

Thesis 257

Gångtidstillägg för snabbtåg

Carl-William Palmqvist

Trafik och Väg
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet



Copyright © Carl-William Palmqvist

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5223)/1-54/2014
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet
Lund 2014

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5223)/1-
54/2014

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 257

ISSN 1653-1922

Author(s): Carl-William Palmqvist
Title: Gångtidstillägg för snabbtåg
English title: Running time supplements for high speed trains
Language: Swedish
Year: 2014
Keywords: Gångtidstillägg; snabbtåg; tidtabeller; järnväg; gångtid;
återhämtningsmarginaler
Citation: Carl-William Palmqvist, Gångtidstillägg för snabbtåg. Lund,
Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle.
Trafik och väg 2014. Thesis. 257

Abstract:

This thesis is intended to lay the foundation for an updated version of the rules for timetable construction in Sweden by answering three key questions regarding running time supplements: what should be considered when they are designed, how large should they be, and how should they be placed. The study is done on high speed trains on the southern mainline, between Malmö and Stockholm. The conclusions are that running time supplements are well suited to handle random technical errors that occur with a high probability but cause low to moderate delays. Low probability events that cause large delays of over 12 minutes, in these cases about 4.5 % of the total journey time, cannot be recovered effectively by running time supplements. It is also found that if the adhesion on the tracks goes from dry to wet conditions, the running time increases by over 7 %, and it is recommended that studies be conducted to determine how often this is the case, and if there is a clear seasonal pattern in these variations. The total size of the supplements is now around 11-13 %, but if they were designed to only handle the delays which they can recover effectively a level of around 4 % would be sufficient. However, guidelines issued by UIC mandate a lower bound of 5 % for international traffic. The placement of the supplements should be done so that delays can be recovered as quickly as possible. Lacking a proper model of where delays appear, the supplements should be distributed evenly across the journey.

Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Förord

Detta examensarbete har utförts under vårterminen 2014, som slutmoment i utbildningen till civilingenjör inom väg- och vattenbyggnad vid Lunds Tekniska Högskola. Ämnet föreslogs av Kenneth Håkansson på Trafikverket, när den tidigare idén att skriva om samhällsekonomiskt effektiv tilldelning av kapacitet på järnvägen fallerade.

Jobbet har i första hand utförts för och inom Trafikverket, och inkluderat ett flertal studieresor och möten runtom i landet. Bemötandet har varit väldigt varmt och öppet, och utan det hade det verkligen inte blivit mycket av arbetet.

Jag vill särskilt tacka Kenneth Håkansson, som varit min handledare på Trafikverket, gjort ett stort antal introduktioner och hållit en väldigt nära och bra kontakt under hela arbetets gång. Utan honom det helt enkelt inte blivit något av det här arbetet. Jag vill även tacka Stina Johansson, som varit handledare från LTHs sida, för uppmuntran att gå den här vägen, för hennes hjälp kring text, metod och för att hon fungerat som en motvikt mot de tunga Trafikverksintressena.

Jag tackar även Göran Andersson (SJ), Hans Dahlberg (Trafikverket), Emma Andersson (Linköpings Universitet) och Armin Ruge (Trafikverket), för diskussioner och input; Magnus Wahlborg (Trafikverket), för en teknisk bakgrund till gångtidsberäkningar, och för inbjudan att presentera för olika forskare och yrkesverksamma; Roar Hermo (Trafikverket), Christer Ingvaldsson (Trafikverket), Per Konrad (Trafikverket) för data över den realiserade trafiken, förseningsorsaker respektive detaljerade tidtabeller; Anna Broberg (Trafikverket), Per Stemark (Trafikverket) och Christoffer Frostensson (Trafikverket) för en genomgång av hur tidtabeller skapas och justeras i praktiken; Magnus Backman (Trafikverket) för data ur och simuleringar i RailSys. Slutligen tackar jag min far Roland Palmqvist för ett allmänt bollande av idéer kring arbetet, examinator Lena Hiselius, externopponent Bengt Holmberg, och studentopponent Petra Hansson.

Lund, 30 maj 2014

Sammanfattning

Den svenska järnvägstrafiken är numera helt avreglerad och går tätare än någonsin. För att öka resandet och kapacitetsutnyttjandet ännu mer har branschen kommit överens om ett kvalitetsmål: år 2020 ska 95 % av alla tåg komma fram inom 5 minuter av tidtabell.

För snabbtågen på Södra stambanan var motsvarande siffra år 2013 ungefär 60 %, och för att målet ska nås behöver åtgärder vidtas. En sådan åtgärd är att se över de konstruktionsregler som ligger till grund för hur tidtabeller skapas. De regler som finns skrevs för över ett decennium sedan, och bygger på resonemang som både är betydligt äldre och dåligt dokumenterade.

En mycket viktig aspekt av konstruktionsreglerna är hur tillägg till de beräknade gångtiderna, så kallade gångtidstillägg, ska appliceras. De befintliga reglerna är otydliga på den punkten, och praxis har utvecklats omkring dem. Det här examensarbetet undersöker gångtidstilläggen för att försöka tydliggöra vad de ska ta hänsyn till, hur stora de ska vara och hur de ska placeras.

Arbetet fokuserar på snabbtåg på Södra stambanan och bygger på en rad intervjuer och diskussioner med verksamma på Trafikverket och SJ, på analys av olika typer av statistik över denna trafik, och en liten del beräkning och simulering.

Resultatet av analysen är att gångtidstillägg främst ska ta hänsyn till nedsatt adhesion, vilket innebär spårhalka, och ett brus av relativt små tekniska fel. Detta är felkällor som inte beror på mänskligt beteende, som inträffar med en relativt hög sannolikhet, men får måttliga konsekvenser.

Tilläggens storlek borde stegvis kunna minska från den nuvarande nivån kring 11-13 % till den internationellt rekommenderade minimigränsen 5 %. Under de korta delar av året adhesionen kan misstänkas vara dålig måste tilläggen vara större.

Placeringen av tidstilläggen ska göras så att eventuella förseningar hämtas in så snart som möjligt. I brist på en bra modell över var förseningarna uppstår bör tilläggen placeras jämnt över hela sträckan, förslagsvis genom att räkna med att tågen har en lägre största tillåtna hastighet än vad banan tillåter.

Liknande analyser bör göras på andra banor och tågtyper, särskilt godståg, för att se i vilken mån behoven är generella eller specifika för olika typer av tåg.

Behovet av en ordentlig modell över när, var och hur förseningar uppstår har understrukits, och förutsättningarna för att skapa den är nu goda.

Slutligen bör de övergripande ansvarsfrågorna kring kvalitetsmålet, tilldelningen av kapacitet och konstruktionen av tidtabeller undersökas, så att rollfördelningen inom branschen både är tydlig och ändamålsenlig.

Summary

The Swedish railway traffic is de-regulated and more intensive than ever. To further increase travel by rail and the utilization of the infrastructure, the industry has agreed to a quality target: In year 2020 95 % of all trains shall arrive within 5 minutes of their respective timetables.

For high-speed trains on Sweden's southern mainline the corresponding statistic in 2013 was approximately 60 %, and to reach the target several measures have to be implemented. One such measure is to look over the rules and regulations regarding how timetables are constructed. The current rules were written over a decade ago, and are based on reasoning that is both very old, and poorly documented.

One very important aspect of the rules regarding timetable construction is how running time supplements are applied. The current rules are unclear on this point, and practice has evolved around them. This thesis examines running time supplements in an attempt to clarify which types of delays they should handle, how large they should be, and how they should be placed.

The study is focused on high speed trains on the Swedish southern mainline and is based on a series of interviews and discussions with employees at the Swedish Transportation Administration, which is responsible for the infrastructure, and at SJ, a government owned company that still operates most of the inter-regional and inter-city trains, on analysis of different types of statistics regarding the trains punctuality, and some small calculations and simulations.

The result of the analysis is that running time supplements should first and foremost be designed to deal with the mostly random occurrence of relatively small to moderate technical errors, and to periods of reduced adhesion.

The size of the supplements could decrease from the present 11-13 % to the 5 % that UIC specifies for international travel. During periods of the year when the adhesion can be expected to be frequently reduced the supplements ought to be bigger.

The supplements should be placed in such a manner that delays are recovered as quickly as possible. Lacking a good model over where, how and when delays appear they should be distributed evenly across the whole length of the journey. One easy way to do so is to calculate the running times under the assumption of a reduced top speed.

Similar analyses should be done on different lines and for different kinds of trains, particularly freight trains, to determine if the need for running time supplements is uniform or not.

The need for a proper model of where, how and when delays appear has been underlined by this study, and the conditions for creating one are now favorable.

Finally the overarching questions of responsibility regarding the quality target, the distribution of capacity, and the construction of timetables should be examined, so that the roles of various parties are both clear and suitable.

Innehållsförteckning

1	Inledning	10
1.1	Syfte	11
1.2	Avgränsningar	11
1.3	Metod	12
1.4	Disposition	12
2	Bakgrund	13
2.1	Tidtabeller	13
2.2	Tidstillägg	15
2.3	Grafiska tidtabeller	16
2.4	Konstruktionsregler	17
2.5	Tågplaneprocessen	18
2.6	Förseningar	19
2.7	Punktlighet	21
2.8	Kvalitetsmålet	21
2.9	Angränsande forskning	23
2.9.1	Kapacitet	23
2.9.2	Robusthet	24
2.9.3	Punktlighet	24
2.9.4	Successiv planering	24
2.9.5	Samhällsekonomi	24
3	Analys	25
3.1	Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till	26
3.1.2	Gångtidsprogrammets approximationer	28
3.1.3	Skillnader mellan riktiga och beskrivna tåg	28
3.1.4	Skillnader mellan fordonsindivider	28
3.1.5	Skillnader mellan förare	29
3.1.6	Skillnader i väder och vind	29

