanen i realtid) och andra tågs rörelser. Systemet nyttjar sedan denna data för att göra simuleringar av

tågrörelser som optimerar den bästa körprofilen för varje enskilt fordon med hänsyn till:

- Exakt tidhållning (ankomsttid, tidsrestriktioner under färd)
- Begränsningar hos infrastruktur och tåg
- Lägsta kostnad (baserat på en kostnadsfunktion som minimeras)

Cato är ett IT-system som möjliggör integration med andra IT-system, som till exempel trafikledning och signalsystem. Genom utrustning ombord, COB (Cato Onboard), samt vid spåret, CTS (Cato Trackside) möjliggörs kommunikation och lösningar för statusövervakning och statistik mellan dessa gränssnitt.

I Sverige är systemet anslutet till tågledningsmodulen STEG som är trafikledarens användargränssnitt (kräver dock i dag manuell hantering) och tillbaka får systemet statiska infrastrukturdata från BIS som dock kräver handpåläggning. Dynamiska data hämtas kontinuerligt via UTIN (ett system hos Trafikverket) som ger vilka spår tåg kör på samt genom TPOS, GPS eller accelerometrar som ger information om vart tågen befinner sig. Genom att samla all väsentlig körinformation på en och samma plats kan därmed körprofiler med valfria optimeringskriterier och som beaktar alla restriktioner (t.ex. tid, station etc.) skapas.

De första testerna med systemet gjordes 2010 i Norrköping och Boden, men i dag har Cato tagits i drift hos bland annat följande aktörer:

- Helsingfors Metro
- Vy, tidigare Tågkompaniet (sedan 2017)
- Vy, tidigare NSB
- LKAB (Malmbanan, 2012-2017)
- Virgin Trains
- A-Train (Arlandabanan, 2015-2016)

CATO var år 2018 det mest avancerade systemet i Sverige och fanns i tre olika versioner med olika detaljeringsgrad samt varianter av information om omkringliggande tåg.

Tydal Systems

Tydals Systems AB har utvecklat DAS-system sedan 2010 och har en portfölj av produkter inom kategorierna Appar, System och Web. Även Tydal Systems produkter tillgängliggör eller baserar sig på användandet av ett flertal realtidsdatakällor som t.ex. UTIN, BIS etc.

Nedan ges en kort beskrivning av respektive produkt, se Tabell 9.

Kategori	Produkt	Kund	Beskrivning
System	Xpider	SJ AB (2019)	Xpider sammanställer allt data från ett tjugotal system i ett och samma ställe. Det omfattar allt från planering och operativ drift till uppföljning. Funktionaliteten har utökats stegvis sedan 2003.
	XDL	Hagalunds bangård	Hagalund, nordens största tågdepå, drogs med förseningar på grund av tidskrävande manuell hantering. Med XDL har Tydal Systems datoriserat processen och kopplat ihop alla användare i systemet.
	Digital körorder	SJ AB, Hector Rail, Arlanda Express	Tidigare krävde ny trafiksäkerhetsinformation som tillkommit eller om tåget skulle köra en annan väg än planerat att trafikledningen manuellt fick ringa till varje tåg. Genom införandet av Körorder har denna process digitaliserats och informationen skickas nu istället elektroniskt med en knapptryckning.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

App	1409.se	800+ användare	1409.se är en sida för resenärer som vill hålla koll på var tågen befinner sig, ankomster och avgångar för olika stationer, och vad förseningar beror på. Informationen på sidan kommer från Tydal Systems och data hämtas från Trafikverket och Trafiklab.
	TrAppen	2000+ användare	Första versionen av TrAppen släpptes redan i december 2010 åt SJ och riktar sig till all personal i fält (lokförare, tågpersonal, informatörer mm) som önskar att snabbt få korrekt information utan att behöva leta.
	GPS/Eco-drivning	1000+ användare (SJ AB)	Utvecklades ursprungligen som den första eco-drivning-lösningen som gick att köra med endast en vanlig smartphone. Appen ger föraren den information som han/hon behöver för att kunna köra på bästa sätt, där körprofilen kontinuerligt (varje sekund) räknas om.
Webb	Tågexperterna	50+ användare	Hemsida där ett antal experter svara på inkomna frågor kopplat till järnvägsområdet.
	Vem-kör-vad	SJ AB (2019)	Det fanns tidigare en utmaning i att hitta vilken personal som var på ett visst tåg, där informationen fanns i olika pärmar uppdelade efter vilken ort som personalen vara anställd. Detta löstes genom Vem-kör-vad där istället enbart tågnumret behövde

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

anges så återgavs en lista över berörd
personal.

Tabell 9 Sammanställning av Tydal systems produkter inom området.

Cubris – GreenSpeed

GreenSpeed har ett ursprung i Danmark sedan grundarna Sune Edinger och Christian Hage av Cubis startade företaget 2008. Redan ett år senare ingick de ett partnerskap med Danish National Railways (DSB) för att skapa och implementera ett resurseffektivt DAS-system åt dem. Systemet sattes därefter i drift hos DSB under 2012.

Under perioden 2014–2018 expanderade Cubris GreenSpeed genom att etablera sitt system hos flera järnvägsoperatörer runt om i Europa som nu hade kompletterats med funktionaliteter motsvarande ett C-DAS system (Cubris). År 2018, blev Cubris uppköpta av Thales Group där företaget idag ingår som en separat affärsenhet.

GreenSpeed marknadsförs som ett komplett C-DAS system bestående av både hårdvara och mjukvara på fordonen och i infrastrukturen, där systemet kontinuerligt levererar uppdaterade data till tåget från det externa datacentret (Cubris). Det innebär att systemet baseras på realtidsdata och kan kommunicera med en tredje part inom trafikstyrningssystemet. Genom realtidsdata kan systemet erhålla information om t.ex. uppdaterade tidtabeller och rutter vid störningar, som därefter kan omsättas till nya körordrar.

Systemet är modifierbart utifrån operatörens behov och sträcker sig från att göra all information tillgänglig i tåget till att enbart inkludera enklare applikationer som inte kräver några installationer ombord på tågen. Körprofiler tas därefter fram utifrån typografi, tidtabell, hastighetsbegränsningar, tågprestanda etc., där en kombination av de tre strategierna Coasting (råd för att minska energi), Powered coasting (råd för att placera styrenheten i ett visst läge) samt Cruising (råd för att upprätthålla hastighet).

När en resa inleds med GreenSpeed kommer ombordsenheten (på kommando av föraren) att efterfråga all nödvändiga data från datacentret som processas i en central server. I Sverige innebär det att tidtabeller hämtas från UTIN, infrastrukturdata kommer via BIS men kräver handpåläggning, information om hastighetsnedsättningar mm läggs in manuellt från Linjeboken samt Tågorder och rekommenderade (lägre) hastigheter läggs in utgående från förarnas erfarenhet.

Kommunikationen mellan fordon och datacentret sker löpande under hela resan. Datacentret kan i sin tur också begära och få all förardata automatiskt, antingen genom en extern tillhandahållare av data eller genom att föraren manuellt matar in den genom deras management-verktyg ombord. Detta styrs i hög grad av vilka datakällor som finns tillgängliga. Hela rutten loggas och förs därefter över till datacentret för lagring och analys.

GreenSpeed arbetar för närvarande med processen för att få bli en integrerad lösning med gränssnittet för ERTMS i Danmark för att möta kravet på den nya europeiska systemstandard.

Systemet har använts i Sverige sedan 2015 av bland annat Transdev på Öresundstågen, Krösa Syd och Nord samt Kustpilen (KAJT, 2018).

Ytterligare förarstödsystem i Europa

Utöver ovanstående förarstödsystem finns det ett flertal ytterligare produkter på marknaden där några av dem redovisas i Tabell 10 nedan.

Leverantör	Produktnamn
Bombardier	EBI Drive 50 / DSM
DB Kommunikationstechnik GmbH	FASSI
DB Systel GmbH	ESF-EBuLa

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
 Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

lavet GmbH / ETC Gauff Mobility Solutions	Smarttrains.DAS
Interautomation Deutschland GmbH / TU Dresden / Inavet GmbH	InLineMobile.FAS
Knorr-Bremse AG	LEADER
SBB AG / CSC	RCS-ADL
Siemens AG	ECO Cruise
TU Dresden	COSEL
Voith GmbH und Co. KGaA	EcoScout

Tabell 10 Ytterligare leverantörer och dess produkter för automatiserade system i Europa.

Stöd i tågplaneprocessen

Medan förarstödsystemen har en positiv inverkan på den operativa driften, så har många länder i dag, bland annat Sverige och Finland, tillgång till väl utvecklade simulatorer.

I dag används simulatorerna framför allt i utbildningssyfte – bland annat vid utbildning av nya trafikledare. Genom att utveckla användningen av simulatorer till att även vara ett hjälpmedel vid tidtabellskonstruktion kan kvaliteten på tidtabellerna förbättras genom att tågplanen kan provköras och eventuella fel eller förbättringsmöjligheter i tågplanen kan upptäckas redan i planeringsstadiet. Genom att testköra tågplanen tydliggörs bland annat

- var tågmöten kan effektiviseras,
- hur fel i infrastrukturen skulle kunna påverka tågplanen,
- vad som händer med omkringliggande tåg om ett tåg kör för långsamt gentemot sin tidtabell,
- hur trafiken flyter på stationer med många spår.

Restidsanalys

Projekt mål

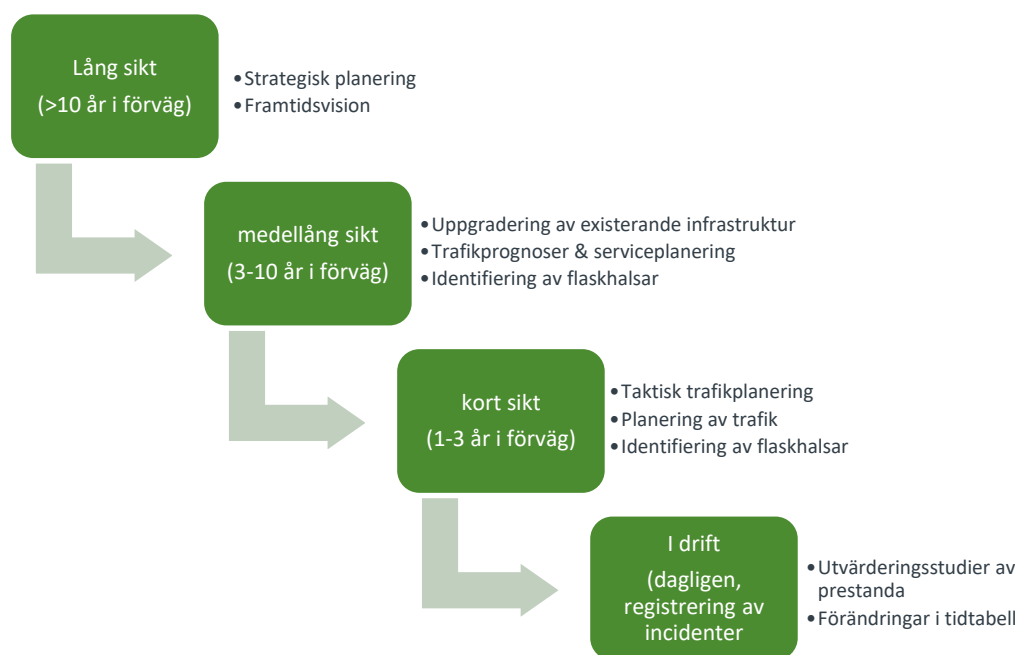
De viktigaste projektmålen för det här området har varit att:

- Utveckla möjliga lösningar för att minimera restider för både persontåg och godståg utmed sträckningen

Tågplaneprocessen övergripande

Tågplaneprocessen, oavsett om det är uppgradering av befintlig infrastruktur eller planering av nya linjer, kräver noggrann planering, modellering och simulering samt drift och utvärdering som vanligtvis sträcker sig över ett tidsperspektiv om årtionden.

Figur 6 nedan, visar övergripande livscykeln för tågplaneprocessen.



Figur 6 Översiktlig beskrivning av planeringsprocessen för järnvägstrafik

Den långsiktiga strategiska planeringen, inklusive dess framtidsvisioner, inleds oftast åtminstone 10 år i förväg, men ofta ännu tidigare än så. Planering på medellång sikt sker oftast med ett perspektiv på 3–10 år i förväg, men ibland så långt fram som det långsiktiga. Fokus ligger således primärt på uppgradering av befintlig infrastruktur, trafikprognoser och serviceplanering samt identifiering av flaskhalsar i infrastrukturen. Planering på kort sikt börjar normalt 1–3 år före drift och kan utgöra exempelvis taktisk trafikplanering, mer operativ trafikplanering samt identifiering av flaskhalsar. Under daglig drift sker därutöver aktiviteter som tidtabellsutvärdering baserat på register över förseningar och oplanerade incidenter som inträffat etc., vars resultat i gengäld kan användas i planeringen på både lång, medel och kort sikt.

Avgränsningar

Fokus i det här uppdraget har varit att ta fram förslag på hur restiden mellan de aktuella noderna kan förbättras. Planerade uppgraderingar/förstärkningar av infrastrukturen har således inte beaktats inom ramen av det här uppdraget. Enbart perspektiven på kort sikt och i drift från planeringsprocessen i ovan har således ingått i uppdraget.

Noder i Sverige och Norge

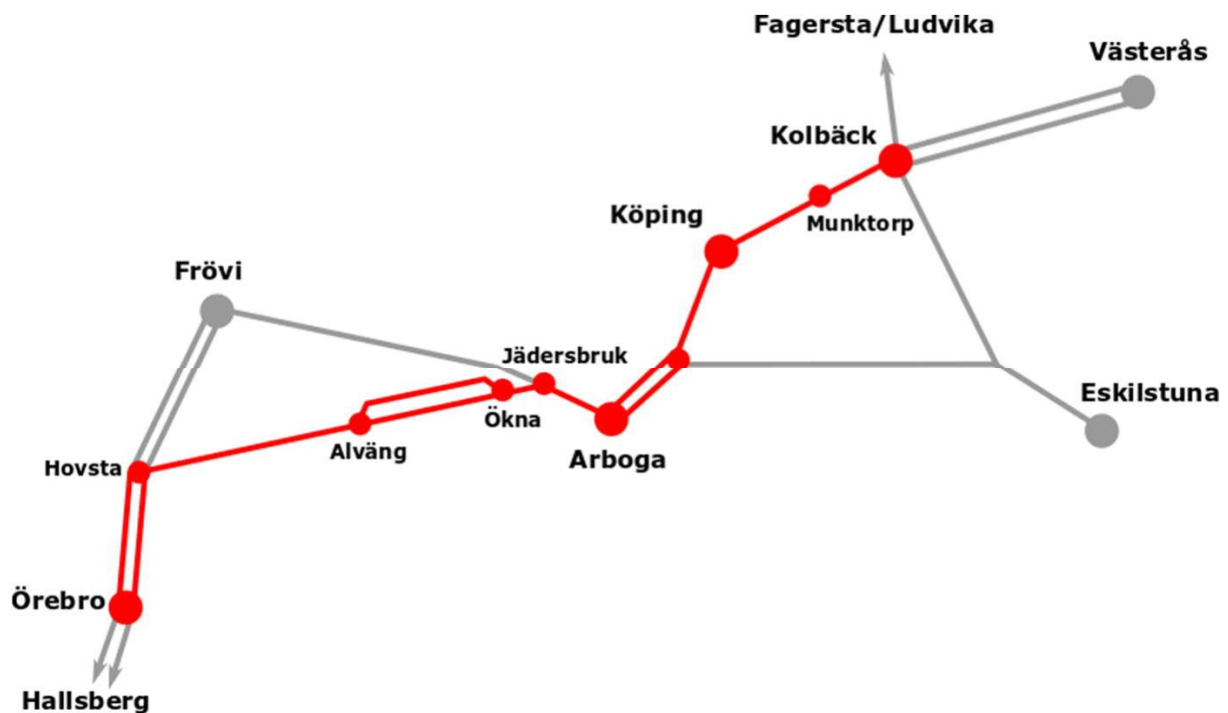
Primär nod: Oslo-Örebro-Stockholm

Analys av noden Oslo – Örebro – Stockholm kommer i studien ske på Mälarbanan, Godsstråket genom Bergslagen, den planerade Nobelbanan samt Gränsbanan mellan Karlstad och Oslo, vilket är den aktuella sträckan för projektet "Stockholm – Oslo 2.55".