3.1.7	Skillnader i laster	30
3.1.8	Skillnader i passagerarbeteende	31
3.1.9	Planerade banarbeten	31
3.1.10	Sidotågväg	31
3.1.11	Tekniska fel	32
3.1.12	Olyckor	32
3.1.13	Förseningar orsakade av järnvägsföretag	32
3.1.14	Risk att hamna bakom långsammare tåg	33
3.1.15	Sammanfattning & rekommendation gällande hänsyn	34
3.2	Hur stora gångtidstillägen ska vara	34
3.2.1	Internationella jämförelser	35
3.2.2	Nuvarande praxis	35
3.2.3	Förväntad försening	37
3.2.4	Friska tågs beteende	38
3.2.5	Väder och vind	39
3.2.6	Tekniska fel	40
3.2.7	Sammanfattning & rekommendation gällande storlek	42
3.3	Hur gångtidstilläggen ska placeras	43
3.3.1	Kritiska punkter	43
3.3.2	Enskilda delsträckor	44
3.3.3	Jämn utbredning	45
3.3.4	Sammanfattning & rekommendation gällande placering	46
4	Slutsatser & rekommendationer	47
4.1	Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till	47
4.2	Hur stora gångtidstilläggen ska vara	47
4.3	Hur gångtidstilläggen ska placeras	48
5	Diskussion	49
5.1	Ansvarsfördelning kring kvalitet	49
5.2	Successiv planering	49
5.3	Säsongsmässig differentiering	50
5.4	Erfarenhetens roll	50
5.5	Avvikelse från tidtabell	50
5.6	Adhesionens variationer	51
5.7	Utvecklad störningsmodell	51

5.8	Godstrafiken	52
5.9	Tillvägagångssätt	52
6	Källhänvisning	54

1 Inledning

Sedan 2012 är järnvägstrafiken helt avreglerad och det är fritt fram för alla järnvägsföretag att köra tåg på statens spåranläggning (SFS 2004:519), vilket 47 antal operatörer utnyttjar 2014. Trafiken har ökat stadigt sedan 1980-talet och är nu större än någonsin, och den fortsätter att öka. Infrastrukturen har inte hängtt med, då både investeringar och underhåll sedan länge varit och fortsätter vara eftersatt.

Dessa faktorer har lett till ett ökat fokus på järnvägens leverans kvalitet medialt, politiskt, och inom olika myndigheter. Leveranskvalitet kan i järnvägssammanhang innebära flera saker, bland annat att det är tillgängligt för alla, att restiderna är korta, eller att trafiken är pålitlig.

Särskilt gods- och snabbtågen har problem med just pålitligheten. Mellan Stockholm och Malmö kom under 2013 knappt 60 % av snabbtågen inom fem minuter från den aviserade tiden, bara runt 40 % kom inte alls för sent. Omkring 40 % av tågen var alltså senare än fem minuter, och i många fall mycket mer. För godståg är motsvarande statistik ännu sämre, men av flera skäl får detta inte lika stor uppmärksamhet. Bland annat är punktligheten för leverans till kunden mycket högre, för att godstransportörerna räknar med in ytterligare tidsmarginaler för sin hantering mellan ett godstågs ankomst och leveransen till godskunden.

För att förbättra punktligheten och med den allmänhetens förtroende för järnvägen som transportsystem så måste flera saker till. Dels måste både fordon och infrastruktur underhållas bättre så att fel inte uppstår lika ofta eller orsakar så stora störningar. Dels måste prioriteringen mellan och ledningen av olika tåg genom systemet förbättras. Dels måste tidtabellerna justeras så att de bättre motsvarar de förhållanden som faktiskt råder.

För att bättre anpassa tågens tidtabeller till verkligheten pågår nu ett arbete inom Trafikverket med att uppdatera de konstruktionsregler som bestämmer hur tidtabeller skapas. Lite förenklat skapas de i tre steg. Först beräknas tågets gångtider, hur lång tid det borde ta att köra mellan olika platser. Sedan görs olika tidstillägg för att justera och hantera eventuella störningar. Slutligen regleras eventuella konflikter mellan olika tåg, så att de inte stör varandra.

Detta examensarbete handlar om hur gångtidstillägg ska dimensioneras och placeras. Vad de ska och inte ska ta hänsyn till, hur stora de ska vara, och hur de ska placeras. Det är en liten men viktig bit i ett stort pussel.

1.1 Syfte

Det finns flera olika syften med denna rapport. Det övergripande syftet från Trafikverkets sida är att ge en tydlig och rationell grund till förnyade konstruktionsregler för tidtabeller på statens järnvägar, med särskild fokus på gångtidstillägg. Mer konkret ska arbetet undersöka:

- Vad bör gångtidstilläggen ta hänsyn till?
- Hur stora bör vara gångtidstilläggen vara?
- Hur ska gångtidstilläggen placeras?

Dessa tre frågor återkommer genomgående i rapporten, och de är intimt sammankopplade med varandra. På lite längre sikt syftar arbetet att bidra till att järnvägsbranschens kvalitetsmål ska uppnås, se *kapitel 2.8 Kvalitetsmålet*.

1.2 Avgränsningar

Arbetet fokuserar på primära förseningar för snabbtåg på sträckan Stockholm-Malmö.

I skrivande stund har endast en operatör snabbtåg på denna sträcka, så i realiteten är alla tåg i arbetet av typen SJ X2.

Snabbtåg har studerats därför att punktligheten för dessa nuförtiden är betydligt sämre än för lokal- och regionaltrafiken. Södra stambanan (med förlängningen till Stockholm) studeras också därför att den bedöms som synnerligen problematisk, med mycket tät trafik och flera olika trafikupplägg. Problemet är akut, och en fungerande lösning där bör ha goda förutsättningar även i andra delar av systemet.

Godstrafiken har också stora problem som förtjänar att studeras i detalj, men i detta examensarbete hinns det helt enkelt inte med.

Fokus ligger på primära förseningar, alltså inte sådana som orsakas av andra tåg, dels därför att väl dimensionerade gångtidstillägg bör kunna förhindra att förseningar sprids mellan tåg, dels för att avstånden mellan tåg är en för stor fråga att hantera i samma examensarbete.

En annan typ av avgränsningar gäller själva gångtidstilläggen, vad de kan ta hänsyn till och vad som borde hanteras på annat sätt. Detta hanteras utförligt i *kapitel 3.1 Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till*.

1.3 Metod

Under det här examensarbetet har ett brett spektrum av metoder använts. I det här avsnittet ges en översiktlig bild över hur arbetet gått till, mer konkreta och specifika beskrivningar följer löpande i texten allteftersom de blir relevanta.

Arbetet inleddes med en rad studieresor och intervjuer med olika yrkesverksamma inom branschen. Dessa intervjuer och diskussioner var sedan vägledande för en litteraturstudie som sträckte sig över vetenskapliga artiklar, promemorior, tidigare examensarbeten, licentiat- och doktorsavhandlingar, tekniska dokument och manualer, föreskrifter och riktlinjer.

Två stora statistikunderlag hämtades in från Trafikverkets databas LUPP med hjälp av Roar Hermo och Christer Ingvaldsson. Underlaget bearbetades ordentligt under flera veckor för att kunna studeras och visualiseras på ett vettigt sätt. Detta ligger till grund för en stor del av de tabeller och grafer som presenteras i rapporten.

Vissa egna beräkningar har gjorts utifrån de ekvationer som uppdagats under litteraturstudien. Resultaten har sedan använts för simulering av trafik i RailSys.

Slutsatserna är av omväxlande kvalitativ och kvantitativ natur.

1.4 Disposition

I *kapitel 2 Bakgrund* följer ett ganska omfattande bakgrundskapitel som presenterar flera viktiga begrepp, koncept, processer och fakta som en läsare bör ha med sig i resten av arbetet.

Rapportens *kapitel 3 Analys* följer sedan med tre delar om gångtidstilläggens dimensionering:

Först diskuteras i *kapitel 3.1 Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till* en lång rad möjligheter nämns och ett antal bedöms som lämpliga.

I *kapitel 3.2 Hur stora gångtidstilläggen ska vara* går vi igenom vad vi vet om de problem från föregående kapitel som lämpligen hanteras med gångtidstillägg, analyserar förseningsstatistik och tar hänsyn till praxis både i och utanför landet.

Slutligen diskuteras vi i *kapitel 3.3 Hur gångtidstilläggen ska placeras* olika principer för hur de kan och bör placeras.

Efter denna analys följer *kapitel 4 Slutsatser & rekommendationer*, där vi sammanfattar slutsatserna från de olika stegen och ger förslag på en lösning. Därefter följer *kapitel 5 Diskussion & fortsatt forskning* om olika ämnen som tangerar frågan om gångtidstillägg, och om hur arbetet kan gå vidare.

2 Bakgrund

Gångtidstillägg är ett tämligen obskyrt begrepp, som de flesta inte ägnat en tanke. Det här kapitlet ämnar till att ge läsaren en kontext att placera in dem i, genom att beskriva tidtabeller ur olika perspektiv, och ge lite bakgrund kring den gällande förseningsbilden.

Järnvägsbranschen har länge präglats av nationella monopol där arbetssätt och processer utvecklats i en specifik nationell kontext. De skillnader som uppstått i vilka avvägningar som görs, hur trafiken ser ut, och hur arbetet organiseras och utförs gör att det är svårt att både beskriva i den akademiska litteraturen och att föra över sådana beskrivningar mellan olika länder på ett konstruktivt sätt. I arbetet refererar vi till en del internationella exempel och riktlinjer, men i huvudsak bygger bakgrundskapitlet på intervjuer med yrkesverksamma i Sverige, på Trafikverket och SJ. Det innehåller även en del statistik som har tagits fram och bearbetats under arbetets gång, och alltså en del eget arbete.

2.1 Tidtabeller

Beskrivningarna i *kapitel 2.1 Tidtabeller* och *kapitel 2.2 Tidstillägg* utgår från intervjuer med Anna Broberg och Per Stemark på Trafikverket, och på fyra tidtabeller för snabbtåg som Per Konrad överlämnade, även han på Trafikverket. Tidtabellerna överfördes från PDF-filer till kalkylblad, och funktioner ställdes upp så att alla tider stämde överens och kunde varieras fram och tillbaka på ett enkelt sätt.

Tidtabeller skapas för att användas operativt av åtminstone fyra grupper: resenärer, trafikledare, lokförare, och järnvägsföretagens planerare.

För **resenärer** och **lokförare** ser tidtabellerna ganska lika ut, med angivelser för när tåget ska ankomma och avgå olika platser. Skillnaden är främst hur många platser som visas: för resenären är det egentligen bara intressant när den ska åka och komma fram, samt avgångstiden för eventuella byten, medan lokföraren behöver veta tiderna för betydligt fler platser.

Trafikledare behöver däremot se en större helhetsbild över alla de tåg som ska vistas på banan under deras arbetstid, och de får därför grafiska tidtabeller. Dessa beskrivs i *kapitel 2.3 Om grafiska tidtabeller*. Det här avsnittet beskriver hur tidtabeller skapas, så att läsaren ska få en bättre bild av vad gångtidstillägg är och vad de spelar för roll.

Järnvägsföretagens planerare behöver tidtabellerna för att organisera omlopp för fordon och personal. Deras informationsbehov kan vara väl så stort som trafikledarnas.

En tidtabell, som av branschen numera benämns körplan, gäller för ett visst unikt tågnummer, eller tåguppdrag, under hela den ettåriga tågplanen (se *kapitel 2.5 Tågplanprocessen*). Tidtabellen anger vilka dagar tåget ska gå, var och när det ska avgå, och var och när det ska vara framme.

För att skapa tidtabellen måste det också anges vilken gångtidsmall som använts för att beräkna tågets gångtider, avståndet mellan start och slutstation, tågets längd, operativa tågnummer, vilken slags tåg det är, vilken typ av fordon det är, tågets maximala vikt, största tillåtna hastighet, prioriteringskategori, och hastighetskategori.

Själva kärnan av tidtabellen är sedan en tabell med samtliga driftplatser som tåget passerar från start- till slutpunkten. Dessa har utöver ett namn en unik signatur. Malmö C kallas M, Malmö Godsbangård Mgb, Arlöv Al, Stockholm Centralstation Cst, och så vidare. Snabbtågen från Malmö C till Stockholm C har i vanliga fall 79 driftplatser i sin tidtabell.

Tabell 1 Urdrag ur arbetsmall för tidtabell. Källa: Trafikverkets Per Konrad (2014).

Sign	Platsnamn	Ank	Avg	Spec	Plat	[ban]	(infas)	<kval>	{just}	Ann Avg	Gångtid
M	Malmö C		11:11	11:11	6						2'28
MGB	Malmö Godsbangård		11:13	/							1'05
AL	Arlöv		11:14	/	64						'23
BLV	Burlöv		11:14	/							'52
ÅK	Åkarp		11:15	/							'07
ÅKN	Åkarps norra		11:15	/				1			'38
HJP	Hjärup		11:17	/							'31
FLP	Flackarp		11:18	/					'54		2'02
LU	Lund	11:21	11:23	2	4			1			2'55

För varje driftplats finns utöver namn och signatur 15 kolumner, varav tio visas i *tabell 1*. Den i särklass viktigaste innehåller avgångstiden från respektive driftplats, på minutnivå. Till exempel Malmö C 11:11, eller Flackarp 11:18. För att komma fram till denna tid behövs först och främst gångtiden mellan två intill varandra liggande driftplatser. I tidtabellen kan det till exempel stå i raden Malmö C, avgång 11:11, gångtid 2'28. Gångtiden mellan Malmö C (M) och nästa driftplats, som är Malmö Godsbangård (MGB), har alltså beräknats till 2 minuter och 28 sekunder.

Gångtidsberäkningen sker i det så kallade Gångtidsprogrammet, baserat på en modell över hur infrastrukturen ser ut, vilken typ av tåg det är, hur fort det får köra och så vidare. Programmet är vad det heter, ett datorprogram som används av Trafikverket för att beräkna gångtider mellan olika driftplatser. Beräkningen beskrivs något mer utförligt i *kapitel 3.1.1 Gångtidsprogrammets approximationer*.

I de flesta fallen behövs det inte mycket mer än så, gångtiden adderas till avgångstiden vid en driftplats och så får man avgångstiden vid nästa hållplats. En förvirrande faktor kan vara att gångtiden beräknas på sekundnivå, medan avgångstiderna skrivs ut på minutnivå. I exemplet ovan, där tåget avgår M 11:11 och har gångtiden 2'28, så borde det avgå MGB vid 11:13:28. I verktyget Trainplan, där tidtabellerna samlas, stryks helt enkelt sekunderna, så att avgångstiden enligt tidtabell blir 11:13. Det samma skulle gälla om tåget beräknats avgå 11:13:59, det presenteras ändå som 11:13.

För de flesta driftplatser behövs det som sagt inte mer än en avgångstid och en gångtid, men om tåget ska stanna på en driftplats/station för resenärsutbyte så tar det lite tid, och för den tiden finns det en kolumn som benämns *spec*. I regel står det i denna antingen ”/” eller 2, för fallen där tåget bara passerar respektive har uppehåll i två minuter. Både kortare och längre uppehåll kan dock förekomma, se *kapitel 2.4 Konstruktionsregler* för mer om detta. Om tåget gör ett uppehåll blir det en skillnad mellan avgångstid och ankomsttid, och därför finns det även en kolumn med de senare. I de flesta fallen står här ingenting, eftersom det bara är en upprepning, men det kan till exempel stå: LU, Lund C, ankomsttid 16:48, avgångstid 16:50, spec 2.

Vid driftplatser med flera spår och plattformar anges det också vilken plattform tåget passerar. Ett SJ X2 har ofta plattform 6 i Malmö, 4 i Lund och 18B i Stockholm.

2.2 Tidstillägg

De kolumner som är särskilt intressanta för detta examensarbete innehåller tider för banarbete, infasning, kvalitet och justering. Se *tabell 1* i föregående avsnitt.

Kolumnen för banarbete, i arbetsmallen [ban], ska användas om det finns planerade banarbeten vid eller mellan driftplatser, som gör att hastigheten måste reduceras. Gångtiden blir i sådana fall längre än det som står i kolumnen gångtid, och justeras med hjälp av banarbetskolumnen. Om gångtiden i vanliga fall är 3'30 men med banarbetet snarare blir 4'00 så skriver man i banarbetskolumnen '30. Detta med banarbeten är viktigt, och vi kommer återkomma till ämnet flera gånger under arbetet.

Kolumnen för infasning, (infas), används för att undvika konflikter mellan tåg. Det är tider som egentligen inte behövs, varken för återhämtning av försening eller passagen av sträckan. De stoppas in i ett senare skede, när alla tidtabeller skapats och stoppats in i systemet. Ibland uppstår konflikter där två eller fler tåg är för nära varandra, och för att undvika detta stoppar tidtabellskonstruktören in tid i (infas). Detta är en av deras allra viktigaste uppgifter, och olika konstruktörer löser det på olika sätt. För det mesta är utrymmet tomt, men ibland står det 1 eller '15 eller '30 på några driftplatser i följd.

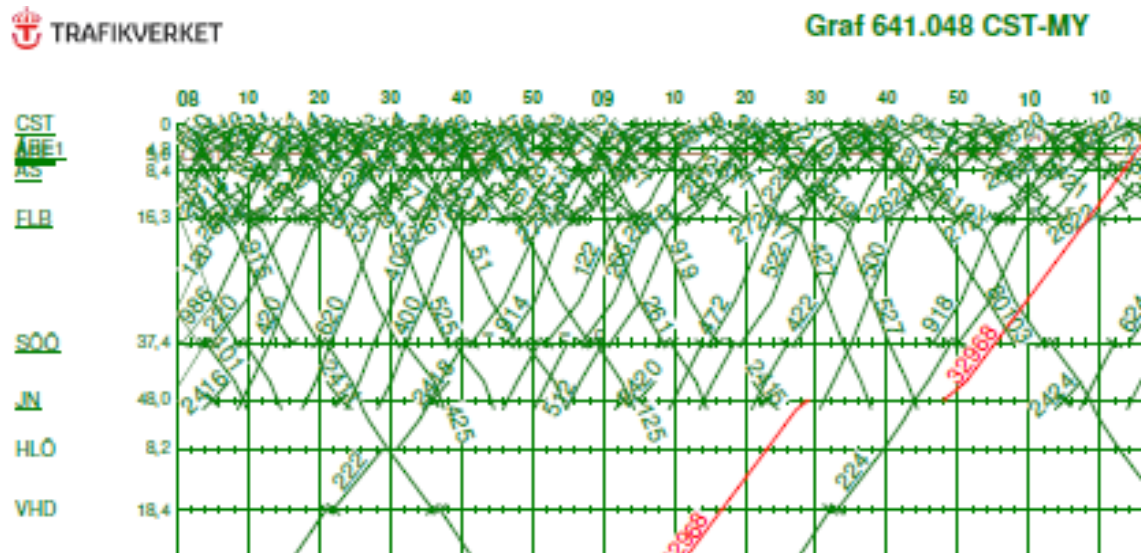
Kolumnen för kvalitet, <kval>, innehåller kvalitetstillägg, marginaler som ska ge tåget möjlighet att återhämta förseningar. Hur dessa ska hanteras är kärnan i denna uppsats, och vi kommer återkomma till det gång på gång. Här och där finns det tillägg från femton sekunder upp till en minut.

Den sista vanligt använda kolumnen {just} är där för att hantera justeringar. De justeringar som avses är för att få ankomsttiden till uppehåll att inträffa på hela minuter. Istället för att tåget ska ankomma Lund C 16:48:47, vilket skulle se konstigt ut för resenärer om de kunde se tiden, så stoppar konstruktörer ibland in '13 i den här kolumnen. Andra konstruktörer kan lösa detta genom att kvalitetstilläggen är angivna med större noggrannhet, så att resultatet blir det samma.

I den mån de är ifyllda adderas tiderna i dessa fyra kolumner till den beräknade gångtiden för att få fram ankomst- eller avgångstid vid nästa driftplats. Det är ovanligt men inte alls omöjligt att flera av kolumnerna är ifyllda samtidigt.

2.3 Grafiska tidtabeller

Tidtabeller skapas och kan beskrivas i tabellform, men för att få en helhetsbild över flera tåg och en längre sträcka är det praktiskt att istället illustrera dem grafiskt. I *figur 1* visas ett exempel, på sträckan Stockholm Centralstation till Linköping klockan 08:00 till 12:00 den 20 maj 2013. Dessa tidtabeller är tyvärr ofta väldigt plottriga, så vi visar här bara ett hörn av tidtabellen, med förhoppningen att det som visas ska gå att se någorlunda väl.



Figur 1 Exempel på grafisk tidtabell. Källa: Trafikverkets arkiv av tidtabeller.

Geografin syns på Y-axeln, med Stockholm högst upp och Mjölby längst ner, utanför bilden, driftplatserna är markerade med horisontella linjer, namn och förkortning. X-axeln visar tiden. De diagonala linjerna visar var tågen ska befinna sig vid vilka tider, numren identifierar vilket tåg det gäller. Gröna linjer är planerade i långtidsprocessen, röda har lagts till under ad hoc processen. Lutningen på linjerna visar hur snabbt tågen går, ju brantare linje desto högre hastighet.