Befintlig infrastruktur

Mälarbanan sträcker sig från Stockholm, via Västerås, till Hovsta strax norr om Örebro. Mälarbanan mellan Örebro och Västerås består av ömsom dubbelspår, ömsom enkelspår, se Figur 7. På sträckan finns mötespår belägna i Munktorp och Köping.

Banan mellan Jädersbruk och Hovsta, som också är enkelspårig, har branta lutningar på upp till 25 promille och är främst avsedd för persontrafik. Men även lättare godståg (max 1200 ton) trafikerar sträckan (WSP, 2020).

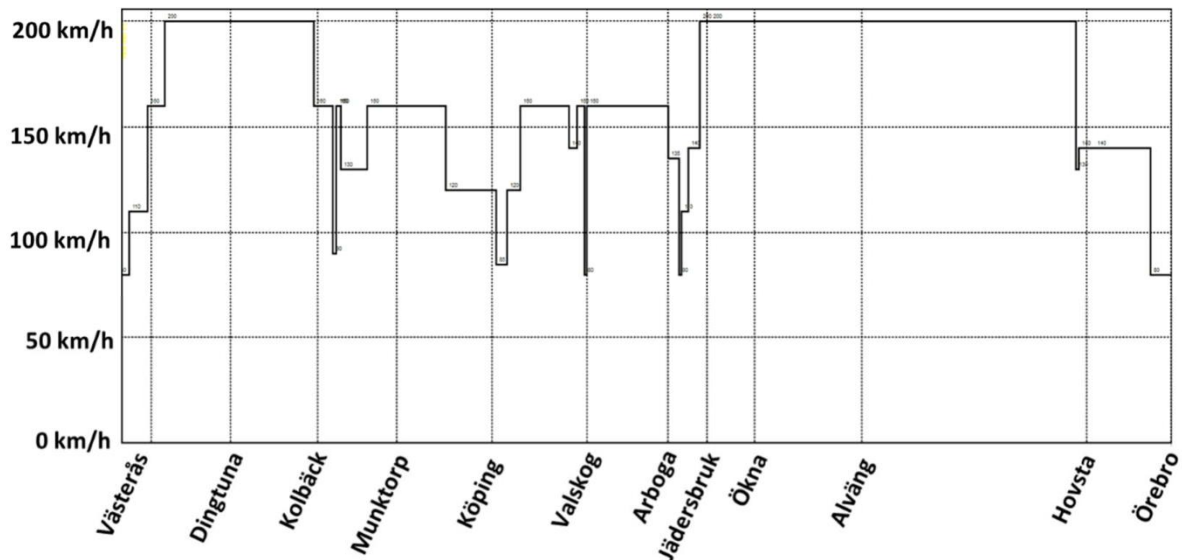


Figur 7 Schematisk kartbild över Mälärbanan mellan Örebro och Västerås

Den högsta tillåtna hastigheten varierar på sträckan mellan Örebro och Västerås, från 80 till 200 km/h, se Figur 8. Hastighetssänkningar finns primärt på enkelspårsträckan mellan Kolbäck och Hovsta.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 8 Hastighetsdiagram Västerås – Örebro.

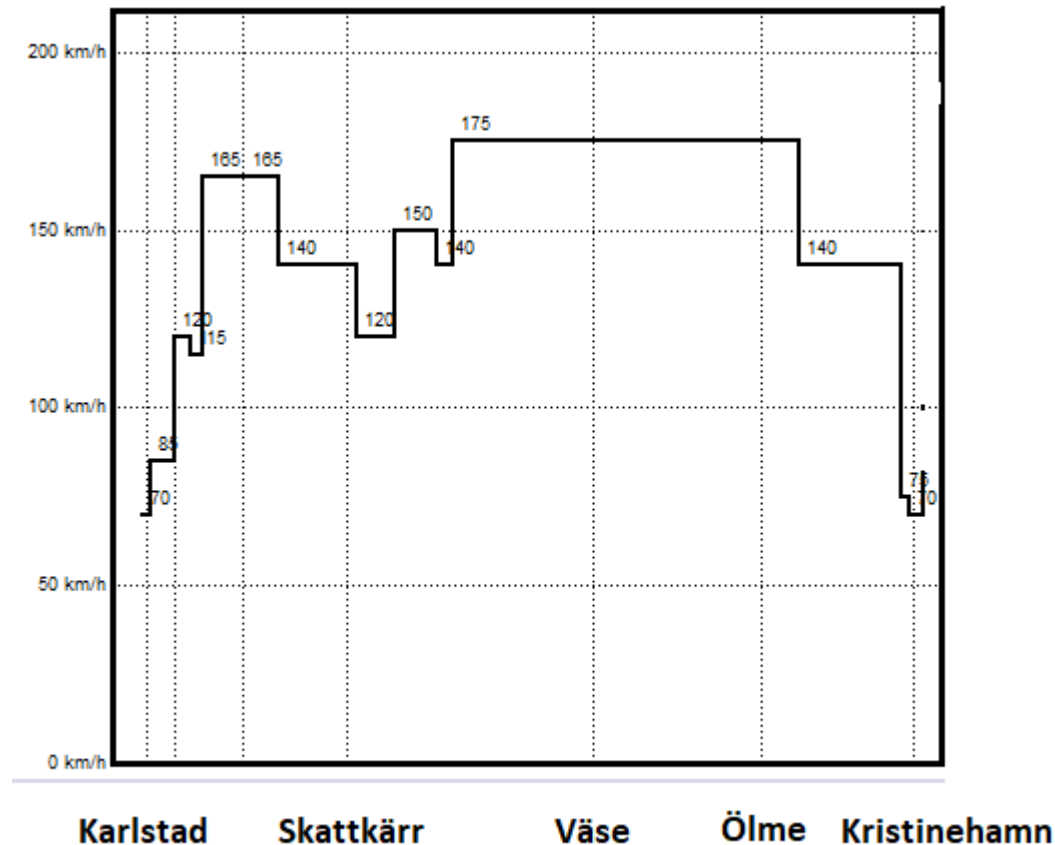
Efter Västerås består Mälarbanan av dubbelspår, fram till Tomtebodavägen, där Trafikverket just nu bygger ut järnvägen till fyra spår.

Godsstråket genom Bergslagen sträcker sig från Storvik i norr till Mjölby i söder. Sträckan Storvik – Frövi är enkelspårig medan sträckan Frövi – Örebro – Hallsberg är dubbelspårig. Enligt Linjeboken (Trafikverket, 2021b) är den största tillåtna hastigheten genomgående 130 kilometer i timmen på sträckan, med sänkt hastighet i anslutningarna till Frövi och Örebro till 80 kilometer i timmen.

Mellan Kristinehamn och Kil går i dag Värmlandsbanan som består av enkelspårig järnväg med ett antal mötesspår och stationer för resandebutbyte. Befintliga mötesspår finns belägna i Ölme, Väse, Skattkärr, Skåre och strax söder om Kil (Trafikverket, 2020a). På sträckan mellan Karlstad och Kristinehamn varierar den största tillåtna hastigheten mellan 70 och 175 km/h, se Figur 9.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

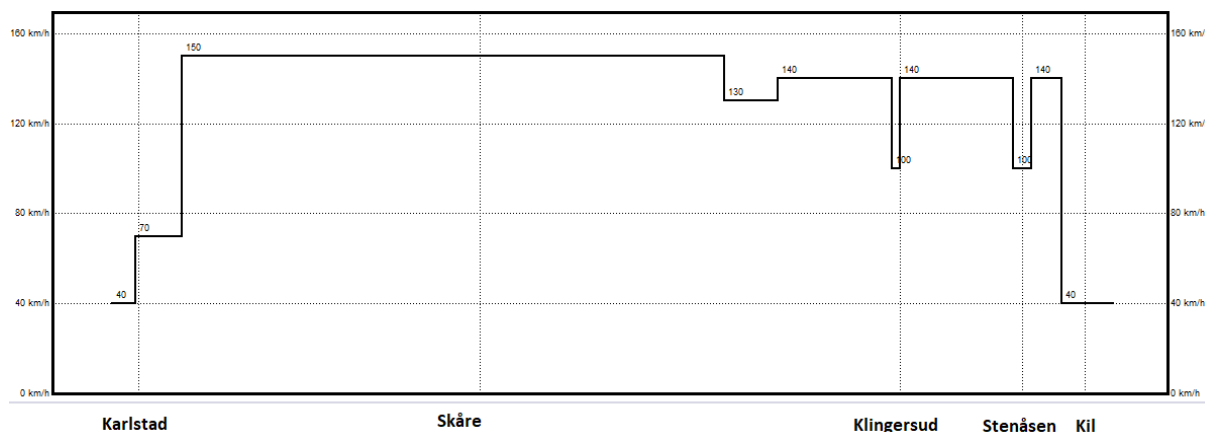


Figur 9 hastighetsdiagram, mellan Karlstad och Kristinehamn

På sträckan mellan Karlstad och Kil är den största tillåtna hastigheten relativt konstant - cirka 140 km/h, med hastighetsnedsättningar i Klingersid och Stenåsen, samt innan Kil och Karlstad.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 10 Hastighetsdiagram mellan Karlstad och Kil

Precis som för nästan samtliga banor i Sverige är de berörda banorna elektrifierade, utrustade med ATC och trafikeras med trafikeringssystem H (Trafikverket, 2020a).

Infrastrukturutveckling

På sträckan Oslo – Örebro – Stockholm finns det planer för två nya järnvägsstråk, Nobelbanan mellan Örebro och Kristinehamn, samt Gränsbanan mellan Karlstad (Arvika) och Oslo (Sweco, 2017).

Nobelbanan planeras som dubbelspårig järnväg, ca 70 kilometer lång, mellan Kristinehamn och Örebro, med en ny station på sträckan mellan orterna Karlskoga och Degerfors. Mellan Arvika och Lilleström, i Norge, planeras dubbelspårig järnväg av cirka 92 kilometer (Sweco, 2017).

Målet med den nya järnvägen är att klara restidsmålet mellan Stockholm och Oslo på 2 timmar och 55 minuter.

Trafik

På Mälmarbanan trafikerar främst SJ:s regionaltåg med timmestrafik, samt med insatståg i högtrafik. Tågen trafikerar bland annat Stockholm – Hallsberg och Stockholm – Göteborg. Utöver dessa relationer går enstaka tåg på sträckorna Stockholm – Örebro, Västerås – Göteborg, Stockholm – Arboga samt Hallsberg – Västerås (Trafikverket, 2020b).

Sträckan Örebro – Frövi är en av Sveriges mest trafikerade av långväga gods. De flesta godstransporter med start i Norrland/Dalarna som ska till Göteborg, Malmö eller rangerbangården i Hallsberg trafikerar sträckan.

Mälmarbanan trafikeras även av en del godstrafik där en stor del av godstågen är från Dalarna och Norrland, och omleds via sträckan Sala – Kolbäck, på grund av kapacitetsbrist på delen Avesta – Frövi. Utöver denna trafik tillkommer lokala vagnslasttåg i relationerna Bro/Västerås – Hallsberg samt godståg från Svealandsbanan på sträckan Valskog – Jädersbruk – Frövi. Godstågen från Svealandsbanan består dels av SSAB:s ståltåg i relationen Borlänge – Oxelösund, samt vagnslasttåg i relationen Folkesta – Hallsberg/Göteborg (WSP, 2020).

Värmlandsbanan trafikeras i dag av både fjärrtågstrafik i regi av SJ och Tågab i relationer så som Stockholm – Hallsberg – Karlstad – Oslo, (Stockholm) – Hallsberg – Karlstad – Göteborg samt Falun – Hällefors – Kristinehamn – Göteborg. Totalt trafikeras sträckan av tio enkelturer per dygn (Trafikverket, 2020b).

Värmlandstrafiken trafikerar lokal och regional persontrafik, totalt är det 40 enkelturer mellan Kristinehamn och Kil, samt ytterligare 20 enkelturer mellan Karlstad och Kil – totalt 60 enkelturer per dygn (Trafikverket, 2020b).

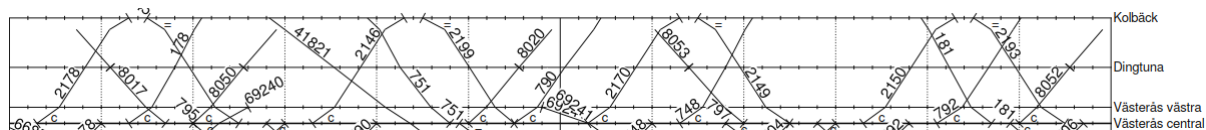
Utöver persontrafiken finns en relativt omfattande godstrafik på sträckan. Trafikeringen sker primärt av Green Cargo men även av andra operatörer så som Vänerepressen,

Hector Rail och Tågab. Totalt trafikeras sträckan Kristinehamn – Karlstad av 31 godståg per dygn och 47 godståg om dygnet trafikerar sträckan Karlstad – Kil (Trafikverket, 2020b).

Trafiken på de planerade Nobelbanan och Gränsbanan, har i målbilder beskrivits för fjärr- och regionaltrafik. Fjärrtrafiken ska enligt målbild gå med snabbtåg med största tillåtna hastighet av 250 km/h, medan regionaltrafiken trafikerar med expresståg med största tillåtna hastighet av 200 km/h. Detta för att klara restidsmålet på två timmar och 55 minuter mellan Oslo och Stockholm (Sweco, 2017).

Analys av noden Oslo – Örebro – Stockholm

Kolbäck – Västerås (Mälarbanan)



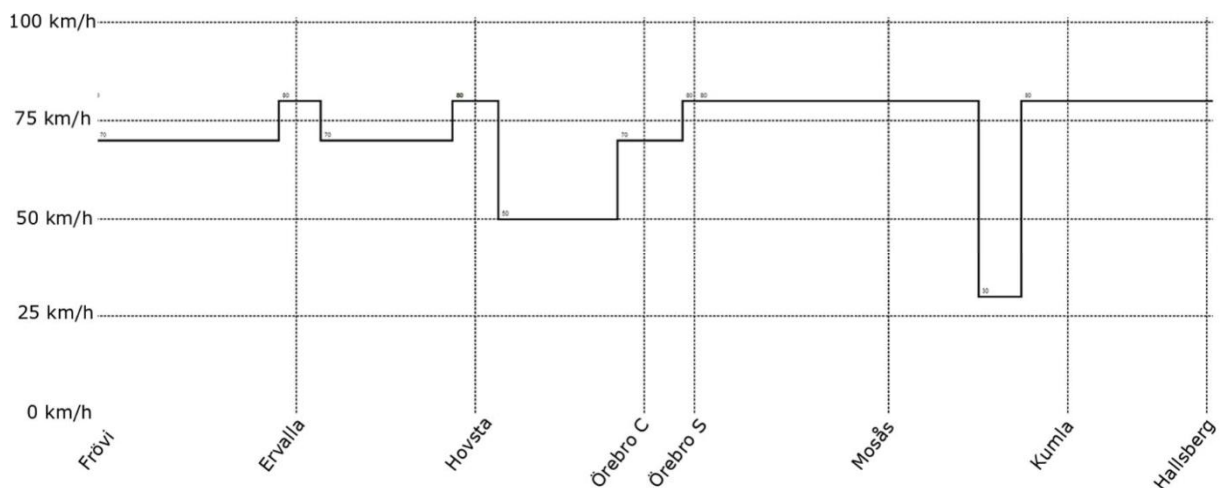
Figur 11 Daglig graf, mellan Kolbäck och Västerås, kl 16:00-18:00 2021-10-13

Persontrafiken ger under högtrafik viss förseningskänslighet för norrgående tåg omkring Kolbäck. Detta beror på att UVEN som gör uppehåll i Kolbäck följs av ett snabbtåg som inte gör uppehåll på stationen. Dessutom kommer de snabbare tågen ikapp de framförvarande, norrgående, långsammare tågen (Bergslagspendeln) längs sträckan Västerås västra – Västerås C.

Frövi – Hallsberg (Godsstråket genom Bergslagen)

Godsstråket genom Bergslagen är anpassad för godståg med en största tillåtna axellast på 22,5 ton (STAX D) och en vagnmetervikt på 6,4 ton. En stor del av godstågen är tunga och merparten av de södergående tågen har en vagnvikt mellan 1500 och 2600 ton. Detta resulterar i att tåg med en axellast på 25 ton (STAX E) behöver köras som specialtransporter med särskilda transportvillkor, till exempel begränsad hastighet.

Största tillåtna hastighet varierar mellan 80 km/h, Frövi – Hovsta, till 50 km/h, Hovsta – Örebro, se Figur 12.



Figur 12 Hastighetsprofil för STAX E, Frövi – Hallsberg

Hastighetsbegränsningarna innebär längre gångtider för godstågen men även en risk för att andra tåg får längre transporttider eller försenas i ett operativt läge, om de skulle hamna bakom ett godståg med STAX E.

Kristinehamn – Kil (Värmlandsbanan)

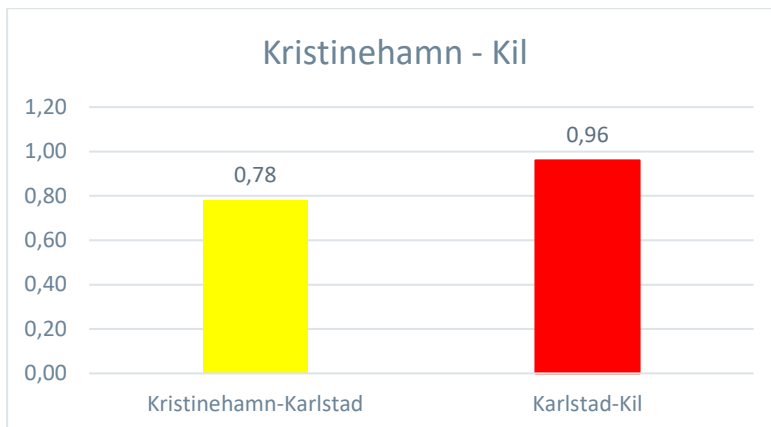
Värmlandsbanan är, som tidigare nämnts, hårt belastad av stora mängder trafik. Trafiken är blandad och består av både fjärr-, regional- och godståg.

Nedan redovisas det teoretiska kapacitetsutnyttjandet för sträckan Kristinehamn – Karlstad – Kil. De teoretiska kapacitetsberäkningarna har utförts med samma metodik som de kapacitetsberäkningar för linjekapacitet som Trafikverket utför i samband med årsredovisningen av kapacitetsutnyttjande. Med linjekapacitet menas hur många tåg som kan framföras på en linjedel under en tidsperiod förutsatt en viss tågsammansättning. Med kapacitetsutnyttjande menas hur stor del av banans teoretiska kapacitet som är utnyttjad. Optimal nivå för kapacitetsutnyttjande är en

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

avvägning mellan kvantitet och kvalitet. Från det teoretiska kapacitetsutnyttjandet kan man på en översiktlig nivå åskådliggöra var det finns kapacitetsbegränsningar, punktlighetsproblem och var eventuella åtgärder behövs i systemet.

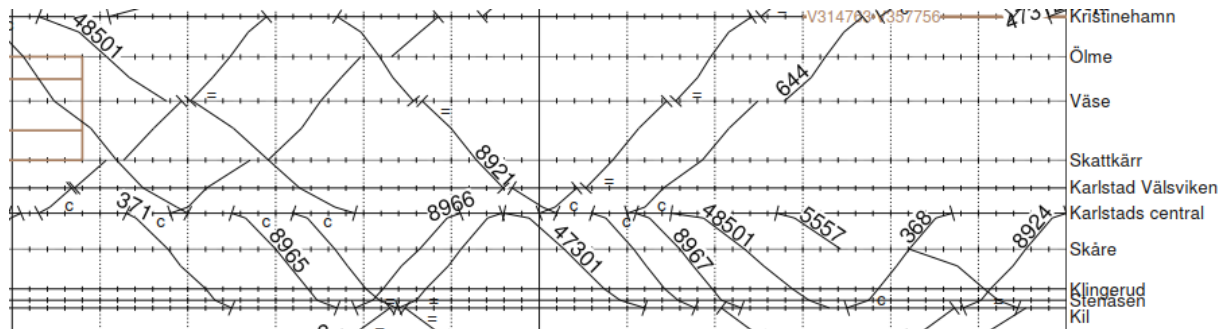


Figur 13 Teoretiskt kapacitetsutnyttjande 2021, Kristinehamn – Kil

Problematiken på Värmlandsbanan blir tydlig vid studie av kapacitetsutnyttjandet på banan. Både Karlstad – Kil och Kristinehamn – Karlstad har höga nivåer av kapacitetsutnyttjande, mycket beroende på den höga belastningen, den blandade trafikeringen och att banan består av enkelspår. På sträckan mellan Karlstad – Kil är kapaciteten helt slut och ger en bild av en störningskänslig bana med en låg eller ingen återställningsförmåga. Med återställningsförmåga menas möjligheten att hantera försenade tåg i trafiksystemet samt att förhindra att dessa tåg leder till förseningar för övrig trafik.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 14 Daglig graf, mellan Kristinehamn och Kil, kl 16:00-18:00, 2021-10-13

Vid studie av daglig graf, se Figur 14, framgår det att flera av tågen har relativt långa uppehållstider på mötesstationerna, så som Ölme, Väse, Skattkärr och Skåre.

Även om uppehållstiderna skulle kunna minimeras med tidtabelloptimering kvarstår den stora kapacitetsbristen på banan mellan Kil och Kristinehamn.

Punktlighetsproblemen och belastningssituationen blir svår att planera bort och banan har stora behov av nya infrastruktursatsningar, exempelvis längre mötesspår eller dubbelspår.

Sekundär Nod: Kopparberg – Lindesberg – Örebro

Trafik mellan Kopparberg – Lindesberg – Örebro sker på Bergslagsbanan respektive Godsstråket genom Bergslagen.

Sträckan mellan Frövi och Örebro överlappar tidigare behandlade sträcka, Oslo – Örebro – Stockholm. Sträckans infrastruktur och trafikering är därav redan beskriven i tidigare kapitel.

Befintlig infrastruktur

Bergslagsbanan består av enkelspår mellan Kopparberg och Frövi. Enligt Linjeboken (Trafikverket, 2021b) varierar den största tillåtna hastigheten på sträckan mellan 60 och 120 kilometer i timmen. Linjen präglas av flertalet plankorsningar med

vägskyddsanläggningar, där exempelvis plankorsningen i Vasstorp saknar vägskyddssignalering.

Precis som för nästan samtliga banor i Sverige är båda de berörda banorna elektrifierade, utrustade med ATC och trafikeras med trafikeringsystem H.

Trafik

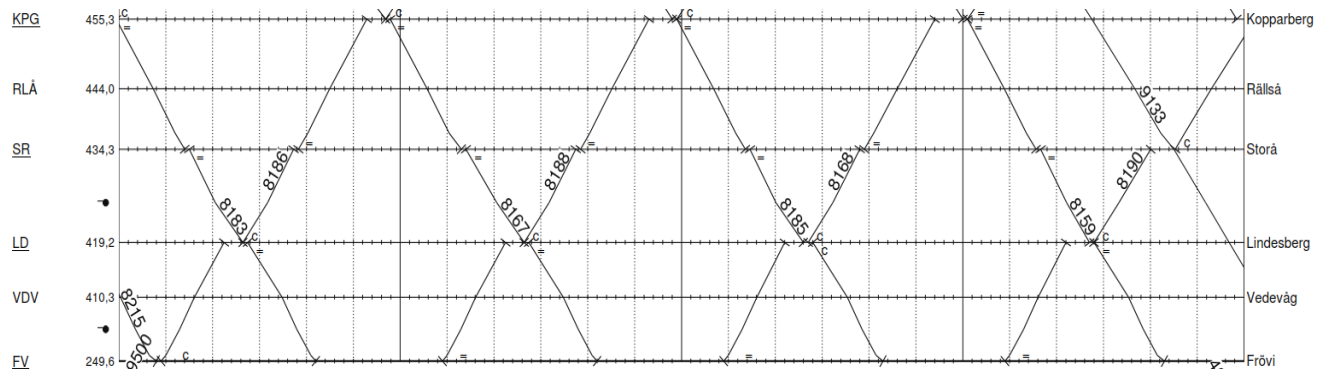
Regionaltrafiken på Bergslagsbanan körs i entimmestrafik med start i Gävle, Borlänge och Mora. I högtrafik tillkommer insatståg med start i Lindesberg. I Frövi ansluter regionaltågen via Avesta Krylbo som trafikerar längs Godsstråket genom Bergslagen. Tågen startar i Gävle och körs i varannantimmestrafik. Tågen norrifrån vänder i Örebro S, Mjölby, Hallsberg och Laxå. I Hovsta ansluter även SJ:s trafik som består av regionaltrafik som körs med timmestrafik mellan Stockholm – Västerås – Hallsberg, samt Stockholm – Västerås – Göteborg. Även trafik från Svelandsbanan ansluter i Hovsta, detta är Mälardalstrafiks regionaltåg som körs i relationen Stockholm – Örebro. Tågen körs i entimmestrafik, men hälften av tågen vänder i Arboga och belastar därav inte sträckan Hovsta – Örebro (WSP, 2021).

Analys av noden Kopparberg – Lindesberg - Örebro

Vid studie av daglig graf (Trafikverket, 2021a) framgår hur norrgående tåg mot Kopparberg får invänta södergående regionaltåg i Lindesberg. Tiden för stoppet varierar med intervallen 5-8 minuter under vardag mellan 8:00 och 12:00. Se Figur 15 nedan. Även nästkommande stopp i Storå, sker längre uppehåll för inväntande av tåg norrifrån.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

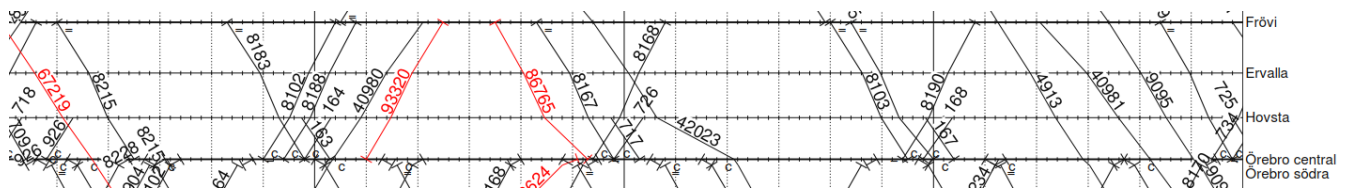
06/2021

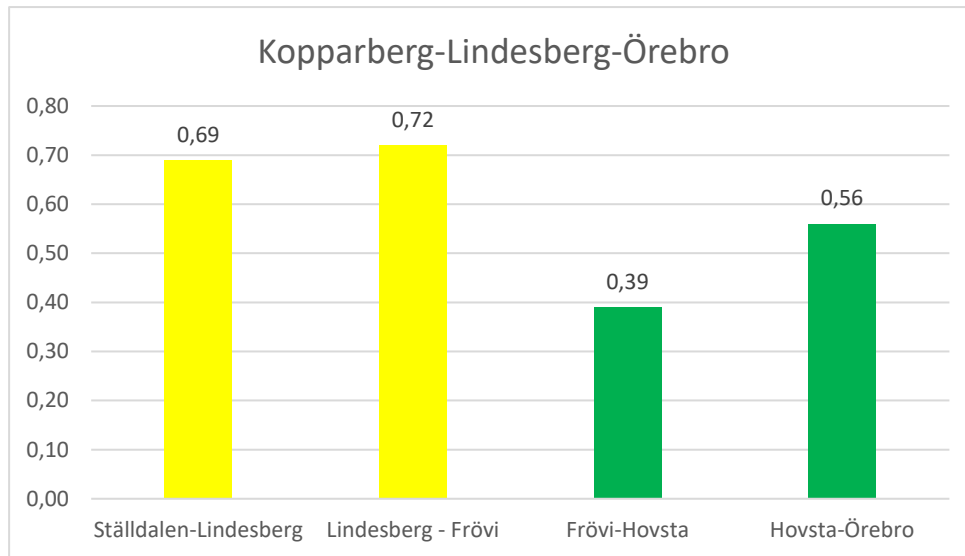


Figur 15 Daglig graf 212013 22, Kopparberg-Frövi

En optimering av tidtabellen skulle kunna resultera i en lägre gångtid för tåg som trafikerar sträckan.

På Godsstråket genom Bergslagen, mellan Frövi och Örebro, är det som nämnts ovan dubbelspår med en högre belastning av trafik. Se Figur 16 nedan.





Figur 17 Det teoretiska kapacitetsutnyttjandet för sträckan Kopparberg – Lindesberg – Örebro, idag

Godsstråket genom Bergslagen, med sträckorna Frövi – Hovsta och Hovsta – Örebro ligger i dag på en nästan optimal nivå av kapacitetsutnyttjande. Robusthetsproblematik kan inte utläsas från det teoretiska kapacitetsutnyttjandet.

Bergslagsbanan, med sträckorna Ställdalen – Lindesberg och Lindesberg – Frövi, har ett högre kapacitetsutnyttjande, mycket till följd av att det är enkelspår på banan. Nivåerna av det teoretiska kapacitetsutnyttjandet ger en bild av en störningskänslig bana med en låg återställningsförmåga.

Sekundär nod: Katrineholm – Eskilstuna – Västerås

Trafikering mellan Katrineholm – Eskilstuna – Västerås sker på banan Sala – Oxelösund, även benämnd TGOJ-banan, och Västra stambanan. Mellan Eskilstuna C och Rekarne delar TGOJ-banan spår med Svealandsbanan.

Sträckan mellan Västerås och Kolbäck överlappar tidigare behandlade sträcka, Oslo – Örebro – Stockholm. Sträckans infrastruktur och trafikering är därav beskriven i tidigare kapitel.