Hur många spår det finns syns tyvärr inte här, utan det måste tidtabellens konstruktörer och trafikledare leta upp i andra system eller hålla det i huvudet. I grafens mitt, från Järna i norr till Åby eller Norrköping i söder, är det enkelspår, och där kan tåg varken mötas eller köra förbi varandra förutom på driftplatser. Eventuella uppehåll syns när de diagonala linjerna bryts. För att se trafiken kring Stockholm går det att visa mer detaljerade grafer.

Detaljerna är inte så viktiga här, men det är såhär tidtabeller brukar visualiseras och hanteras i Trafikverket, och läsaren kan ha nytta av att känna till hur det fungerar.

2.4 Konstruktionsregler

Konstruktionen av tidtabeller regleras och beskrivs fortfarande formellt av Föreskrift *BVF 601, Riktlinjer för tidtabellskonstruktion för tåg på statens spåranläggningar* (Trafikverket, 2000). Det har gjorts försök att översätta dem till Trafikverkets organisation och språkbruk, men de har ännu inte nått hela vägen. På sätt och vis utgör detta examensarbete en del i det pågående arbetet att uppdatera föreskriften. Dokumentation och tydlighet kring vad som gäller, var föreskrifterna finns, när och hur de uppdaterats och varifrån de kommer är också bristande.

En inledande mening i föreskriften är att ”Målsättningen för konstruktionsarbetet är att med största möjliga precision beräkna vilken gångtid varje enskilt tåg har och att konkurrensneutralt samordna och fördela spårkapaciteten på statens spåranläggningar”.

Den har sedan följande struktur, med kapitel i fet stil och avsnitt kursiverade:

Allmänna riktlinjer för tidtabellskonstruktion, där syftet och utgångsvärdet för gångtid presenteras. Här ingår data om linjen, tåget, banarbeten som pågår under hela tågplanen och en schablonmässig reduktion av största tillåtna hastighet på 3 %.

Tillägg till utgångsvärde. Här regleras de tillägg som kan ges till gångtiden.

Den första orsaken är *sidotågväg*, vilket inträffar när tåget istället för att stanna på huvudtågspåret vid stationens mitt använder ett annat spår med lägre tillåten hastighet. Då kan en, eller i vissa fall två, minuter läggas till gångtiden.

Det andra är *minuten*, som tillåter att konstruktören i vissa fall kan lägga till en minut efter ett uppehåll, för att jämna ut ojämnheter i tågexpedieringen på driftplatser där den måste skötas manuellt.

Den tredje och största orsaken är *extra tillägg för icke planeringsbara störningar*. De exempel som ges är hastighetsnedsättningar, enkelspårsdrift och signalfel. Möjligheten att få tåg att ”falla in i sin rätta tidtabellskanal på strategiskt viktiga ställen” nämns också. Majoriteten av alla tidstillägg har sin grund i denna paragraf.

Uppehållstid på station beskriver hur gods- och resandetågs uppehållstider ska bestämmas. I princip är det upp till företaget som kör godståget, medan två minuter är standard för resandetåg. Är det särskilt många resenärer kan det vara tre minuter, är det snarare få passagerare kan det räcka med en minut. Det kan också finnas så kallade behovsuppehåll, där bara tiden för att bromsa in och accelerera läggs till, utan någon uppehållstid.

Tidsintervall mellan tåg och **Tåg i motsatt riktning** beskriver att det behövs vissa tidsintervall mellan tåg för att de ska kunna framföras utan störningar, och illustrerar hur dessa ska se ut under lite olika förutsättningar.

Slutligen avhandlas **Bevakning av stationer**, med riktlinjer för vad som gäller på lokalbevakade stationer, och på linjer med linjeblockering.

Det som är intressant för detta examensarbete är kapitlet **Tillägg till utgångsvärde**, särskilt avsnittet om *extra tillägg för icke planeringsbara störningar*. Vad som ingår i utgångsvärdet är också av intresse.

2.5 Tågplaneprocessen

Tågplanen beskriver kapacitetsutnyttjandet av statens spåranläggning och den gäller för ett år, från klockan 24:00 den andra lördagen i december till och med den andra lördagen i december nästa år. Att skapa denna är väldigt komplicerat. Följande genomgång utgår från muntliga beskrivningar av Kenneth Håkansson och Hans Dahlberg.

Tidtabellen för ett enskilt tåg är visserligen ganska enkel att skapa, men järnvägsnätet är väldigt stort och det är många som vill använda det. Vissa sträckor är också relativt enkla att planera, Nynäsbanan trafikeras till exempel nästan uteslutande av Stockholms Lokaltrafik. Andra delar, däribland Södra stambanan, trafikeras av flera olika lokala och regionala trafiksystem som delvis överlappar varandra, snabbtåg till och från huvudstaden, och långsamma godståg från hela landet. Blandningen av olika överlappande system, företag och banor, blandningen av helt olika hastighetsprofiler och den rena mängden trafik gör det till ett mycket komplicerat arbete att passa ihop allting utan konflikter. Lägg till det alla de banarbeten som måste utföras. Det är inte lätt.

För att hantera detta har man en lång process. Arbetssättet är visserligen under utveckling, och en helt ny organisation på väg, men mer om det senare. Som den ser ut nu har tågplaneprocessen tre stora delar.

Senast i mitten av april, åtta månader innan tågplanen börjar gälla, ska alla som vill köra tåg under den kommande tågplanen lämna in sina **ansökningar**. I dem anger de för varje tåg ett önskat tågnummer, vilken typ av fordon det är, hur långt och hur tungt det är, vilka dagar de ska gå, vilka tider de önskar avgå och ankomma olika platser och eventuella uppehåll.

Tågnumren är inte kopplade till enskilda fordonsindivider, men eftersom tågplanen ska innehålla alla tåguppdrag som går under ett helt år måste företagen se till att de kan göra ordentliga omlopp, så att de inte blir stående någonstans utan möjlighet att ta sig tillbaka. Så kallade tjänstetåg kan läggas in för att underlätta detta, där ett lok eller tomt tåg tar sig från en plats till en annan, men för att garantera att de får plats på spåren måste de läggas in i samband med all den andra trafiken.

Eftersom det är många som söker finns det en medvetenhet bland järnvägsföretagen att man kanske inte får just de sökta lägena, utan några andra. Att lägena måste sökas så långt i förväg gör också att det kan finnas ansökningar som lämnas in för säkerhets skull, eller av strategiska skäl.

När ansökningsperioden är slut i mitten av april börjar **långtidsprocessen**.

Tidtabellskonstruktörerna för då över alla ansökta tåglägen och planerade banarbeten till ett gemensamt datasystem, för närvarande TrainPlan. Tidtabellerna beräknas och kompletteras. När alla tidtabeller och banarbeten ligger i systemet börjar arbetet med konfliktreglering. Två tåg får inte ligga för nära varandra, och absolut inte vara på samma plats samtidigt. Regleringen åstadkoms genom sidoförflyttning av tågens grafer, så att starten helt enkelt flyttas några minuter, eller genom tillägg i infasningskolumnen.

Enligt Järnvägslagen ska ansökningarna i första hand tillgodoses, men i en del fall står ansökningar i konflikt med varandra. För att då avgöra vilka tåglägen som ska ges företräde, eller vilka som ska tas bort, används samhällsekonomiska kalkyler. Principerna är att tilldelningen ska ske konkurrensneutralt och så att systemet är samhällsekonomiskt effektivt. Metoderna för detta kritiseras av bland annat Riksrevisionen (2013), Eliasson (2014), och Nilsson (2014), och en del forskning pågår om hur det kan ske på ett bättre sätt (Haraldsson, 2014), men på något sätt måste det göras.

Under långtidsprocessen tas det fram flera utkast. De mest trafikerade bandelarna provtrycks i ett separat simulationsverktyg, numera RailSys, för att testa planens körbarhet och robusthet. Ofta uppenbaras det då problem som måste åtgärdas, och den iterativa processen fortgår till i

början av september. Då finns samtliga tåglägen beskrivna under det kommande året, sekund för sekund.

Sedan börjar **ad hoc processen**. Under denna kommer det in ungefär 5 000 ansökningar i månaden om förändringar i den fastslagna tågplanen. Nya banarbeten kommer till, tåglägen tas bort, nya kommer till. I princip ska dessa handläggas i den ordning de kommer in.

Det går alltså att lägga in helt nya tåguppdrag under denna del av processen, och ändra dem man har tilldelats, men det sker bara i den mån det går utan att störa den redan planerade trafiken. De bästa lägena är i regel tagna.

Klockan 24:00 den andra lördagen i december börjar tågplanen gälla, och tågen rullar efter de nya tidtabellerna. Ad hoc processen fortgår dock under tiden, och tiotusentals ändringar görs innan nästa års tågplan tar vid.

Det finns flera uppenbara problem med denna process, som ofta kommer upp i diskussioner med yrkesverksamma på både Trafikverket och SJ:

Först och främst går det inte att planera på ett bra sätt så långt i förväg. Detta illustreras tydligt av de tiotusentals ändringar som görs under ad hoc processen. Det kan inte vara optimalt att lägga ner flera månader på en allomfattande plan på sekundnivå, som sedan förändras i stor utsträckning.

Ett annat är att tåglägen konfliktregleras och anpassas till tåg som sedan inte alls går, eller ändå flyttas så att de inte längre interagerar med varandra.

Dessa problem är väl kända och har diskuterats under lång tid, och ett annat upplägg är på väg att introduceras. Det kallas nu för successiv planering, och har i stor grad utvecklats och pådrivits av Martin Aronsson och SICS, mer om detta senare i *kapitel 2.9.4 Successiv planering* och *kapitel 5.2 Successiv planering*.

2.6 Förseningar

Det finns många möjliga förseningsorsaker, flera av vilka vi kommer diskutera längre fram i arbetet, men en viktig distinktion är mellan primära och sekundära förseningar.

Primära förseningar uppstår till exempel när ett tåg måste stanna på grund av ett signalfel, sänka hastigheten på grund av ett banarbete, eller inte kan avgå i tid för att en dörr inte går att stänga.

Sekundära förseningar beror på oplanerad interaktion med andra tåg. Om ett tåg måste sänka hastigheten för att ett framförvarande tåg åker långsammare än planerat, eller om tåget måste vänta innan plattformen för att tåget som står där inte kan stänga dörrarna och komma iväg. Kedjor som dessa kan gå långt, och vid tät trafik kan en liten primär försening få effekter på en mängd andra tåg, långt därifrån.

Merförseningar som är minst tre minuter stora rapporteras och kodas också efter orsak, för närvarande med tre detaljnivåer. Den första nivån har fem kategorier: infrastruktur (I), olyckor/tillbud (O), järnvägsföretag (J), följdorsaker (F) och driftledning (D).

Under 2013 års tågplan fördelades snabbtågen på Södra stambanans förseningar sig som följer i *tabell 2*. Det här avsnittet bygger på statistik överlämnad av Christer Ingvaldsson på Trafikverket. Underlaget var presenterat som en lång lista med rapporterade händelser. För att kunna presenteras på det sätt som görs i kapitlet behövde de sorteras utifrån de angivna orsakskodernas tre nivåer och summeras till både antal och storlek.

Tabell 2 De fem största förseningsorsakerna i nivå 1. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

Kod	Nivå 1	Genomsnitt	Antal	Försening		
I	Infrastruktur	06:02:00	12 344	58,56 %	74 433	53,55 %
O	Olyckor/Tillbud och yttre faktorer	10:58:00	2 675	12,69 %	29 358	21,12 %
J	Järnvägsföretag	05:40:00	2 899	13,75 %	16 422	11,82 %
F	Följdorsaker	06:25:00	2 444	11,59 %	15 692	11,29 %
D	Driftledning	04:18:00	717	3,40 %	3 083	2,22 %
			21 079	100,00 %	138 988	100,00 %

I detaljnivå två rapporterades för samma tågurval 35 orsaker. De fem vanligaste var då banöverbyggnad (IBÖ), banarbete/transport (IBT) och signalanläggningar (ISA) som faller under infrastruktur, stört av annat tåg (FAT) som faller under följdorsaker och människa (OMÄ) som faller under olyckor/tillbud. Se *tabell 3*.

Tabell 3 De fem största förseningsorsakerna i nivå 2. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

Kod	Nivå 2	Genomsnitt	Antal	Försening		
IBÖ	Banöverbyggnad	04:41:00	6 268	29,74 %	29 401	21,15 %
IBT	Banarbete/transport	05:23:00	3 445	16,34 %	18 526	13,33 %
ISA	Signalanläggningar	09:06:00	1 965	9,32 %	17 894	12,87 %
FAT	Stört av annat tåg	08:19:00	1 349	6,40 %	11 223	8,07 %
OMÄ	Människa	13:36:00	723	3,43 %	9 831	7,07 %
			13 750	65,23 %	86 875	62,49 %

I den tredje och finaste detaljnivån användes samma period 118 koder, de fem vanligaste var spår (IBÖ01), banarbete/transport (IBT), stört av annat tåg (FAT), signalställverk, RBC och linjeblockeringssystem (ISA05). Se *tabell 4*.

Tabell 4 De fem största förseningsorsakerna i nivå 3. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

Kod	Nivå 3	Genomsnitt	Antal	Försening		
IBÖ01	Spår	04:27:00	5 618	26,65 %	24 992	17,98 %
IBT	Banarbete/transport	05:23:00	3 445	16,34 %	18 526	13,33 %
FAT	Stört av annat tåg	08:19:00	1 349	6,40 %	11 223	8,07 %
ISA05	Signalställverk, RBC och linjeblockeringssystem	13:03:00	556	2,64 %	7 252	5,22 %
ISA03	Positioneringssystem	08:27:00	825	3,91 %	6 976	5,02 %
			11 793	55,94 %	68 969	49,62 %

2.7 Punktlighet

Punktlig het kan innebära lite olika saker, och mätas på flera sätt (Håkansson, 2014). För resenären är det viktigt att komma fram i rätt tid. För att inte hindra andra tåg är det också viktigt att avgå i rätt tid. Därför mäter man både när tåget ankommer och när det avgår.

Det finns också olika uppfattning om vad som är tillräckligt bra för att kallas punktligt. Vad som är lämpligt beror bland annat på resans längd, typen av tåg, och hur lång tid det finns för eventuella byten. För de snabbtåg som studeras i detta arbete tillåts en avvikelse på fem minuter medan man för pendeltåg ofta räknar på tre minuter, och för tunnelbanor neråt en minut.

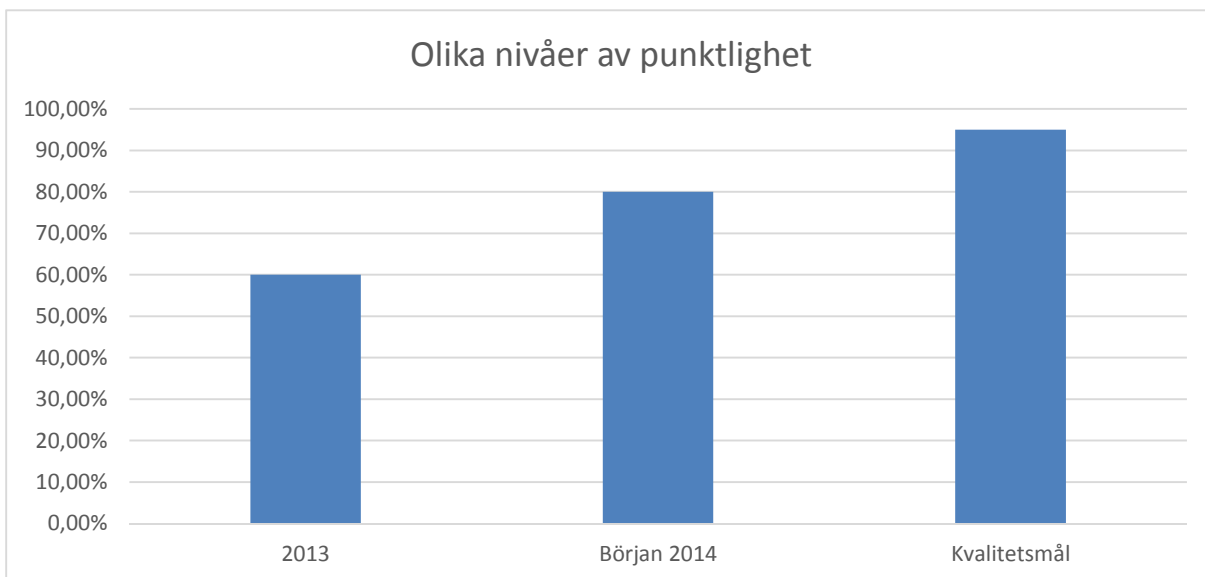
En annan fråga är var punktligheten mäts. I punktlighetsstatistiken har man hittills fokuserat på slutstation, men tåg gör nästan alltid flera uppehåll och passagerare som reser till mellanliggande stationer bryr sig rimligen mer om punktligheten till just deras station, än till slutstationen. Även om tiderna till alla mellanliggande stationer faktiskt mäts så är det tyvärr svårt att på ett begripligt sätt beskriva punktligheten till flera stationer samtidigt i ett enda mått. Mer om detta i *kapitel 5.7 Avvikelse från tidtabell*.

2.8 Kvalitetsmålet

Järnvägens olika parter har kommit överens om ett kvalitetsmål som alla ska arbeta mot (Trafikverket, 2013). År 2020 ska 95 % av alla tåg ankomma till ett antal förutbestämda stationer inom fem minuter från tidtabell.

Förseningsstatistiken i det här avsnittet är en egen bearbetning av underlag som Trafikverkets Roar Hermo tagit fram ur systemet Lupp. Det innehöll alla SJ snabbtåg på Södra stambanan under 2013, med en rad per passerad driftplats. För att göra det något mera hanterbart valdes tio tågnummer ut, fem i varje riktning, med sammanlagt över 2 000 avgångar. Tabeller skapades för att beskriva hur tågens avvikelse från tidtabell varierade mellan driftplatser, dessa kunde sedan sorteras efter försening till slutstation. Utifrån de sorterade värdena gick det enkelt att se hur stora förseningar som uppstod, och hur många tåg som kom i tid.

För vissa typer av tåg är punktligheten, eller kvaliteten, redan ännu bättre än så. Lokal- och regionaltåg går för det mesta väldigt bra, och de är numera väldigt många. För snabbtågen är situationen betydligt svårare, bara runt 60 % av dem var i tid 2013. Hittills under 2014 är motsvarande siffra ca 80 %. Detta sammanfattas i *figur 2*.

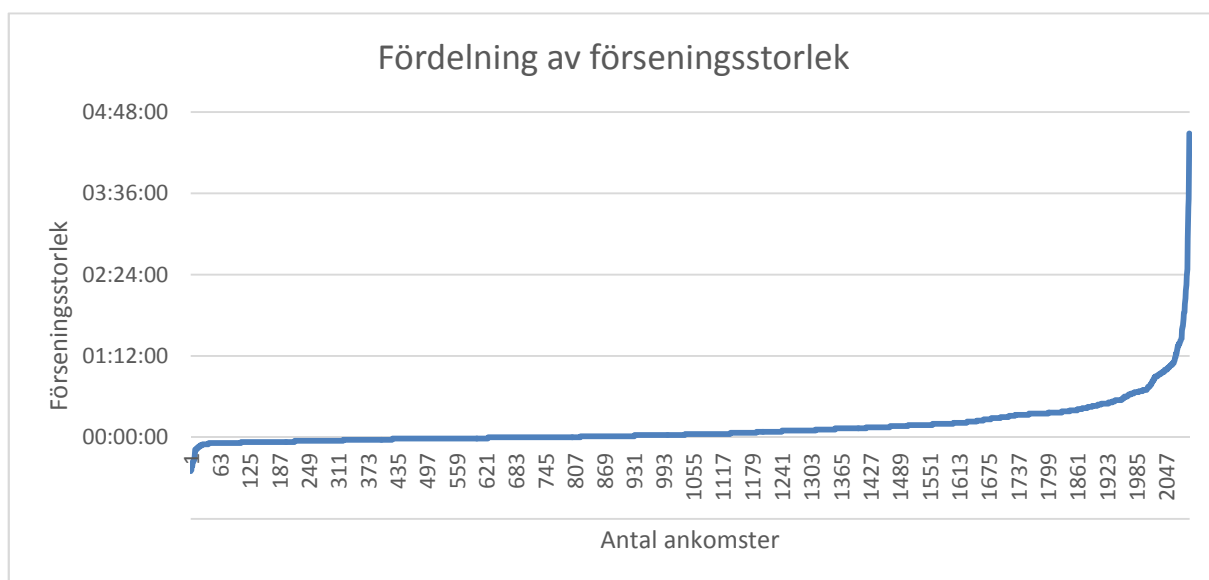


Figur 2 Punktlighet 2013, 2014 och kvalitetsmålet. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp, Håkansson (2014), Trafikverket (2013).