Befintlig infrastruktur

TGOJ-banan, vilken sträcker sig via Västerås, Eskilstuna och Flen, är till stor del enkelspårig. Från Västerås till Kolbäck är banan dubbelspårig och från Kolbäck till Folkesta är det enkelspår. Resterande sträcka på Svealandsbanan fram till Eskilstuna består av dubbelspår. Söder om Eskilstuna är det enkelspår hela vägen till Oxelösund med mötesspår i Skogstorp, Hållsta, Bälgviken, Hälleforsnäs och Mellösa innan banan når Flen (WSP, 2018).

Västra stambanan är en av Sveriges viktigaste och hårdast belastade järnvägar. Västra stambanan går från Stockholm via Katrineholm och Hallsberg till Göteborg. Västra stambanan har dubbelspår, men även fyrspår förekommer. Sträckan Flen – Katrineholm är dubbelspårig.

Precis som för nästan samtliga banor i Sverige är båda de berörda banorna elektrifierade, utrustade med ATC och trafikeras med trafikeringssystem H (Trafikverket, 2020a).

Trafik

Mälardalen kopplas ihop i nordsydlig riktning av UVEN-tåget, som trafikerar från Sala via Västerås i norr till Linköping via Katrineholm i söder. UVEN har i dag entimmestrafik på hela sträckan samt en insatstur Västerås – Eskilstuna under högtrafik.

På sträckan Rekarne – Folkesta trafikerar Mälardalstrafik med entimmestrafik i relationen Stockholm – Arboga/Örebro. Godstrafiken på sträckan består av SSAB:s ståltåg som trafikerar Borlänge – Oxelösund, samt vagnslasttåg till och från Folkesta (WSP, 2021).

Sträckan Folkesta – Eskilstuna C innehar samma persontrafik som på Rekarne-Folkesta. Utöver persontrafiken så trafikeras sträckan av cirka 24 godståg per dygn (Trafikverket, 2020b).

På sträckan Eskilstuna C – Flen, sker persontågstrafikering som nämnts ovan av UVEN. I timmestrafiken sker systemmöten i Hälleforsnäs. Vid förtätningen till halvtimmestrafik i högtrafik innebär detta att systemmöten även sker i Skogstorp, Hållsta och Flen. Sträckan trafikerar enligt daglig graf 2021-10-13 av 13 godståg (WSP, 2021).

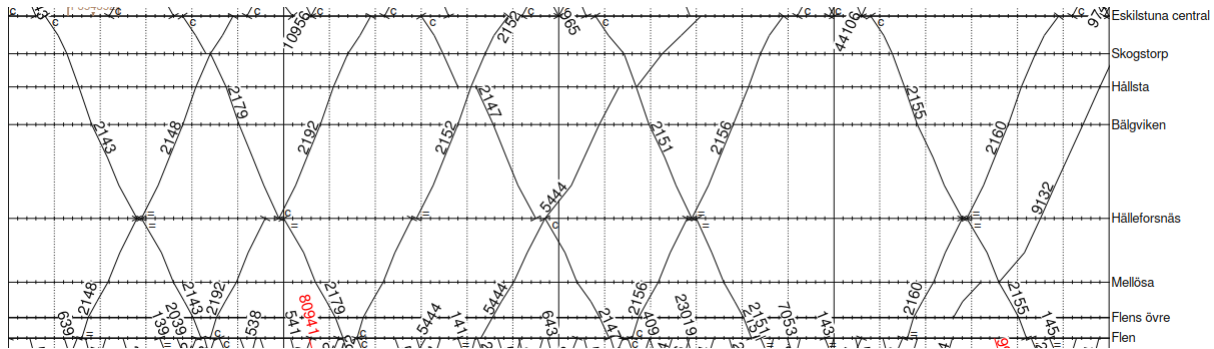
Sträckan Flen – Katrineholm trafikeras, som nämnts ovan, av UVEN. Även av fjärrtåg i regi av SJ och MTRX. På sträckan tillkommer även Södra stambanans fjärrtåg, mellan Katrineholm och Stockholm. Västra stambanan är hårt belastad av intensiv godstrafik. Sträckan mellan Flen och Katrineholm trafikerades i daglig graf 2020-10-14 av 32 godståg (WSP, 2021).

Analys av noden Katrineholm – Eskilstuna – Västerås

I daglig graf, datum 211013 kl. 16:00-20:00, se Figur 18, kan på TGOJ-banan, mellan Eskilstuna och Flen, utläsas de tidigare nämnda systemmötena. Systemmötena som sker i Skogstorp, Hållsta, Flen och Hälleforsnäs innebär en förlängning av gångtiden för flera av tågen. Framförallt i Hållsta och Hälleforsnäs sker längre stopp för att invänta mötande trafik, till exempel väntar tåg 2147 ca 4 minuter i Hållsta för möte med tåg 2152 och i Hälleforsnäs inväntar tåg 2192, tåg 2179 i ca 4 minuter. Om tågmötestiderna kan minimeras skulle gångtiden för flertalet tåg kunna minska.

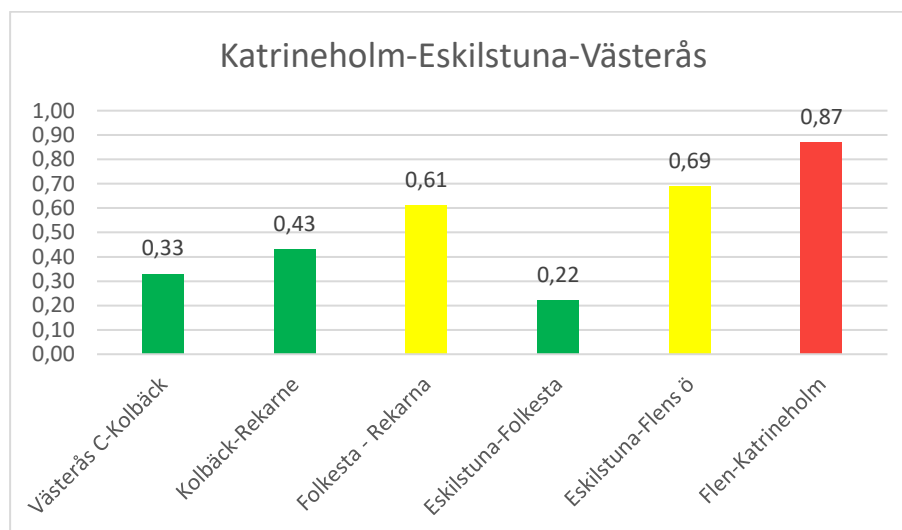
Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 18 Daglig graf, datum 211013 kl 16:00-20:00

Nedan redovisas det teoretiska kapacitetsutnyttjandet för sträckan Katrineholm – Eskilstuna – Västerås. Optimal nivå för kapacitetsutnyttjande är, som tidigare nämnts, en avvägning mellan kvantitet och kvalitet. Från det teoretiska kapacitetsutnyttjandet kan man på en översiktlig nivå åskådliggöra var kapacitetsbegränsningar, punktlighetsproblem och var eventuella åtgärder behövs i systemet.



Figur 19 Det teoretiska kapacitetsutnyttjandet för sträckan Katrineholm - Eskilstuna - Västerås

Sträckorna Västerås – Kolbäck och Kolbäck – Rekarne ligger i dag på en nästan optimal nivå av kapacitetsutnyttjande. Robusthetsproblematik kan inte utläsas från det teoretiska kapacitetsutnyttjandet. Även Folkesta – Rekarne som ligger precis på gränsen vid 60 % kapacitetsutnyttjande bör klara sin trafik utan större störningsproblematik. Eskilstuna – Folkesta har istället ett något för lågt kapacitetsutnyttjande. Eskilstuna – Flen har ett högre kapacitetsutnyttjande, mycket till följd av att det är enkelspår på banan. Nivåerna av det teoretiska kapacitetsutnyttjandet ger en bild av en störningskänslig bana med en relativt låg återställningsförmåga.

På Västra stambanan, mellan Flen och Katrineholm med sin höga belastning av blandad trafik, med mycket gods, ligger kapacitetsutnyttjandet på nästan kritiska nivåer och det finns en väldigt låg återställningsförmåga och relativt hög störningskänslighet.

Tertiär nod: Örebro – Askersund

Örebro C har en god anknytning med Örebro resecentrum som är direkt anknutet med bussterminal till plattformarna på Örebro C, vilket möjliggör för snabba och smidiga bytesmöjligheter mellan tåg och buss i Örebro.

Länstrafiken Örebro trafikerar sträckan via busslinje 841, Örebro – Åsbro – Askersund. Resan tar ca 53 minuter. Busslinjen trafikerar med timmestrafik, samt halvtimmemestrafik i högtrafik (Länstrafiken Örebro, 2021). Busslinjen avgår 15 minuter över varje timme, förutom i högtrafik då ytterligare turer avgår vid minut 45.

Avgångstiderna innebär att nästan samtliga avgångar kan anslutas mot tågtrafiken från Örebro C. Exempelvis ankommer SJ regionaltåg från både Stockholm (via Västerås och Arboga) och Hallsberg strax innan busslinjens avgång (Jernhusen, 2021). Även TIB/SJ:s turer från Laxå och Gävle ankommer strax innan busslinje 841 avgår. Detta ger resenärer en möjlig bytestid av ca 5–15 minuter.

Tertiär nod: Örebro – Hällefors

Länstrafiken Örebro trafikerar sträckan via busslinje 802, Örebro – Hällefors. Resan tar ca 1 timme och 15 minuter. Busslinjen trafikerar med 7 turer om dygnet, måndag till fredag (Länstrafiken Örebro, 2021).

På morgonen avgår busslinjen klockan 06.20 från Örebro Resecentrum. Det är då möjligt att byta från något av SJ:s regionaltåg från Hallsberg eller Västerås, som ankommer 05:55, 06:04 och ett andra tåg från Hallsberg 06:15 (Jernhusen, 2021).

På samma sätt ankommer busslinjen i Örebro från Hällefors på morgonen vid 07:00, vilket gör det möjligt att byta till tåg, via SJ Regional till Västerås, via Köping, Arboga, 07:05 eller Västtågen till Lidköping, via Mariestad, Laxå, Hallsberg, 07:13 eller TIB/SJ:s tåg till Borlänge, via Ludvika, Frövi, 07:15 (Jernhusen, 2021).

På eftermiddagen finns det sämre möjligheter för direktbyten mellan tåg och busslinje 802. Från Örebro avgår bussarna på något udda tider av 15:05 och 19:20 (Länstrafiken Örebro, 2021), vilket innebär längre väntetider i Örebro för byte mot Hällefors. Turen i motsatt riktning ankommer i Örebro vid 15:30 eller vid 17:55.

Noder i Finland

Primär nod: Helsinki – Tampere (Finland)

Befintlig infrastruktur

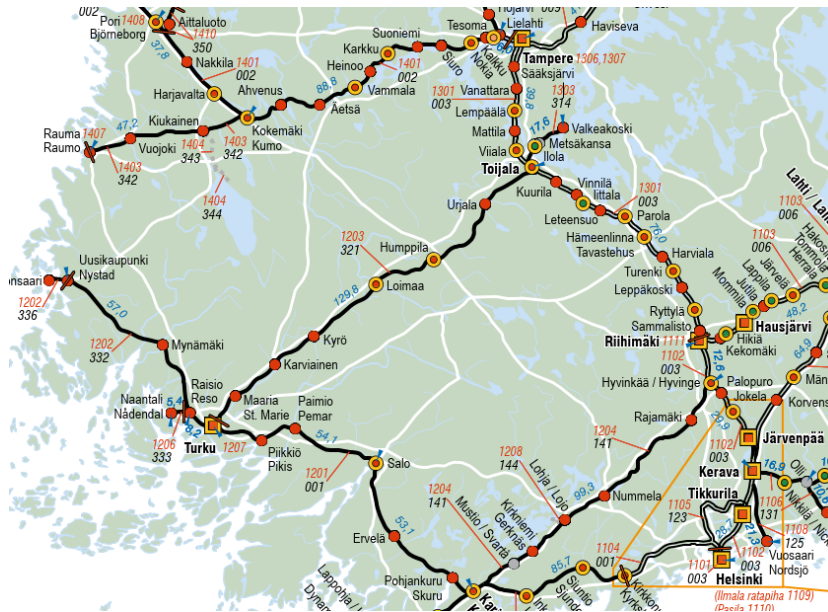
Sträckan Helsinki – Tampere sträcker sig över två banor: Riihimäki–Tampere och Helsinki – Riihimäki (se Figur 20). Båda banorna är dubbelspåriga, men med fyrspår mellan Purola – Ainola och Kytömaa – Helsinki, samt trespår på sträckan Sääksjärvi – Tampere). Hela sträckningen är elektrifierad och trafikeras av både persontåg och godståg. (Finnish Transport Infrastructure Agency, 2020)

Banan Riihimäki–Tampere är 116 km lång och har 10 stationer (inklusive Tampere och Riihimäki). Hela sträckningen har hastighet på 200 km/h. Helsinki – Riihimäki är 71,4

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

km lång och har 22 stationer. Hastighet på sträckningen Helsinki – Pasila är 80 km/h, Pasila – Tikkurila 160 km/h, och Tikkurila – Riihimäki 200 km/h. (Finnish Transport Infrastructure Agency, 2020)



Figur 20 Järnvägsnätet i sydvästra Finland

Det finns inga förbigångsspår på linjen på dubbelspårssträckningen Purola – Sääksjärvi. Stationer på linjen har huvudsakligen plattformslägen vid huvudspår (se Tabell 11).

	Plattformslägen	Plattformsläge vid sidospår?
Tampere	5	Ja
Lempäälä	2	Nej
Viiala	2	Nej
Toijala	4	Ja
Iittala	2	Nej

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Parola	2	Nej
Hämeenlinna	3	Ja
Turenki	2	Nej
Ryttylä	2	Nej
Riihimäki	6	Ja
Hyvinkää	3 (1)	Ja
Jokela	3	Ja
Järvenpää	3	Ja
Kerava	4	Ja
Tikkurila	6	Ja
Pasila	11	Ja
Helsinki	19	Ja

Tabell 11 Stationer på sträckan Helsinki – Tampere med stopp i tidtabellen

Infratstrukturutveckling och restriktioner

På linjen är det nedsatt hastighet (gäller 2022) på följande sträckningar:

003	Helsinki	Kerava	7+690 – 7+790 100 km/h	Oulunkylä, track kondition
003	Helsinki	Kerava	21+200 – 21+530 120 km/h	Hanala, track geometry
003	Helsinki	Kerava	29+650 – 29+805 140 km/h	Kerava, track geometry
003	Kerava	Hyvinkää		No speed limits due to track condition expected at the moment
003	Hyvinkää	Riihimäki		No speed limits due to track condition expected at the moment
003	Riihimäki	Toijala	2 km, 80 km/h	Average limit in 2021
003	Toijala	Tampere	2 km, 80 km/h	Average limit in 2021

Tabell 12 Hastighetsnedsättningar på sträckan Tampere – Helsinki

Trafik

Även om större delen av sträckan Helsinki – Tampere tillåter hastighet på 200 km/h så begränsas restiden av tågens maxhastighet. Avstånd och restid för bil och tåg för sträckan ses i Tabell 13.