På godssidan är det också problematiskt, men den problematiken är för stor för oss att gå in på här.

Att det har satts ett gemensamt mål är mycket betydelsefullt, mer än man kanske kan tro. På kort och medellång sikt finns det nämligen en balansgång mellan korta restider och hög punktlighet, en balansgång som kommer upp varje gång tidtabeller diskuteras. Vi kan illustrera det såhär, med ett aktuellt tankeexperiment:

Enligt tidtabell brukar det numera ta runt fyra och en halv timme att resa mellan Malmö och Stockholm med ett snabbtåg, och ungefär 60 % av tågen 2013 klarade detta enligt det gängse sättet att mäta.



Figur 3 Fördelning av förseningsstorlek. Ett urval av drygt 2 000 snabbtåg på Södra stambanan, sorterade efter deras försening i slutstation. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

De största registrerade förseningarna är som vi ser i *figur 3* på över fyra timmar, så om vi istället tänker oss en tidtabell på åtta eller fler timmar så bör så gott som alla tåg hinna fram i tid. Det lär dock inte vara så många kunder som tar tåget om restiden är så lång, och en sådan avvägning är inte önskvärd.

Den kortaste beräknade restiden för ett X2 mellan Malmö och Stockholm med de vanliga uppehållen ligger för de fyra tidtabeller som detaljstuderats lite under fyra timmar blankt. Den restiden lär locka betydligt fler, men om 40 % av tågen inte hinner i tid till dagens tidtabell kan vi vänta oss ännu sämre punktlighet för tåg utan några marginaler, vilket i sin tur skrämmer bort resenärer.

En rimlig fråga när man skapar tidtabeller är då hur man ska balansera de två faktorerna mot varandra. Kvalitetsmålet innebär att branschen har kommit överens om svaret på denna fråga. 95 % av tågen ska komma inom 5 minuter från tidtabell. Med det beslutet kan diskussionen gå vidare till vad som måste till för att balansen ska uppnås.

Frågan om hur ansvaret för kvalitetsmålets uppfyllelse ska fördelas mellan branschens olika parter diskuteras i *kapitel 5.1 Ansvarsfördelning kring kvalitetsmålet*.

2.9 Angränsande forskning

Det pågår en del forskning kring järnvägen, och flera pågående projekt berör gångtidstillägg på olika sätt. Bland dem finns kapacitet, robusthet, punktlighet, successiv planering och samhällsekonomi. Beröringspunkterna diskuteras i något större omfattning i *kapitel 5 Diskussion och fortsatt forskning*, men det kan vara relevant för läsaren att här få en kort redogörelse för vad dessa forskningsområden handlar om.

Genomgången är baserad på diskussioner med Kenneth Håkansson och Hans Dahlberg. Avsnittet om *Robusthet* är dessutom influerat av möten med Emma Andersson, och avsnittet *Successiv planering* av ett stort antal artiklar författade av SICS som Hans Dahlberg överlämnade i arbetets början. Referenser till ett urval av dessa följer i respektive avsnitt.

2.9.1 Kapacitet

Trafiken på järnvägen har i Sverige successivt ökat sedan 1980-talet, och den är nu högre än den någonsin varit. Det finns inga indikationer på att ökningstakten kommer minska framöver, snarare tvärtom. Detta i kombination med hur dyrt det är att anlägga ny järnväg gör att trafiken blir tätare och kapacitetsutnyttjandet högre.

Forskningen inom området kapacitet handlar helt enkelt om att beskriva hur stor järnvägens kapacitet är, samt i viss mån att svara på hur den utnyttjas och hur den kan höjas.

Till sin hjälp har man i första hand simulationsverktyg, som RailSys, där man bygger upp så noggranna och aktuella modeller över infrastrukturen som möjligt och testkör olika tåg och tidtabeller. I modellerna kan man sedan se hur många tåg som kan gå på olika delar av banan och hur detta förändras under olika förutsättningar.

KTH och Trafikverket forskar och arbetar mycket med detta.

2.9.2 Robusthet

Nära relaterad till hur mycket kapacitet systemet har är dess robusthet, eller hur väl hanterat det störningar. Hur sprids förseningar genom systemet, och hur lång tid tar det att återställa till utgångsläget.

Detta handlar både om infrastrukturen, i den mån det finns flaskhalsar eller alternativa vägar, och om tidtabeller, hur nära varandra tåg kan gå och hur stora marginaler de har.

Här kan särskilt doktorand Emma Anderssons forskning om robusthet i kritiska punkter (2014) vid Linköpings Universitet nämnas. Ett tidigare exempel är Vromans (2005).

2.9.3 Punktlighet

Det pågår ständigt arbeten kring att mäta, beskriva och följa upp tågtrafikens punktlighet. Särskilt kodningen av förseningsorsaker har tagit stora kliv framåt de senaste åren, i och med införandet av kvalitetsavgifter.

Ett tydligt tecken på detta är systemet Lupp som Trafikverket upprättat och tillhandahåller för att ta fram statistik om tågtrafiken, dess punktlighet och störningar. Det är ur detta system all statistik som använts i det här arbetet tagits fram. En annan rapport som tagit avstamp i detta system är *Analys av punktligheten inom järnvägstrafiken, Resultatrapport 2013* (Trafikverket, 2013).

2.9.4 Successiv planering

Under lång tid har det funnits ett missnöje med tågplaneprocessen och hur man i den försöker detaljreglera all tågtrafik långt i förväg, samtidigt som alla vet att premisserna ständigt förändras. Mycket arbete görs i onödan, och planeringen av trafiken blir suboptimal.

För att komma till rätta med detta och få till stånd en bättre process pågår forskning, initierad av dåvarande Banverket och till stor del driven av SICS och Martin Aronsson, kring vad man nu kallar för successiv planering. Tanken är att komma bort från de onödigt långa leddiderna och orimliga planeringshorisonterna och istället fatta beslut med den noggrannhet som behövs för stunden.

Det finns förslag (Aronsson, Forsgren & Gestrelus, 2011) på hur ett sådant arbetssätt kan föras in steg för steg via en övergång till leveransåtaganden, och en separation mellan leveransplan och produktionsplan, och Trafikverket verkar långsamt röra sig i denna riktning (Dahlberg, 2014).

2.9.5 Samhällsekonomi

I och med avregleringen av trafiken och den ökade trängseln på spåren blir det allt viktigare för Trafikverket att prioritera mellan olika tåg. Dels i planeringsskedet, då olika ansökningar står i konflikt med varandra, dels operativt, då vissa tåg måste ges företräde framför andra.

Metoderna för att räkna ut vad som ger störst samhällsekonomisk nytta är relativt nyutvecklade, främst av Trafikverkets Thomas Franzén, och får kritik från bland annat Riksrevisionen, Jan-Eric Nilsson på VTI, och Jonas Eliasson på KTH. Det finns ett stort behov av att förbättra dessa metoder, i den mån problemen över huvud taget går att räkna på, eller finna alternativa sätt att lösa prioriteringen på.

3 Analys

Det här kapitlet utgör kärnan av rapporten där vi försöker besvara de tre frågeställningarna som nämndes i *kapitel 1.1 Syfte*: vad gångtidstilläggen bör ta hänsyn till, hur stora de bör vara och hur de bör placeras. De tre är intimt sammankopplade med varandra, men de metoder och kriterier som ligger till grund för analysen skiljer sig naturligtvis åt mellan de olika frågorna. Hur analysen går till och vilka bedömningskriterier som används beskrivs således i inledningen till respektive del. I slutet av varje del ges en kort sammanfattning och rekommendation över hur Trafikverket bör tänka i framtiden. Dessa ligger sedan till grund för *kapitel 4 Slutsatser & rekommendationer*.

3.1 Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till

Det finns en mängd orsaker till att de beräknade gångtiderna inte är tillräckliga. Orsaker som är systematiska eller sporadiska, frekventa eller sällsynta, med konsekvenser som är stora eller små. En del går att hantera väl med gångtidstillägg medan andra kräver andra åtgärder, antingen i tidtabellerna eller rent fysiskt. Frågan vad som är vad, vilka typer av fel som är eller inte är lämpliga att hantera med gångtidstillägg, är principiellt mycket viktig. Utan att ha en tydlig uppfattning om det går det knappast att bestämma tilläggens storlek eller placering på ett rationellt sätt.

Det här kapitlet är strukturerat som en lista där vi går igenom en rad potentiella felkällor, sammanfattade i *tabell 5*, först med en beskrivning och sedan med en bedömning om hur vi anser att de bör hanteras.

Tabell 5 Tänkbara faktorer att ta hänsyn till med gångtidstillägg. Källa: egen analys.

Faktor
Gångtidsprogrammets approximationer
Skillnader mellan riktiga och beskrivna tåg
Skillnader mellan fordonsindivider
Skillnader mellan förare
Skillnader i väder och vind
Skillnader i laster
Skillnader i passagerarbeteende
Planerade banarbeten
Sidotågväg
Tekniska fel
Olyckor
Järnvägsföretag
Risk att hamna bakom långsammare tåg

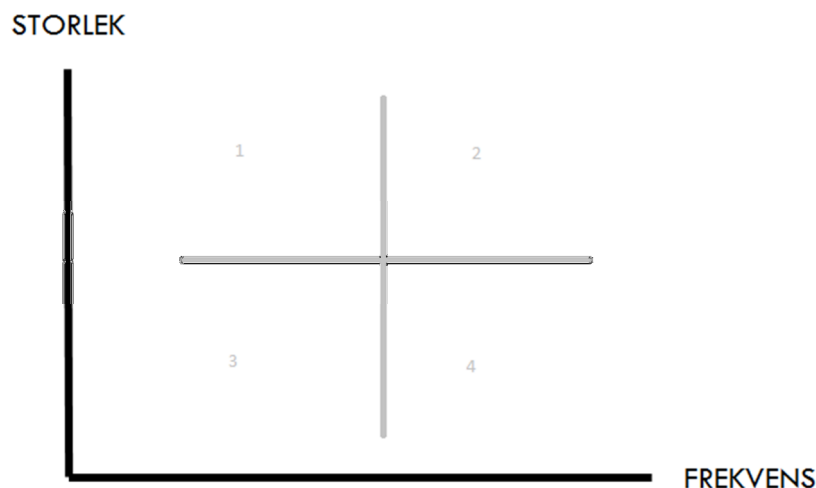
Listan är lång men inte heltäckande, och bygger på dokument erhållna av och diskussioner med Kenneth Håkansson, Hans Dahlberg, Magnus Wahlborg, alla på Trafikverket, Göran Andersson på SJ och Emma Andersson på Linköpings Universitet.