Sträcka	Distans (km)	Restid, bil (h, 2018)	Restid, tåg (h, VR 2019)
Helsinki-Tampere	178	1:50	1:34

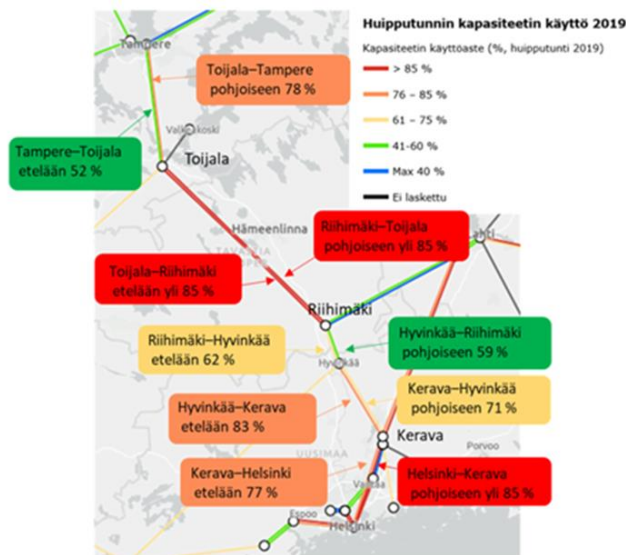
Tabell 13 . Restider Helsinki-Tampere

Det är i dag redan brist på kapacitet på linjen samtidigt som det finns behov av tidsluckor för underhåll. Plattformskapaciteten är också dålig på de flesta stationerna på sträckan. På sträckan Riihimäki – Toijala finns det utmaningar med tidtabellen för att få ihop blandad person- och godstrafik, eftersom det inte finns möjlighet till förbigång på linjen och att sidospår på stationerna ligger på östra sidan; vilket ställer till det för trafiken söderut (Finland har högertrafik så södergående trafik, som behöver gå in på sidospår, måste då korsar norrgående spår) (Liikennevirasto, 2018).

Den nationella trafikprognosen för 2030 uppskattar en betydande tillväxt av trafiken på sträckan Helsinki – Riihimäki för både fjärrtrafik och lokal trafik. Eftersom kapacitetsutnyttjandet i dag är högt på sträckan så kräver en ökning i antalet persontåg investeringar i infrastrukturen. Det finns även planer på att utöka pendeltågstrafiken i regionen runt Tampere, vilket skulle leda till ytterligare ökat antalet tåg på sträckan in mot Tampere. (Liikennevirasto, 2018)

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 21. Kapacitetsutnyttjandet för södergående och norrgående tåg under rusningstid på sträckan Helsinki – Tampere, 2019

Eftersom möjligheten till förbigång på sträckan är begränsad behöver luckan mellan fjärrtrafik och lokaltrafik vara längre än önskat för att minska risken för ikappkörning (se Figur 21), vilket minskar möjlighet till fler tåglägen och gör banan mer störningskänslig.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Figur 22. Tidtabell för sträckan Tampere – Helsinki (VR, 2020)

Analys av sträckan Helsinki – Tampere

Utan möjlighet till förbigång, på linjen eller de flesta stationer på sträckan, så är det svårt öka antalet avgångar eller korta restidern. Eftersom fjärrtrafiken är beroende av att komma rätt med regionaltågen vid de få stationer som möjliggör förbigång så finns risken att systemets robusthet blir försämrade om trafikeringen på linjen ökar, vilket då kan leda till fler förseningar. Det är utifrån det därför svårt att med tidtabellläggning optimera kapaciteten utan att riskera att göra banan mer störningskänslig. Det är i dag redan hög hastighet på linjen, så hastighetsoptimeringar är inte heller relevanta för att

öka kapaciteten. Dock kan kapaciteten öka genom att öka antalet tåg som kan utnyttja maxhastigheten på banan – vilket inte verkar vara fallet idag. Men, eftersom banan trafikeras av både godståg och persontåg så finns det risk att det blir stor skillnad i hastigheter mellan tågen vilket istället minskar kapaciteten; godstrafik bör därför i sådant fall flyttas till andra banor, eller mindre trafikerade tider. För att öka kapaciteten ytterligare, utöver effekten som fås av snabbare tåg, behövs infrastrukturåtgärder göras som ökar möjligheten till förbigångar för fjärrtågen. Exempelvis förbigångsspår på linjen eller sidospår på stationer som möjliggör fjärrtåg att passera lokaltåg som har stopp för resandebutbyte.

Sekundär nod: Helsinki – Salo – Turku

På sträckan Espoo (Helsinki) – Salo planeras en ny höghastighetsbana. Den enkelspåriga banan mellan Helsinki – Salo går i dag en omväg förbi Karjaa (se Figur 23).



Figur 23. Ny sträckning för höghastighetsbana (Väylävirasto, 2020a)

Den nya sträckningen skulle förkorta avståndet mellan Turku och Helsinki med cirka 26 kilometer och göra hela sträckan dubbelspårig (sträckan Kirkkonummi – Helsinki är i

dag dubbelspårig). Dagens avstånd och restider för bil och tåg för sträckan Helsinki – Turku ses i Tabell 14.

Linje	Distans (km)	Restid, bil (2018)	Restid, tåg (VR 2019)
Helsinki-Salo-Turku	168	1:40	1:57 (1:48)

Tabell 14 Restider Helsinki-Salo-Turku (Väylävirasto, 2020)

Den nya höghastighetsbanan planeras för en maxhastighet på 300 km/h – det är dock risk att det landar på 220 km/h – med målet att nå en restid mellan Helsinki – Turku på 1 timme och 15 min. Nya stationer på sträckningen har ännu inte beslutats, men det är troligt att en ny station läggs i Lohja. I samband med byggande av höghastighetsbanan planeras att sträckan Salo – Turku byggs om till dubbelspår och att hastighetshöjningar görs för att nå restidsmålet (Väylävirasto, 2020a).

I dag trafikeras linjen Helsinki – Turku av godståg; med en framtida höghastighetsbana finns därför risken att godstrafiken sänker kapaciteten om trafiken inte flyttas över till annan sträckning (skillnad i hastighet leder till ikappkörningsproblem). En omflyttning kan dock i sin tur leda till försämrad kapacitet på banor som redan i dag har högt kapacitetsutnyttjande, så som Tampere – Helsinki. Ett alternativ är att, likt höghastighetsbanorna i Sverige, behålla dagens bana och låta godstågen trafikera den. Godstrafik och regionaltrafik (med flera stopp efter linjen) riskerar att minska möjliga avgångar för fjärrtrafiken på grund av risken för ikappkörning.

Tertiär Nod: Turku – Pori

Avståndet från Åbo till Pori är 140 kilometer och det finns i dag ingen direkt järnvägsförbindelse mellan de två städerna. För att resa med tåg mellan Åbo och Pori måste resenärer resa via Tampere, vilket gör att restiden blir lång: i snabbaste fall 3 timmar och 42 minuter (Perille, 2020). Det finns också problematik med att tåg passerar

sträckan Tampere – Helsinki som redan i dag har högt kapacitetsutnyttjande, vilket gör det svårt få till fler tåglägen. En möjlig lösning är att lägga nya tåglinjer Åbo – Toijala och ha resandebytte för att minska kapacitetspåverkan. Denna lösning tar dock plattformskapacitet i Toijala som är begränsad samt ökar restiden än mer. Tågresan mellan Turku – Pori kan jämföras med bussresa som tar ca 2 h 10 min, och bil som tar ca 1 h 43 min (Perille, 2020). Sträckan körs i dag med cirka nio bussturer om dagen. Det kan jämföras med tåg där det går runt 8 dubbelturer per dag mellan Turku – Tampere och Tampere – Pori, med tågbyte i Tampere.

Sträckan Tampere – Pori har nedsatt hastighet (gäller 2022) på följande sträckningar:

002	Tampere	Kokemäki	231+0500–231+0650 100 km/h	Condition of the turnout Kru V002
002	Kokemäki	Pori	305+000–306+000, 315+000–317+000, 322+000–324+000 50 km/h	Speed limits for heavy trains of more than 3,000 tonnes due to vibration

Tabell 15 Hastighetsnedsättningar på sträckan Tampere – Pori (Railway Network Statement 2022, 2020)

Noder i Estland

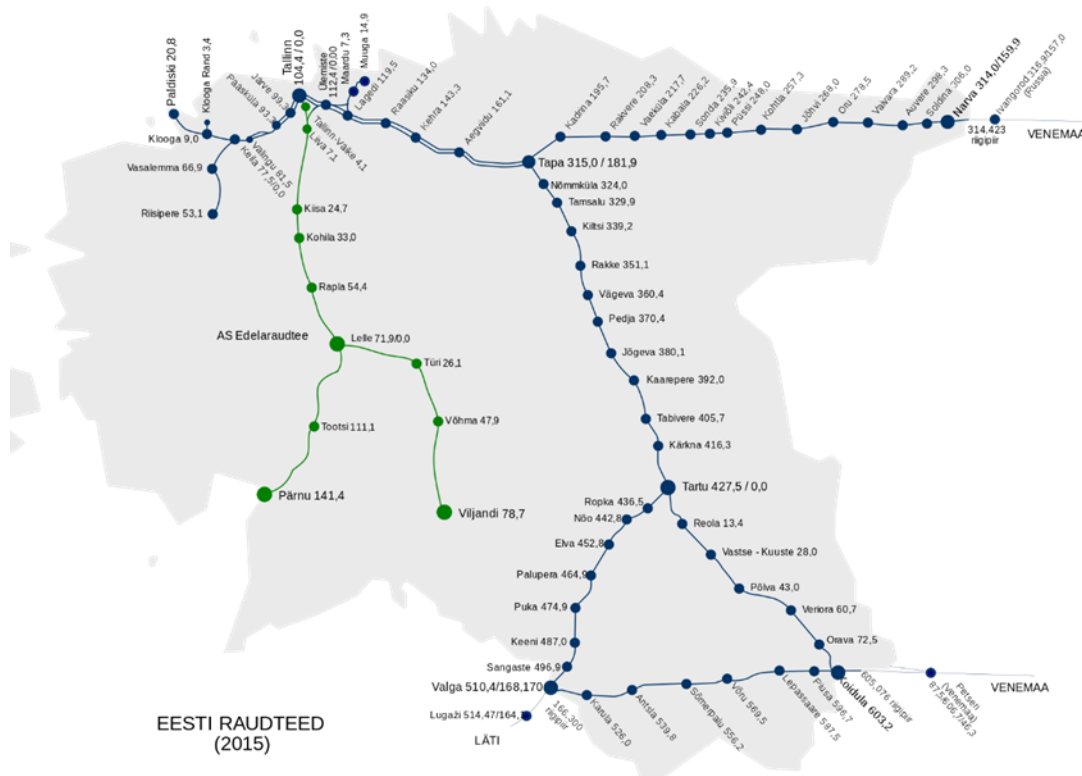
Primär Nod: Tallinn-Narva

Befintlig infrastruktur

Sträckan Tallinn – Tapa (som avser sträckan från 104,4 km till 181,9 km) är utrustad med dubbelspår, vars dubbelspår faktiskt är det längsta i hela nätverket. Återstående sträcka, Tapa – Narva (avser sträckan från 181,9 km till 314,0 km) är utrustad med enkelspår. Banan har blivit elektrifierad mellan Tallinn och Aegviidu, som ligger väster om Tapa. Se Figur 24.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 24 Karta över Estlands järnvägsnät. Blå linjer anger linjer som ägs och förvaltas av estniska Eesti Raudtee och gröna som visar linjerna för Edelaraudtee

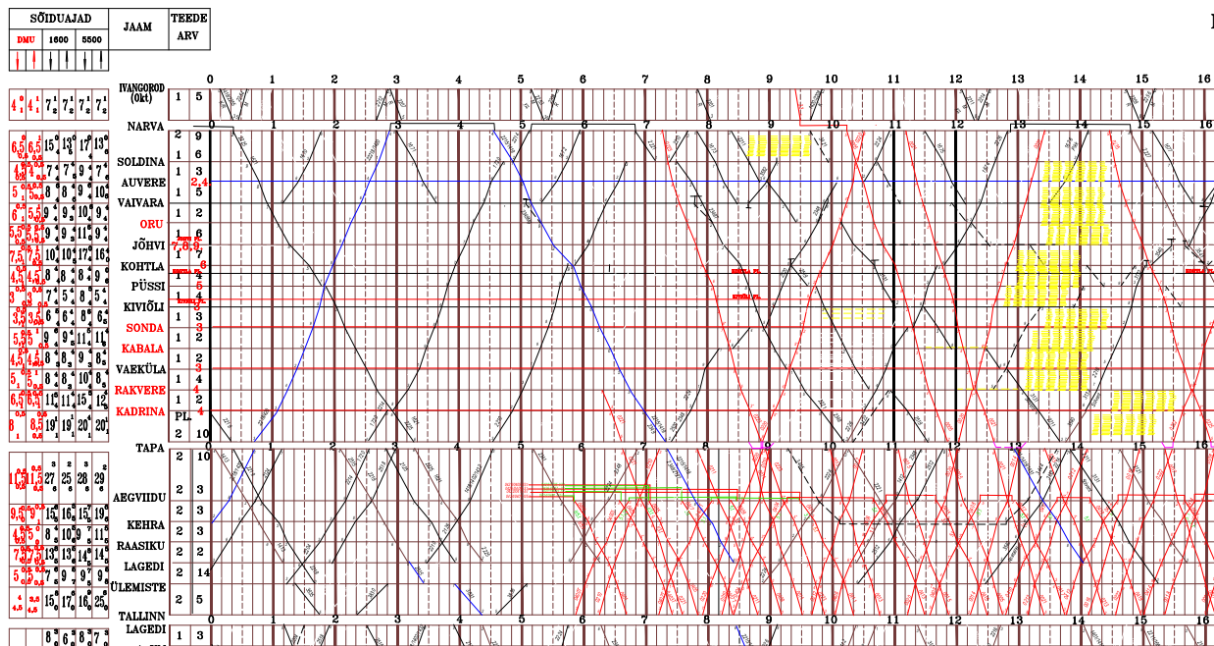
Avgående eltåg från Aegviidu är inte tillåtna att använda mer än 80% av deras maximala effekt. Det finns planer på att elektrifiera hela järnvägen till 2028.

Trafik

Strömförsörjningen till järnvägen medför en begränsning gällande dess kapacitet då minsta tidsintervallet mellan tåg på sträckan Raasiku - Aegviidu är var 16 minut i varje riktning. Om tåg med två elektriska enheter används i följd av varandra måste minsta tidsintervallet till nästkommande tåg vara 32 minuter.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 25 Grafisk tidtabell 0:00-13:00 Narva-Tapa

Figur 25 ovan illustrerar den grafiska tidtabellen mellan 0:00-13:00 på både enkel- och dubbelspåret mellan Narva – Tallin. En slutsats är att antalet passagerartåg mellan Narva – Tapa – Tallin varierar avsevärt mellan enkel- och dubbelspåriga sträckor. Dubbelspåriga sträckan har anslutande tågtrafik från söder (Tartu) och öst, utöver pendeltåg från och till Aegviidu. Relationer för persontrafik redogörs nedan:

- Aegviidu – Tallin: i genomsnitt 15 pendeltåg/dag/riktning
- Narva – Tapa – Tallinn: totalt 6 tåg/dag/riktning. Restiderna mellan Tallinn – Narva varierar mellan 2 timmar och 13 minuter (snabbtåg) och 2 timmar och 37 minuter (stannar vid de flesta stationer mellan Narva och Tapa)
- Tartu – Tallinn: cirka 10-11 tåg/dag/riktning

Analys av noden Tallinn – Narva

Passagerartåg som kör i motsatt riktning möts enbart en gång på enkelspårssektionen Narva – Tapa med en beräknad maximal uppehållstid på cirka 3 minuter för antingen ett av eller båda tågen. Upphållstiden verkar rimlig.

Godståg som har lägre prioritering jämfört med internationella förbindelser och lokal persontrafik tvingas emellertid till täta stopp på enkelspåret mellan Narva-Tapa för att släppa förbi andra tåg. Se godståg 2211 (Figur 25) som ett exempel, där restiden uppgår till nästan 7 timmar för att köra från Narva till Ulemiste (öster om Tallinn).

Järnvägsnätet i Estland har mycket hög punktlighet, där 99% av tågen under 2019 avgick/ankom i tid. Detta är dock enbart uppmätt i slutstationerna, där motsvarande tiden för elektriska respektive dieseltåg är 4 och 6 minuter. Förseningar på över 15 respektive 30 minuter uppgick till 0,15% respektive 0,13% (AS Eesti Liinirongid (Elron), 2020).

Elkraftförsörjningen verkar vara en av de främsta anledningarna till att begränsa tidtabellen avseende hastighet, kapacitet och flexibilitet för både gods- och persontrafik. Förstärkningar i elkraftförsörjningen på sträckan Tallinn – Narva kräver därtill stora investeringar.

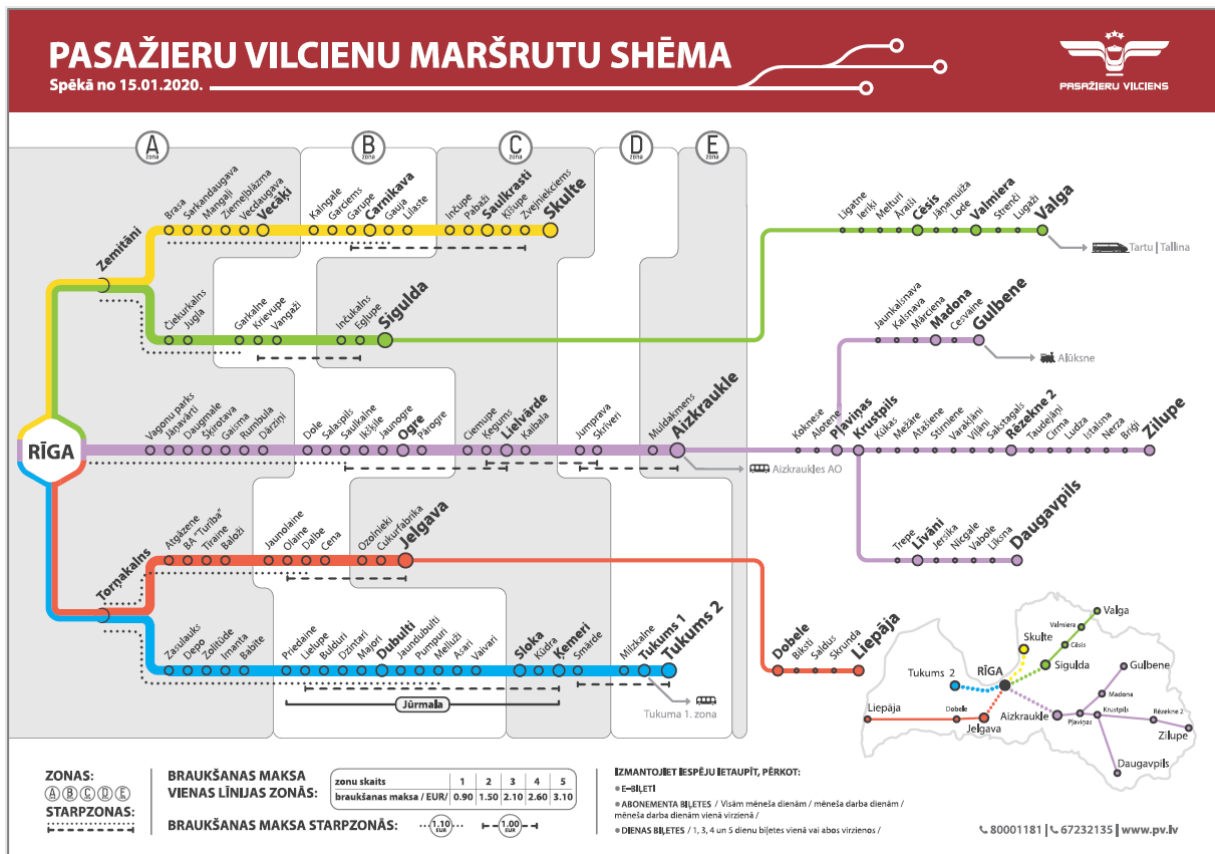
På kort- och medellångsikt bör emellertid snabbtåg (likt de två tåg som kör per riktning under lågtrafiktider) att köras i både morgon- och eftermiddagstrafiken för att minska restiden i kollektivtrafiken. Fler snabbtåg kan dock påverka godstågens restid negativt och för att undvika det samt öka kapaciteten rekommenderas en kort dubbelspårssträcka någonstans i mitten av Narva - Tapa linjen.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Noder i Lettland

I Figur 26 nedan illustreras linjetrafiken samt respektive station för persontrafiken, inklusive tariffzoner. I följande avsnitt kommer den primära noden, Tukums – Tornakalns/Riga (blå linje) och den sekundära noden, Riga – Cesis (grön linje), att utredas mer i detalj.



Figur 26 Lettlands järnvägsnät med zonavgifter. Där grön linje är Riga-Cesis och blå linje är Tukums 2-Tornakalns/Riga.

Primär nod: Tukums – Tornakalns/Riga

Befintlig infrastruktur

Sträckan Tukums 2 – Torankalns är omkring 65 km lång, elektrifierad och har bred spårvidd samt en tillåten axellast på 25 ton. Avsnittet mellan Sloka – Tornakalns är dubbelspårigt medan den återstående delen av spåret mellan Tukums 2 – Sloka är enkelspårigt.

Det finns 25 stationer (18 stopp inklusive Riga's passagerarstation, 6 stationer med förbigångsspår samt en godsstation) som inte enbart är öppna för av- och påstigning av passagerare utan också för förbigång av godståg. Varje vägstation har åtminstone 3 spår för att rymma två passagerartåg och ett godståg samtidigt.

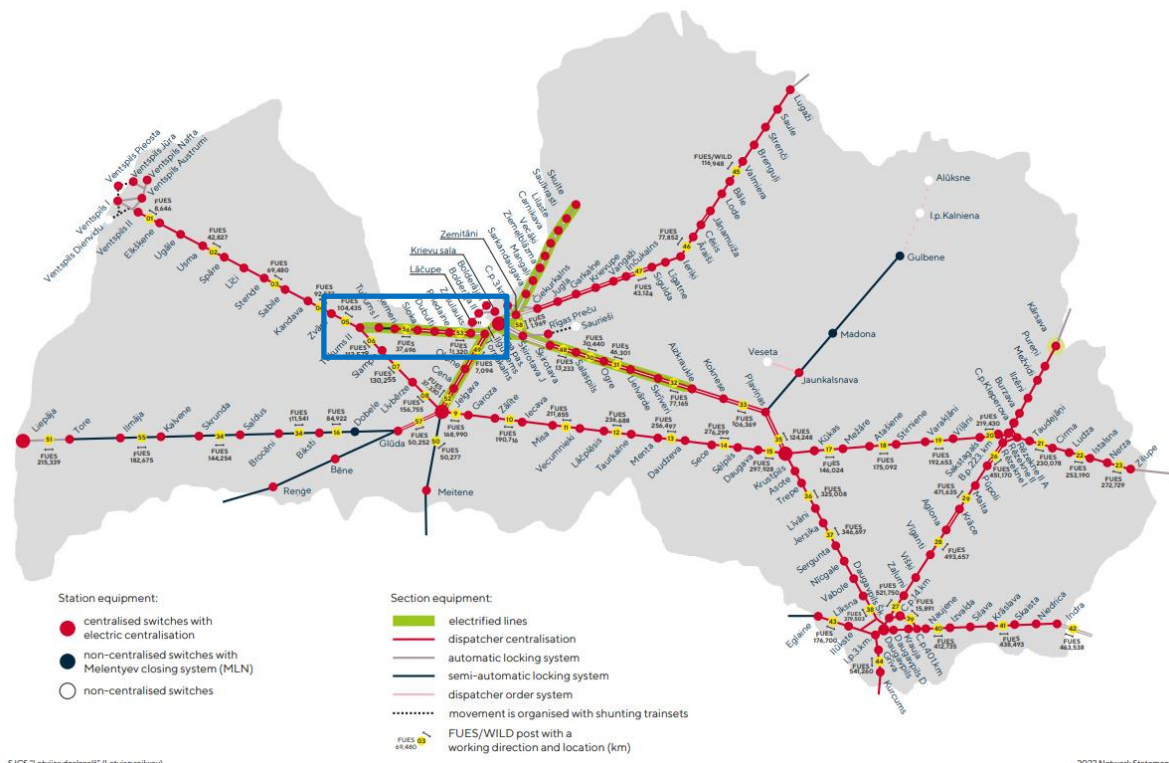
Infrastrukturen för Tornakalns – Tukums 2 summeras i Lettlands järnvägsnätsbeskrivning (Latvijas dzelzceļš, 2020). Avståndet mellan mötesplatser/stopp för passagerartåg varierar från 1 km till 4 km (medelavstånd på 1,9 km) utmed dubbelspåret. På singelspåret (Tukums 2 – Sloka) är motsvarande avstånd längre med allt från 3 km till 10 km. Det längsta avståndet mellan stationer med förbigångsspår för godståg är 10 km och 21 km för dubbel- respektive enkelspåret.

Generellt sett är de sammankopplande systemen för järnvägslinjen Tuukms – Tornakalns/Riga utrustade med ett centraliserat system där stationerna är anslutna till en centraliserad trafikcentral, förutom sträckan Tukums 2 – Tukums 1 (3km) och Tukums 1 – Kemeris (21 km) som har ett system med elektriska avsändare respektive halvautomatiskt sammankopplingssystem. Generellt säkerställer signalsystemen tågtrafik med en hastighet på upp till 120 km/h. I Figur 27 nedan illustreras infrastrukturen.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

EQUIPMENT OF LATVIAN RAILWAY SECTIONS



Figur 27 Markerad i blå rektangel är Tukums 2 - Tornakalns - Riga. Gröna linjer indikerar elektrifiering

Infrastrukturutveckling

Av de totalt 25 stationer som finns på Tukums – Riga linjen blev 15 av dessa rekonstruerade under 2015 för att förbättra tillgängligheten och modernisera persontrafiken. Dessa stationer är: Asari, Babīte, Bulduri, Dubulti, Dzintari, Imanta, Lielupe, Majori, Melluži, Pumpuri, Sloka, Vaivari and Zolitūde. (AC Konsultācijas, Ltd, 2021)

Trafik

På linjen Tukums 2 – Riga finns det tre möjliga rutter: Riga – Dubulti, Riga – Sloka och Riga – Tukums 1/2. Turfrekvensen på linjen är summerad nedan:

- Riga – Dubulti (rusningstrafik)
 - Morgon: 7-8 tåg under 3 timmar rusningstrafik, motsvarande 2 passagerartåg/timme/riktning
 - Eftermiddag: 2-4 passagerartåg/timme/riktning
- Riga – Dubulti – Sloka (rusningstrafik)
 - Morgon: 6-8 tåg under 3 timmar rusningstrafik, motsvarande 2-3 passagerartåg/timme/riktning
 - Eftermiddag: 7-9 tåg under 3 timmar rusningstrafik, motsvarande 2-3 passagerartåg/timme/riktning
- Riga – Sloka – Tukums 1/2 (rusningstrafik)
 - Morgon: 3 tåg under 3 timmar rusningstrafik, motsvarande 0,5-1 passagerartåg/timme/riktning
 - Eftermiddag: 3 tåg under 3 timmar rusningstrafik, motsvarande 0,5-1 passagerartåg/timme/riktning

Enligt schemalagda tidtabeller och Tabell 16 är det i genomsnitt 35 tåg/riktning under en vanlig arbetsdag mellan Dubulti – Riga och motsvarande 14 tåg/riktning mellan Tukums – Riga. Den genomsnittliga restiden från Tukums till Riga är 78 minuter (82 minuter enligt tidtabell 2021), den genomsnittliga restiden mellan Dubulti – Riga är 34 minuter (47 minuter enligt tidtabellen i rusningstrafik för 2021) och restiden mellan Sloka – Riga är omkring 40 minuter.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

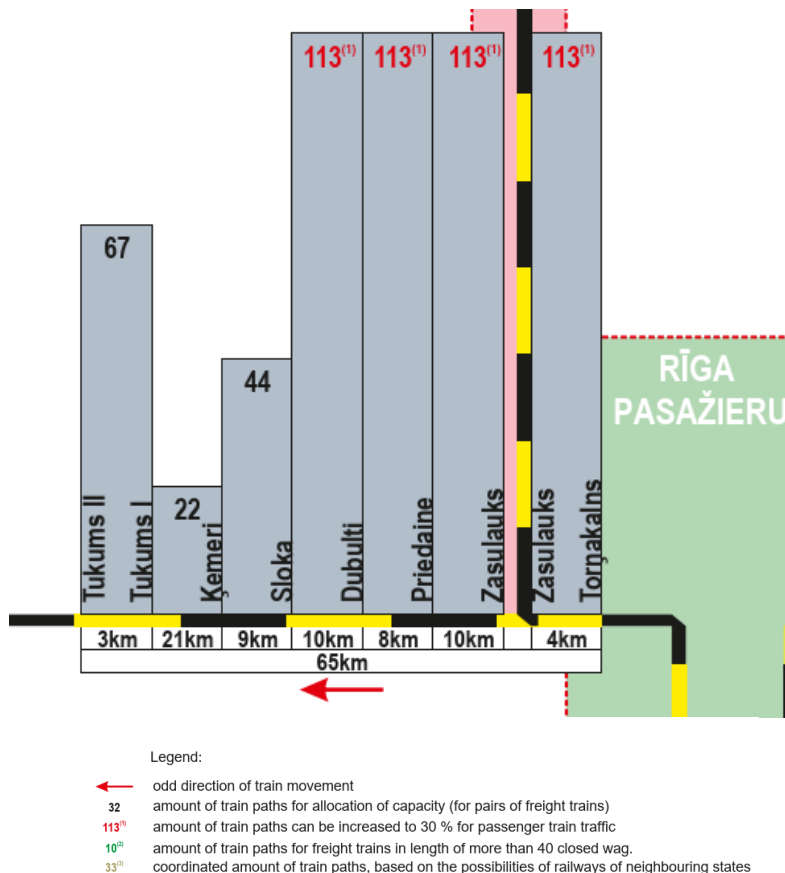
Corridor/ Direction	Apdzīvotā vieta	Train		
		Avg. No. Of trips/work day/direction	Average arrival time min.	Average number of passengers per day
Rīga- Tukums	Jūrmala (Dubulti)	35	34 (47 timetable)	5689
	Sloka	(32 timetable)	(40 timetable)	
	Tukums	27 (14 timetable)	78 (82 timetable)	954

Tabell 16 Järnvägstrafik Tukums-Rīga. Våra observationer från tidtabellsdata för högtärfik anges inom parentes.