De tänkbara faktorerna är många och av så skiftande karaktär att det inte är lämpligt att tillämpa en enda formell uppsättning bedömningskriterier på allesammans. Gångtidstilläggen tar inte själva någon hänsyn till vad som orsakar eventuella förseningar, de bidrar till att återhämta dem alldeles oavsett. Men när tidtabeller konstrueras måste man ha i åtanke att det finns flera olika faktorer som kan orsaka förseningar, och att det finns flera olika sätt att hantera dessa faktorer. Gångtidstillägg är bara ett av många verktyg, och det kan inte vara det bästa i varje fall.

Resonemangen som följer är därför relativt enkla och flexibla, utifrån vad som är möjligt och rimligt. Om det inte går att säga hur stora tilläggen ska vara för att hantera en felkälla så går det inte att utforma tilläggen, och därför inte att hantera felkällan med tillägg. Om konsekvenserna av en felkälla är väldigt stora samtidigt som det inte går att veta var de inträffar, så går det inte heller att utforma tillägg som hanterar de förseningarna. Om felkällor

kompenenserar för tilläggen går de inte heller att hantera på ett bra sätt. Och så vidare. I andra fall vore det möjligt att hantera förseningarna med gångtidstillägg, men ännu bättre att hantera dem på ett annat sätt.

Ett lite mer systematiskt sätt att tänka på dessa bedömningskriterier är att utgå från störningens storlek och frekvens, eller sannolikhet. I *figur 4* ser vi storleken på Y-axeln, och



Figur 4 Kategorisering av störningar. Källa: eget arbete.

frekvensen på X-axeln, vi ser också fyra kvadranter.

I den första kvadranten, ett, har vi störningar som uppträder sällan men får stora konsekvenser, där vi till exempel kan placera in nedrivna kontaktledningar, ett tekniskt fel, och påkörda ålgar, en olycka. Oavsett hur tidtabellen konstrueras så kan sådana händelser orsaka förseningar, och vi kan inte hantera dem med gångtidstillägg. Istället gäller det att minimera förekomsten, och att ha bra system för krishantering.

I kvadrant två kan vi placera saker som banarbeten eller systematiskt felaktiga antaganden och beräkningar. Om de inträffar regelbundet, med hög frekvens och sannolikhet, så kan det vara möjligt att hantera dem någorlunda väl med gångtidstillägg, men det är bättre att rätta till felen på ett systematiskt sätt. Gångtidsberäkningen kan justeras så att den tar hänsyn till pågående banarbeten, faktiska fordonsprestanda och banförhållanden, med mera. Resultatet blir då mer korrekt, restiden kortare och punktligheten högre, än om man förlit sig på gångtidstillägg.

Kvadrant tre och fyra är bättre lämpade för gångtidstillägg. I trean kan vi placera de flesta specifika tekniska felen, medan dem som aggregat kan placeras i kvadrant fyra. Så länge störningarna inte är allt för stora kan de hanteras relativt väl med gångtidstillägg. Även här kan det dock finnas möjlighet att hantera problemen närmare källan och på så sätt minska de generella gångtidstilläggen.

En ytterligare dimension att ta hänsyn till är kompensatoriskt beteende. När mänskliga beslut och beteenden är involverade i förseningsorsakerna blir det nämligen lite mer komplicerat att ta höjd för dem. Ju mer vi tar höjd för och tillåter variationer i beteenden, desto mer kommer beteendet att variera. Detta diskuteras mer utförligt i *kapitel 3.1.4 Skillnader mellan förare* och *kapitel 3.1.7 Skillnader i passagerarbeteende*.

Dessa resonemang återkommer i olika skepnader då vi går igenom de olika faktorerna en för en. Efter genomgången kommer en sammanfattande rekommendation om vad gångtidstilläggen bör ta hänsyn till. Här kan också understrykas att alla rekommendationer om vad som bör och måste göras är egna slutsatser och bedömningar, till vilka vi kommit under arbetets gång.

3.1.1 Gångtidsprogrammets approximationer

Programmet som används för att beräkna gångtiderna innehåller av nödvändighet en rad approximationer och antaganden som inte är helt korrekta. Dessa kan ge upphov till avvikelser mellan den beräknade och faktiska gångtiden.

Ett sådant exempel är att tågen beräknas som punkter, snarare än linjer eller tredimensionella objekt. Eftersom banans svängar och dess lutning i höjd- och sidled varierar, så kan ett tåg i verkligheten vara i både en upp- och nerförsbacke samtidigt, och en del av tåget kan vara på en raksträcka medan en annan är i en sväng. Beräknas tåget som en punkt i programmet så tar man inte hänsyn till detta, och det ger upphov till vissa felaktigheter.

För att kunna ta hänsyn till dessa med gångtidstillägg måste man dock känna till hur stora de är, och var de uppträder. Om man har den kunskapen så vore det lämpligare att direkt anpassa programmet så att det ger korrekta värden. Om man inte har den kunskapen går det inte heller att säga hur stora tilläggen bör vara.

Ett exempel på sådan anpassning knyter an till beräkningen av tåg som punkter. I en av de senare uppdateringarna av simuleringsverkyget RailSys, som används flitigt i delar av Trafikverket, går det nu att beräkna tågen som linjer snarare än punkter (Wahlborg, 2014). En linje är förvisso fortfarande en approximation av den tredimensionella verkligheten, men det är en bättre approximation än en punkt.

3.1.2 Skillnader mellan riktiga och beskrivna tåg

För att beräkna gångtider och skapa tidtabeller används tågmallar, som beskriver tågets köregenskaper. Bland annat innehåller de fordonets längd, vikt, roterande massa, dragkraftskurva, största tillåtna hastighet, och ett antal uppskattade konstanter för beräkning av gångmotstånd.

Om dessa inte stämmer överens med verkligheten så blir gångtidsberäkningen felaktig. Så kan det bli om värden tas från tillverkarnas kataloger, utan att kontrolleras. Det kan också tänkas att en typ av fordon tidigare hade vissa egenskaper, men att dessa över tiden har förändrats.

Denna typ av problem kan inte rimligen hanteras med hjälp av gångtidstillägg, eftersom det inte går att säga hur stora de borde vara, hur de ska placeras eller för vilka tåg de ska gälla. Istället måste modeller och ingångsvärden valideras kontinuerligt, så att inga stora avvikelser uppstår.

3.1.3 Skillnader mellan fordonsindivider

Alla fordon av samma typ är inte helt identiska, utan det kan finnas variationer mellan individerna. Vissa är lite äldre, andra är nya eller har nyligen restaurerats och är i utmärkt skick. Det kan röra sig om allt från motorer till hjulsvarvning, det finns mycket mer som kan påverka ett fordonets köregenskaper än vad vi kan ta upp här.

I grunden måste ändå fordonen hålla en sådan standard att de inte äventyrar trafikens säkerhet eller punktlighet. Ett tåg som går långsammare än det ska bör repareras, eller om prestandan på många tåg har sjunkit ungefär lika mycket så kan det skapas en ny beräkningsmall för just dessa fordon. Detta kan inte hanteras på ett bra sätt genom gångtidstillägg.

3.1.4 Skillnader mellan förare

Olika lokförare kör på lite olika sätt. Vissa vill ligga så nära hastighetsgränsen som möjligt, andra glida in så mjukt som möjligt vid plattformen. Vissa järnvägsföretag försöker införa ecodriving, vilket en del förare anammar och en del inte. Inför avgång stänger en del dörrarna i god tid, medan andra väntar på sena passagerare som kommer springande. (Håkansson, 2014)

Det gångtidstillägg som verkar mest välkänt inom branschen är en treprocentig sänkning av den högsta tillåtna hastigheten. Denna kallas ofta för just förarmarginal trots att den enligt BVF601 (Trafikverket, 2000) även ska ta hänsyn till skillnader mellan fordonsindivider och adhesionsförhållanden.

På ett sätt är benämningen förarmarginal rimlig, eftersom det är föraren som använder marginalen för att hålla tidtabellen. Den andra tolkningen, att tillägget är där för att hantera skillnader mellan hur olika förare kör tågen, är mindre lämplig. Hur lokförare kör beror i stor omfattning på deras utbildning och på deras instruktioner, och de går därför att påverka.

Särskilt när utnyttjandet av banans kapacitet är hög är det viktigt att tåg körs på ett enhetligt och förutsägbart sätt. I princip ska föraren köra så att tidtabellen hålls, snarare än att tidtabellen skapas så att olika förare kan köra på det sätt de tycker är bäst. Det kan därför inte vara rätt att ge tillägg utifrån hur olika förare kör tågen.

Lokförarnas roll får dock inte förbises eller förringas, men fokus bör ligga på att ge dem bättre stöd och förutsättningar för att köra på ett lämpligt sätt, snarare än att förlänga restiden. Sådana arbeten pågår, men de ligger utanför ramen för detta examensarbete.