Figur 28 illustrerar tågflöden i den udda riktningen, dvs Riga/Tornakalns – Tukums 2, för tilldelad kapacitet för tidtabellen år 2022. Följaktligen finns det cirka 113 tågtider tillgängliga för fördelning per riktning mellan Riga/Tornakalns – Sloka med möjlighet att utöka persontrafiken med 30%. På sektionen Sloka – Tukums 2 är kapaciteten mer begränsad givet att det är enkelspår.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 28 Kapacitet för tågpassager mellan Tukums 2 - Tornakalns,

Analys av noden Tukums – Tornakalns/Riga

Det finns en allmän uppfattning om att befintlig passagerartrafik på regional- och lokalnivå inte är tillräckligt utvecklad och möter inte resenärernas förväntningar då det generellt är lång väntetid vid byten (AC Konsultācijas, Ltd, 2021). Turtätheten mellan Riga – Tukum är låg i och med att det enbart är ett eller stundtals två tåg per timme och riktning.

Trots det är det framförallt enkelspåret mellan Sloka – Tukums 2 (33 km) som framstår som den största begränsningen för utökad tågtrafik, där Kemerī – Tukums 1 (21 km) är ett särskilt utmanande avsnitt. Följaktligen väljer ett stort antal resenärer i dag andra former av transportmedel på sträckan före tåget, både för gods- och persontransporter. För att göra järnvägstrafiken mer attraktiv för både passagerar- och godstjänster är därför kortare restider med tåg av yttersta vikt på både kort- och lång sikt.

Utredningen kring lämpliga åtgärder att vidta för att minska restiden har begränsats pga. brist på följande information:

- Grafiska tidtabeller för linjerna som visar samspelet mellan person- och godståg samt uppehållstider under vardagar
- Infrastrukturinformation (som t.ex. hastighet längs linjerna eller hastighetsavståndsdigram, flaskhalsar, signalsystem och framsteg osv.)
- Föreslagna förbättringsplaner för tidtabeller, infrastruktur och tjänster på kort sikt (om sådana finns)

Trots ovanstående bedöms restiden kunna reduceras genom att ändra tidtabellstrukturen. I rusningstrafik stannar exempelvis persontåg vid varje station för av- och påstigning längs sträckan Riga – Tukums. Med stoppavstånd på cirka 1 km mellan stationerna uppnår sannolikt inte tågen heller den tillåtna hastigheten om 120 km/h.

Därför rekommenderas alternativet med skip-stop-system och expresståg i kombination med tåg som stannar vid varje station att utredas vidare. Detta bedöms särskilt betydelsefullt då tidsförlusten för acceleration och retardation är betydande, vilket sammanfattas nedan utifrån passagerartidtabellen för 2021.

- Varje stopp förlänger restiden med cirka 1 minut och vice versa

- Skippta två stopp förkortar restiden med cirka 3 minuter
- Skippta tre stopp förkortar restiden med cirka 4 minuter
- Minst ett regionalt expresståg per riktning både på morgonen och under eftermiddagens rusningstider med förhållandet Riga – Dubulti – Sloka – Tukums (skippar övriga stopp)
- Fler tåg kan köras i systemet, särskilt på dubbelspåret, för att underhålla varje station med tillräckligt många tåg som stannar med rimlig intervall.

Fördjupade studier kring genomförbarhet och tillämpning av trafikscenarier och tidtabellskoncept med kombination av stopp vid varje station, skip-stop-system och express tåg rekommenderas.

För dubbelspåret bedöms avståndet mellan mötes-/förbigångsspår vid stationer för godståg att vara tillräckligt för att passa blandad passagerar- och godstrafik som föreslås ovan. Även om WSP inte har kunnat tillgå grafiska tidtabeller, innebär 30-minuters passagerartrafik på dubbelspåret och varannan timme på enkelspåret (Sloka – Tukums 1/2) att outnyttjad tillgänglig kapacitet på sträckan Riga – Tukums kan tas tillvara på genom skip-stop-system och express tåg utan större konsekvenser för godstrafiken.

Förutom de 15 järnvägsstationer som rekonstruerades under 2015, är infrastrukturen för stationerna på linjen föråldrad och kräver förbättringsåtgärder, inklusive multimodal samtrafik.

Sekundär nod: Riga – Cesis

Befintlig infrastruktur

Linjen Riga – Cesis har ett 80 km långt spår, där enbart de första 4 km är elektrifierade på sträckan Riga – Valga medan resterande del inte är elektrifierad. Således används dieseldrivna tåg på sträckan Riga – Cesis – Valga.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Omkring 45 km av linjen Riga – Cesis är enkelspårigt och återstående 35 km är dubbelspårigt enligt nedan:

- Dubbelspårigt: Riga – Krievupe (16 km), Vangazi – Sigulda (19 km)
- Enkelspårigt: Krievupe – Vangazi (5 km), Sigulda – Cesis (40 km)

Det finns 15 stationer för passagerartrafik (Passagerartrafikstationer i Riga och 10 stationer med förbigångsspår). De flesta stationer är utrustade med fyra eller fler spår för både passagerar- och godståg.

Järnvägsnätsbeskrivningen sammanfattar den tekniska utvecklingen av infrastrukturen mellan Riga – Cesis (Latvijas dzelzceļš, 2020). Avståndet mellan mötesplatser varierar från 2 km till 7 km utmed dubbelspår, där genomsnittliga avståndet uppgår till cirka 4,5 km. På enkelspår är avstånden relativt längre, varierande mellan 4 km till 11 km (7,5 km i genomsnitt). För gods-, service- och loktrafik finns det möjligheter att stanna på korta avstånd, med ett genomsnittligt avstånd mellan stationer med förbigångsspår på 7 km.

Liksom Riga – Tukums, är de sammankopplade systemen för linjen Riga – Cesis – Valga ett centraliserat system med automatiskt förreglingssystem. Information om den tillåtna hastigheten, stationslayouter, rullande materiel, etc. är okänd vid denna tidpunkt.

Trafik

Enligt tidtabellen för 2019 (se Tabell 17) eller för 2021 så är det dieselpassagerartåg som trafikerar sträckorna Riga – Sigulda, Riga – Cesis – Valmiera och Riga-Lugaži-Valga. I dag byter resenärer från internationella tåg på sträckan Riga – Valka/Valga – Tartu vid Valga. Nedan ges dagens trafikintensitet.

- Riga – Sigulda: det passerar totalt 13 tåg/dag/riktning, av dessa passerar antingen tågen (efter kortare uppehållstid) eller vänder riktning vid Sigulda. I

genomsnitt är det 8 tåg / dag / riktning som vänder i Sigulda. Tidtabellen är inte planerad på så sätt att det är jämna tidsintervall mellan avgångarna. Restiden på sträckan är enligt tidtabell 47 minuter med skip-stop och 69 minuter vid stopp på varje station, vilket inte är långt ifrån den observerade genomsnittliga restiden på 65 minuter i Tabell 18.

- Riga – Cesis – Valmiera: 5 tåg/dag/riktning passerar Cesis, varav 3-4 passagerartåg vänder riktning vid Valmiera. Restiden på sträckan varierar mellan 99 minuter upp till 136 minuter beroende på om tågen är planerade att stanna vid alla stationer eller inte. Den genomsnittliga restiden på 120 minuter (se Tabell 18) återspeglar själva anledningen till att vissa tåg skippar stationer medan andra inte gör det.
- Riga – Cesis: Restiden på den kortare delsträckan Riga – Cesis är cirka 65 minuter (med skip-stop) och 96 minuter för tåg som stannar vid samtliga stationer. De observerade ankomsttiderna som visar på 88 minuters restid bedöms rimliga, se Tabell 18.
- Riga – Valga: 3 tåg/dag/riktning trafikerar sträckan. Den genomsnittliga restiden är 156 minuter.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

uz Siguldu, Cēsīm, Valmieru, Valgu														
Vilciena Nr.	862	832	834	874	838	840	842	864	844	876	876	866	846	848
Ceļa Nr.	10	11	11	1	10	1	11	11	10	10	1	10	10	10
Piezīmes		DARBD.		Valgā pārsešanās uz vilcienu Nr. 0335 Valga – Tartu – Tallina				DARBD.		DARBD.	BRĪVD.		DARBD.	
Rīga	6.32	6.50	7.55	10.34	12.30	14.33	15.50	17.27	17.50	18.15	18.15	18.51	20.02	21.35
Zemitāni	6.41	6.59	8.04	10.43	12.39	14.43	15.59	17.36	17.59	18.24	18.24	19.00	20.11	21.44
Čiekurkalns	6.46	-	8.09	10.48	12.44	14.48	16.04	-	18.04	-	-	19.05	20.16	21.49
Jugla	6.52	7.07	8.15	10.54	12.50	14.54	16.10	-	18.10	18.32	18.32	19.11	20.22	21.55
Garkalne	7.03	7.18	8.26	11.05	13.01	15.05	16.21	-	18.21	-	-	19.22	20.33	22.06
Krievupe	-	-	8.35	-	13.10	15.13	16.30	-	18.30	-	-	-	20.42	22.15
Vangaži	7.16	-	8.42	11.18	13.17	15.20	16.37	-	18.37	-	-	19.35	20.49	22.22
Incūkalns	7.23	7.35	8.49	11.25	13.24	15.27	16.44	-	18.44	18.56	18.56	19.42	20.56	22.29
Eglupe	7.28	-	8.54	11.30	13.29	15.32	16.49	-	18.49	-	-	19.47	21.01	22.34
Sigulda	7.39	7.47	9.04	11.41	13.39	15.42	16.59	18.14	18.59	19.09	19.09	19.58	21.11	22.44
Līgatne	7.49			11.51				-		19.19	19.19	20.08		
Ierīki	7.59			12.01				-		-	-	20.18		
Melturi	8.05			-				-		-	-	20.24		
Āraiši	8.12			12.11				-		-	-	20.31		
Cēsis	8.21			12.20				18.43		19.41	19.41	20.40		
Jānamuiža	8.28			12.27				-		-	-	20.47		
Lode	8.36			12.35				18.56		19.54	19.54	20.55		
Valmiera	8.49			12.49				19.09		20.08	20.08	21.08		
Strenči				13.05						20.24	20.24			
Lugaži				13.23						20.42	20.42			
Valga				13.29						20.48	20.48			

Tabell 17 Ankomsttabell för persontåg Riga-Valga, december 2019

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Corridor / direction	Station	Train		
		Number of trips avg. 1 working day in 1 direction	Average arrival time min.	Average number of passengers per day
Rīga- Valmiera- Valka	Vangaži	10	44	985
	Sigulda	13	64 (47-69 timetable)	861
	Līgatne (Augšlīgatne)	4	68	861
	Cēsis	5	88 (65-96 timetable)	203
	Valmiera	5	120	203
	Valka	2	156	203

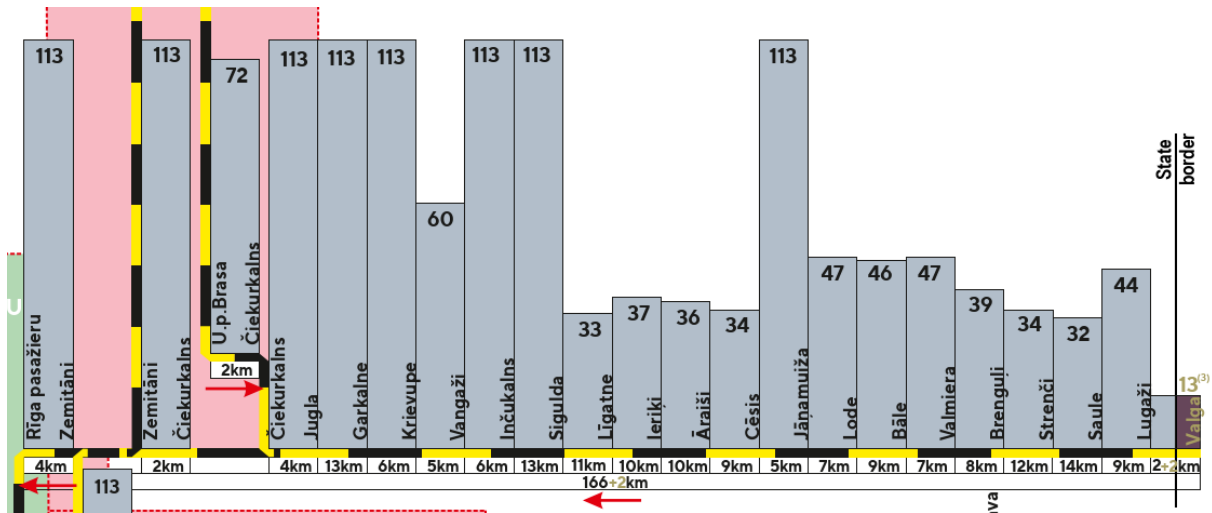
Tabell 18 Järnvägstrafik Riga-Cēsis, tidtabelldata visas inom parentes.

Under morgonrusningen kör 3 tåg var 30: e minut från Cēsis / Valmiera till Riga innan trafiken glesas ut. Det snabbaste tåget är morgonrusningens tåg (går bara en gång om dagen) från Valmiera som stannar vid Cēsis, Sigulda, Zemitani innan de anländer till Riga. Restiden mellan Cēsis och Riga för detta tåg är bara 65 minuter för att köra 80 km med en genomsnittlig hastighet på 74 km / h. För att attrahera fler passagerare på denna linje bör en frekventare tidtabell utvecklas, testas och implementeras.

Figur 29 illustrerar kapacitetstilldelningen för udda tågriktning på linjen Riga-Valga. Staplarna visar antalet tågpassager i udda riktning i par med godståg. För sträckan Riga – Cēsis är enkelspåren vid Krievupe – Vangazi och Sigulda – Cēsis de största flaskhalsarna för infrastrukturen som därmed begränsar systemets kapacitet, flexibilitet och robusthet. I och med avsaknad av grafisk tidtabell och mer detaljerad infrastrukturinformation är det svårt att föreslå vilka konkreta åtgärder som är rimliga, men givet att det i dag enbart går 5 avgångar/dag/riktning borde det finnas tillräckligt med kapacitet för att utöka utbudet med skip-stop trafik utan att påverka godstrafiken negativt.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021



Figur 29 Järnvägskapacitet Riga-Cēsis-Valga

Infrastrukturen för Valka-linjen (spår och stationer) kan betraktas som föråldrad och saknar i dag elektrifiering. För en fungerande sammankoppling mellan järnväg och anslutande transportslag krävs dessutom ytterligare infrastrukturinvesteringar. På kort- och medellångsikt skulle dock mindre infrastrukturåtgärder, i exempelvis form av ytterligare cirka 5 km spår till befintliga enkelspåret vid Vangazi – Krievuupe, kunna stärka kapaciteten för utökad skip-stop trafik och/eller fler godståg.

Tertiär nod: Cēsis – Smiltene

Befintlig infrastruktur

Det finns i dag ingen järnvägsförbindelse mellan Cēsis och Smiltene, men det finns planer på att genomföra uppgraderingar eller nya vägbyggen omfattande 135,64 km utmed Riga – Valka under 2021-2023. Motorvägen P18 (Valmiera – Smiltene) är 17,28 km lång, motsvarande 13% av den planerade utbyggnaden.

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Trafik

En sammanställning av utbud och tidtabeller för bussar på sträckan kan ses i Tabell 19 nedan. Restiden med buss mellan städerna uppgår till cirka 40 minuter. Givet att ett välfungerande kollektivtrafiksystem kräver samordning mellan olika trafikslag, föreslås ankomst- och avgångstider för persontåg och bussar att integreras i Cesis. Enligt tidtabellen för järnvägstrafiken 2021 ankommer exempelvis två tåg i följd från Riga till Cesis, 8:37 och 12:25, medan bussar planeras att avgå från Cesis till Smiltene 6:40, 8:05 och 12:25. Detta indikerar att tidtabellerna för persontåg respektive busslinjerna i dag inte är tillräckligt integrerade för ett fungerande byte.

Intercity/International Buses from Cēsu AO to Smiltēnes AO

5:55 AM Cēsu AO	6:48 AM Smiltēnes AO		Cēsis-Rauna-Smiltene-Gaujiena-Alūksne 7770 AS CATA	€2.25 Ticket	46km	53min
6:30 AM Cēsu AO	7:35 AM Smiltēnes AO		Cēsis-Smiltene-Ranka-Balvi-Kārsava 7766 AS CATA	€2.25 Ticket	46km	1h 5min
6:40 AM Cēsu AO	7:50 AM Smiltēnes AO		Cēsis-Liepa-Smiltene-Trapene-Alūksne 7769 AS CATA	€2.15 Ticket	45km	1h 10min
8:05 AM Cēsu AO	9:25 AM Smiltēnes AO		Cēsis-Bērzkrogs-Smiltene-Liepa-Cēsis 7771 AS CATA	€2.40 Ticket	51km	1h 20min
12:25 PM Cēsu AO	1:40 PM Smiltēnes AO		Cēsis-Rauna-Smiltene-Liepa-Cēsis 7771 AS CATA	€2.25 Ticket	46km	1h 15min
2:35 PM Cēsu AO	3:40 PM Smiltēnes AO		Cēsis-Smiltene-Ranka-Lejasciems-Gulbene 7620 SIA NORMA-A	€2.25 Ticket	46km	1h 5min

Tabell 19 Tidtabell för bussar Cesis-Smiltene

Restider i Kollektivtrafiken på noder i Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

För att säkerställa fungerande multimodal anslutning och integrering inom kollektivtrafiken är det avgörande att etablera multimodala anslutningar i centrum av järnvägsstationerna. Detta innefattar exempelvis integreringen av bussterminaler, parkeringsmöjligheter, transportmedel för första och sista milen, cykelparkeringar etc.

Godstransporter på väg har särskilt låga hastigheter (40 km/h) på sträckan Riga – Valmiera medan Riga – Cesis tillåter relativt högre hastigheter (66 km/h) (AC Konsultācijas, Ltd, 2021). Även om det saknas underlag för motsvarande sträcka Cesis – Smiltene, finns det som tidigare nämnt planer på att uppgradera motorvägen P18 (Valmiera – Smiltene).

Slutsats

Redundans i tidtabellerna

Av de studerade länderna ser praxis kring tidtabellskonstruktion till viss del olika ut. I Estland och Lettland finns det få offentliga handlingar som visar vilken reglerad praxis som finns kring tidtabellskonstruktion.

I Finland ska ett procentuellt tillägg jämfört med tågets maximala hastighet adderas. För fjärrtåg är detta tillägg tio procent, och för pendeltåg är tillägget fem procent. Utöver detta finns även ett tillägg för tågmöten och förbigångar. Syftet med det procentuella tillägget är att skapa redundans i tidtabellen, men samtidigt innebär tilläggen längre restider jämfört med om tilläggen inte hade behövts.

Även i Sverige finns det en reglerad praxis kring redundans i tidtabellerna. Precis som i Finland finns det i Sverige reglering kring tidstillägg vid möten och förbigångar. Det finns även trängseltillägg och banarbetsstillägg som adderas om annan verksamhet kommer påverka tågets färd. Utöver dessa tillägg finns nodtillägget, som har som syfte att skapa redundans i tidtabellen. Nodtillägget är ett visst antal minuter mellan olika stationer.

Tåg på Sträckan Stockholm – Örebro – Charlottenberg tar cirka tre timmar. På denna sträcka adderas 12 minuter i tidtabellen med hänvisning till nodtillägget. Tåg på sträckan Helsinki – Tampere tar ofta cirka 1 timme och 40 minuter. På denna sträcka adderas då 10 minuter för att skapa redundans. Då tidtabellernas redundans inte beräknas på samma sätt i de olika länderna så är de svåra att jämföra, men den slutsatsen som går att dra är att på de primära noderna i Sverige och Finland så är redundansen per resandeminut högre i Finland än i Sverige.

Möjliga tidsbesparingar med förarstödsystem

Kartläggningen av datadrivna och automatiserade arbetssätt har visat att det finns ett flertal olika förarstödsystem inom Europa, som redan i dag är integrerade i driften av järnvägstrafik. Förarstödsystemen hjälper förarna att anpassa sin körning för att effektivisera bränsleförbrukningen, undvika onödiga stopp och förbättra precisionen vid tågmöten.

Integrering av förarstödsystem har i dag kommit olika långt i de olika länderna. I Estland och Lettland har vi inte hittat något järnvägsföretag som använder förarstödsystem.

I Finland har förarstödsystemet CATO i dag helt integrerats i tunnelbanesystemet, medan det kvarstår arbete för att kunna införa systemet på järnvägen.

I Sverige är förarstödsystemen fortfarande inte helt integrerade med trafikledningen – flera sträckor saknar fortfarande det operativa planeringshjälpmedlet STEG, vilket är en förutsättning för att förarstödsystemen ska fungera optimalt. Stödsystemen används inte heller av alla järnvägsföretag.

Genom användande av förarstödsystem finns möjlighet att förbättra tidtabellen genom att

- Tågmöten kan planeras tätare, då tågen får aktuell information om mötande tågs position, samt information om vilken hastighet tåget ska hålla för att undvika stopp vid mötesstationen.
- Tågen skulle eventuellt kunna planeras tätare på vissa sträckor, då förarstödsystemet kan känna av framförvarande tågs position, och rekommendera en hastighet som innebär att tåget bakom håller ett tillräckligt stort avstånd för att inte få restriktiva signalbesked, och därmed behöva bromsa.

För att förarstödsystemen ska vara så effektiva som möjligt krävs då att

- Stödsystem måste användas av alla järnvägsföretag som trafikerar samma sträckor. Om endast ett av tågen vid ett tågmöte har fått information om exakt hastighet för att kunna genomföra mötet utan stopp, så finns en risk att det andra tåget kör för långsamt eller för snabbt, vilket innebär att något av tågen kan behöva stanna. Om tidtabellen är anpassad för trafik utan stopp så kommer detta innebära en försening som även kan försena senare tågmöten.
- Stödsystemet måste vara helt integrerat med trafikledningen. Om trafikledningen planerar om ett tågmöte så är det viktigt att förarna får information om den nya planeringen för att säkerställa att tåget håller rätt hastighet för mötet.

Om ett väl utvecklat förarstödsystem bidrar till minskade restider i tågplanen så kan det uppstå nya risker som behöver hanteras

- Vid försenade tågmöten kan ett möte behöva flyttas. Det är då inte säkert att det nya mötet kan ske utan att tågen behöver stanna, och det kan innebära att ett redan försenat tåg drabbas av merförseningar.
- Tätare planering innebär även minskad redundans, vilket innebär en sämre återställningsförmåga efter trafikstörningar. Det är därför en avvägning om det är bättre med kortare restider, men större risk för förseningar.

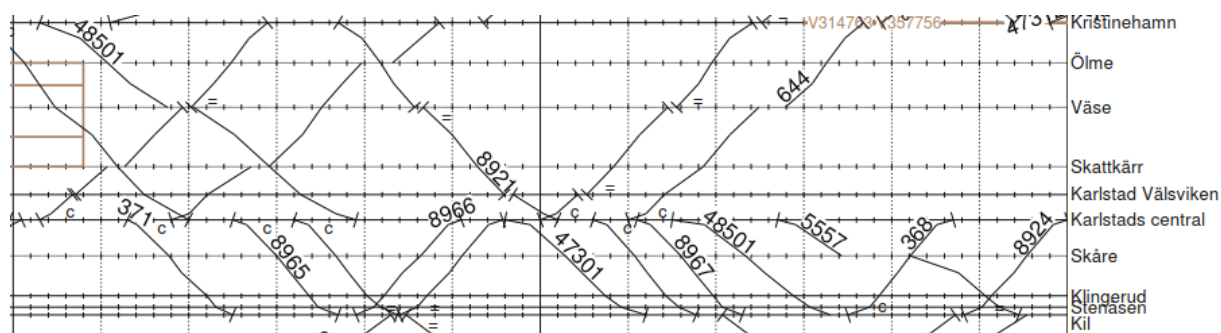
Möjliga tidsbesparingar med simulationer

Ett sätt att hitta förbättringar i tidtabellskonstruktionen är att använda simulatorer för att testa tidtabellen. Genom att testa tidtabellen i ett operativt oskarpt läge, finns det större möjligheter att hitta effektiviseringsåtgärder vid exempelvis möten och på

stationer med många spår. Nackdelen med att testköra tidtabellen är att det kan bli mycket tids- och resurskrävande. Som alternativ kan det vara möjligt att testköra tidtabeller vid större banarbeten, då tågens färdvägar skiljer sig mycket mot praxis. Det kan även vara fördelaktigt att med hjälp av simulator testa hur olika trafikstörningar påverkar tidtabellen, för att tydligare se hur mycket redundans som faktiskt är nödvändigt på olika platser.

Kortare restider genom dagliga tidtabeller

Analys av daglig graf har visat att det i Sverige återkommande förekommer så kallade "spök-möten". Detta är tillfällen då ett tåg har ett planerat möte med ett tåg som inte går den dagen. Ett sådant möte syns bland annat i Figur 30 för tåg 644 på stationen Väse.



Figur 30 Daglig graf Kristinehamn - Kil

Det är troligt att tåg 644 har ett möte inplanerat någon annan dag, alternativt att tåg 644s möte ställts in denna dag. Men under denna aktuella dag så har 644 inplanerat 3 minuters väntetid i Väse utan någon direkt orsak.

Denna typ av problem grundar sig i att tidtabellen planeras för längre intervaller, och att tåg 644 får samma tidtabell under hela tidtabellsperioden, även om det under delar av perioden hade kunnat ha en effektivare tidtabell.

Att skapa olika tidtabeller för varje trafikdag är i dag tidsmässigt oförsvarbart, men genom att ta fram automatiserade planeringsverktyg skulle det i framtiden kunna vara möjligt att anpassa tidtabellen dagligen.

Dagliga tidtabeller skulle dock kunna innebära svårigheter för återkommande resenärer, som ofta reser med samma tåg, då tidtabellen skulle kunna skilja sig åt mellan olika resdagar. Det skulle även kunna innebära svårigheter för anslutande trafik om tåget går med olika tidtabeller under olika resdagar.

Kortare restider genom prioriteringar

Ett alternativ för att skapa kortare restider kan även vara att skapa tydligare prioritering av vissa avgångar. Genom en uttalad prioritering skulle det vara möjligt att för de prioriterade tågen undvika tågmöten, och skapa bättre kanaler i planeringen, vilket då kan korta restiden för dessa tåg. Detta alternativ innebär dock att restiden blir kortare på vissa avgångar, på bekostnad av andra avgångar som då kommer få sämre kanaler och fler tågmöten än vad de hade kunnat få om dessa tidskänsliga hinder fördelats jämnt mellan tågen. Ett alternativ med prioriterade avgångar kan även innebära att operatörerna behöver tillämpa mer oregelbundna tidtabeller.

Restider och förseningar – en avvägning

Även om det går att identifiera vissa tillfällen då tidtabellerna hade kunnat effektiviseras med hjälp av olika digitala och automatiserade arbetssätt, så har merparten av redundansen som syfte att kompensera för de kvalitetsbrister som i dag finns i järnvägens drift. Med hjälp av olika digitala och automatiserade arbetssätt så finns möjlighet att skapa effektivare tidtabeller, men om marginalerna reduceras utan investeringar i infrastruktur och fordon finns en överhängande risk att tågen i högre

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

grad drabbas av förseningar vid fel i anläggningen eller på fordonen. Detta innebär att förkortade restider istället kommer att påverka förseningsgraden på järnvägen.

Referenser

- AC Konsultācijas, Ltd. (2021). *Potential of the Baltic Loop connections and solutions for inland and cross-border mobility of the Riga Metropolitan area.*
- AS Eesti Liinirongid (Elron). (2020). *Annual rail service quality report for the year 2019.*
- Cubris. (u.d.). About Cubris. Hämtat från <https://www.cubris.dk/about-cubris/>
- Cubris. (u.d.). The concept. Hämtat från <https://www.cubris.dk/proven-concepts/>
- Eesti Raudtee. (2020). *Railway Network Statement 2021.*
- Finnish Transport Infrastructure Agency. (2020). *Railway Network Statement 2022.*
- Jernhusen. (2021). Örebro Centralstation.
- KAJT. (2018). Förarstödsystem i Sverige och Standardisering av deras kommunikation.
- Länstrafiken Örebro. (2021). Linje 802.
- Länstrafiken Örebro. (2021). Linje 841.
- LatRailNet. (2020). *The Capacity Allocation Scheme.*
- Latvijas dzelzceļš. (2020). *2021 Network Statement.*
- Liikennevirasto. (2018). Hämtat från Riihimäki–Tampere-rataosan tarveselvitys: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/ls_2018-01_riihimaki-tampere_tarveselvitys_web.pdf
- Perille. (2020). Hämtat från Perille: <https://www.perille.fi/en>
- Sweco. (2017). *Oslo-Stockholm Nyttöanalyt 2040.*
- Trafikverket. (2015). *Noder i järnvägssystemet.*
- Trafikverket. (2017). *Uppföljning av nya konstruktionsregler på Värmlandsbanan.*

Restider i Kollektivtrafiken på noder i
Sverige, Finland, Estland och Lettland

06/2021

Trafikverket. (2019). *Nya konstruktionsregler på Västra Stambanan*.

Trafikverket. (2020a). Järnvägsnätsbeskrivning 2021. Sweden.

Trafikverket. (2020b). TDT-modell JNB 2022.

Trafikverket. (2020c). *Riktlinjer för täthet mellan tåg*.

Trafikverket. (2020d). Första testet av C-DAS tillsammans med SJ genomfört. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/om-oss/nyheter/aktuellt-for-dig-i-branschen3/aktuellt-for-dig-i-branschen/2020-05/forsta-testet-av-c-das-tillsammans-med-sj-genomfort/>

Trafikverket. (2021a). Daglig graf. Sweden.

Trafikverket. (2021b). Hallsbergs linjebok.

Trafikverket. (2021c). *Järnvägsnätsbeskrivning 2022*.

Väylävirasto. (2020a). Hämtat från Espoo–Salo-oikorata: <https://vayla.fi/kaikki-hankkeet/espoo-salo-oikorata>

Väylävirasto. (2020b). *Ylikuormittuneen rautatiereitin etusijajärjestys. Uuden etusijajärjestyksen kehittäminen*.

Väylävirasto. (2020c). *Rautateiden aikataulusuunnittelu ja ratakapasiteetin hallinta Suomessa. Väyläviraston julkaisuja*.

VR. (2020). Hämtat från <https://www.vr.fi/en/timetables>

WSP. (den 18 03 2018). *Analys av framtida trafiksystem Eskilstuna*.

WSP. (2020). *Kapacitetsstudie Örebro-Kolbäck*.

WSP. (den 10 02 2021). *Kapacitetsstudie Sala-Flen*.