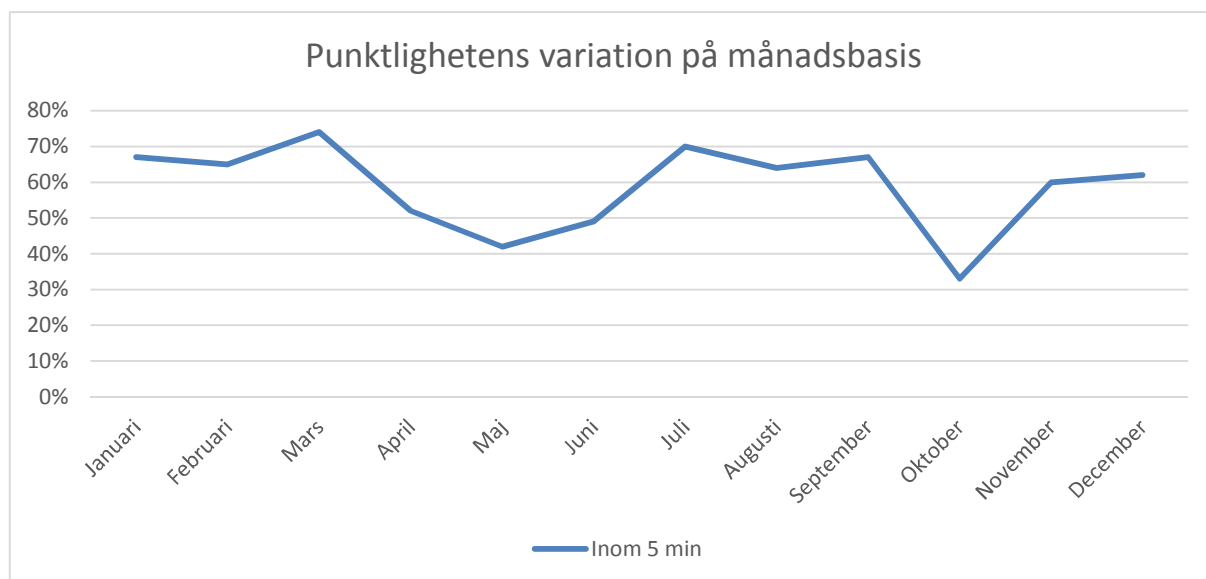
3.1.5 Skillnader i väder och vind

De möjliga effekterna av väder och vind är många, men den sannolikt största påverkan är på adhesionen. Detta begränsar hur mycket kraft som kan appliceras på hjulen utan att de börjar slira, och påverkar därför både den tid och sträcka det tar att öka eller minska tågets hastighet. Enkelt uttryckt beskriver adhesionen hur halt det är på spåren. Flera olika typer av väder kan göra spåren halare, bland dem regn, snö, pollen, och nerblåsta löv. Särskilt den sista är okänd, och lövhalka gör det oerhört svårt att ändra hastighet.

Vind spelar också roll, och en kraftig motvind kan märkbart öka gångmotståndet för vissa typer av tåg medan starka sidvindar i vissa fall kan utgöra en direkt säkerhetsrisk.

Till vädrets effekter hör också isbildning, och det är inte ovanligt att det på ett lok samlas många ton under kalla perioder. Järnvägsföretagen försöker avisa sina lok innan problemet blir för stort (G Andersson, 2014), men när det är minusgrader i hela landet samtidigt är detta svårare att göra, och man får kanske räkna med att tågen är tyngre under vissa perioder.

Tittar vi tillbaka på punktligheten under 2013 års tågplan ser vi en tydlig variation mellan olika månader.



Figur 5 Punktlighet på månadsbasis. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

I figur 5 visas andelen snabbtåg som anländer slutstation inom fem minuter från tidtabell, efter en egen bearbetning av data från Trafikverket (2014), samma underlag som beskrivs i kapitel 2.8 Kvalitetsmålet. Under oktober är punktligheten som värst, bara hälften av vad den är under större delen av året. I april, maj och juni är den också betydligt lägre än vanligt. Juli, augusti och september ligger på i stort sett samma nivå som november till och med mars. Hela punktligheten förklaras givetvis inte av väderrelaterade faktorer, och det är möjligt att det ligger annat bakom variationen, såsom banarbeten, men vi ska inte helt förkasta data för det.

I sammandrag kan dessa faktorer vara svåra att både förutse och göra någonting åt, samtidigt som de är så vanliga och allvarliga att de inte gärna kan ignoreras. Flera av problemen är säsongsbetonade, och en differentiering av tidtabeller över säsongerna skulle således göra anpassningen mer ändamålsenlig.

3.1.6 Skillnader i laster

Ett X2 kan som mest ta runt 320 passagerare, vilket med bagage kan väga över 30 ton. Ett tåg som är fullt lastat behöver längre tid för att accelerera och bromsa än ett som är nästan tomt, och dess gångtid blir därför något längre. Denna problematik känner man väl till på godssidan, men den gäller i viss mån även resandetåg.

Det i särklass lättaste sättet att hantera detta är att i gångtidsprogrammet utgå från ett fullt lastat tåg. För godståg kan det skilja sig hundratals ton, ibland över tusentalet, mellan tåg som är tungt respektive lätt lastade, så där är det viktigt med en mer individuell anpassning. I relation till dessa enorma skillnader är spannet på 30-talet ton för snabbtåg nästintill försumbart. Restidsförlusterna för de lätt lastade tågen är så små i jämförelse med det extra arbete som måste till för att bedöma hur tungt lastade olika snabbtåg kommer vara.

3.1.7 Skillnader i passagerarbeteende

I grunden handlar passagerarbeteende mer om uppehållstid än gångtid, och hur långa uppehållstiderna ska vara ansöker järnvägsföretagen själva om. Det finns dock en problematik i att det ofta kommer eftersläntrare, som tågpersonalen ibland väntar in. När så sker försenas tågets avgång.

Detta är dock svårt att hantera genom gångtidstillägg, eller ens genom förlängda uppehållstider. Oavsett hur länge tåget väntar kommer det att komma några strax efter, särskilt eftersom människor anpassar sitt beteende till de nya förutsättningarna. Samtidigt kan man inte gärna räkna med att tåget alltid avgår en minut sent, eller två minuter, eller trettio sekunder, och stoppa in denna på sträckan just efter stationen.

Dels för att det inte går att säga generellt vad tillägget bör vara, eftersom beteendet kan variera över olika järnvägsföretag, olika tågupplägg, olika stationer, olika veckodagar, och olika tider. Det kan inte vara Trafikverkets sak att hålla reda på allt detta.

Dels för att det är relativt lätt att åtgärda för tågpersonalen, genom att i god tid stänga dörrarna och göra klart för avgång utan att vänta på passagerare som kommer sent. I många fall går det ett nytt tåg strax efteråt, och i andra fall inser passagerarna snabbt att de faktiskt måste vara i tid och ändrar sitt beteende.

3.1.8 Planerade banarbeten

Banarbeten är en central del i tågplaneprocessen, och de pågår alltid någonstans. I en stor del av fallen kan trafiken fortgå, men med reducerad hastighet och därmed längre restid.

Detta brukar hanteras genom tidstillägg, men ofta är det svårt att bestämma hur stora de ska vara, och hur de ska placeras, eftersom många banarbeten flyttar sig längs en sträcka. Banarbeten där det inte ges tidstillägg ger snabbt stora förseningar för många tåg, och syns tydligt i statistiken.

I princip är hanteringen av sådana arbeten relativt enkel. Det måste vara känt var arbetet pågår, och med vilken hastighet det är tillåtet att passera. Denna reduktion, tillsammans med eventuell enkelspårsdrift, stoppas in i program för gångtidsberäkning eller simulering, och den nya gångtiden tas fram. I ad hoc processen skapas sedan nya tidtabeller med de justerade gångtiderna, för de tåg som berörs av banarbetet. Det spelar i princip ingen roll om det pågår under ett halvår, en vecka, eller bara en natt. I dagsläget går det inte rent praktiskt att göra nya tidtabeller så ofta, men processer och verktyg måste utvecklas så att det blir möjligt.

Huruvida justeringen sker direkt i gångtiden, eller med en addition i kolumnen ”Banarbeten”, spelar ingen väsentlig roll, även om det senare är något mer transparent.

3.1.9 Sidotågväg

BVF601 Tidtabellskonstruktion nämner sidotågväg som ett av tre skäl att öka gångtiden (Trafikverket, 2000). I vanliga fall beräknas den till stationsmitt för huvudtågspåret, snarare än för den väg tåget faktiskt ska ta, som ofta innebär växlar och hastighetsbegränsningar.

Detta är egentligen inget gångtidstillägg, i den bemärkelsen att det ger tåget marginaler att återhämta en försening, utan det är en del av den faktiska gångtiden och borde istället kunna hanteras automatiskt av datorn. Programmet som beräknar gångtiden borde veta vilken väg tåget ska ta, och räkna med detta.

3.1.10 Tekniska fel

Järnvägen är ett komplext tekniskt system med många komponenter. Ibland uppstår det fel i några av dem, och då störs trafiken. Det kan vara allt från en dörr på ett tåg som inte går att stänga, en signal vars lampa gått sönder, en växel som inte går att slå om för att det ligger is i den, till en nerriven kontaktledning eller en urspårning.

Olika fel inträffar med olika stor sannolikhet under olika tider på olika platser, och konsekvenserna blir olika stora. Det pågår ett arbete med att kartlägga dessa fel hos både Trafikverket och de olika järnvägsföretagen, och detta ligger till grund för bland annat *kapitel 2.6 Förseningar*, *kapitel 3.2.3 Förväntad försening* och *kapitel 3.2.6 Tekniska fel*, där felen beskrivs i större detalj, men mycket återstår. Samtidigt uppträder och åtgärdas fel löpande, och en hel del förebyggande arbeten görs, så att risken för fel hela tiden förändras.

Osäkerheten är alltså stor om exakt vad som kommer gå fel, när, var och hur illa det blir, men sammantaget är det ganska sannolikt att någonting kommer inträffa som stör trafiken. Denna risk måste man ta hänsyn till för att uppnå en acceptabel punktlighet.

3.1.11 Olyckor

Påkörning av bland annat älg är tyvärr inte ovanligt i tågtrafiken, och det får nästan alltid stora konsekvenser. Andra typer av olyckor är brand, eller urspårningar. Det finns förstås ett visst överlapp mellan tekniska fel och andra kategorier, och det är inte helt tydligt vad som är en olycka och vad som är ett fel. Det som är tydligt är att händelser med låg sannolikhet men stora konsekvenser inte kan hanteras på ett bra sätt genom gångtidstillägg.

3.1.12 Förseningar orsakade av järnvägsföretag

Järnvägsföretag orsakar själva runt 12 % av alla förseningar, se *kapitel 2.6 Förseningar*. Här följer *tabell 6* med de förseningar som härrörts till dem, på en något finare nivå:

Tabell 6 Förseningar orsakade av järnvägsföretag. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

Kod	Nivå 2	Genomsnitt	Antal	Av alla	Försening	Av alla
JAS	Avvikande sammansättning	03:56	47	0,22 %	185	0,13 %
JDE	Sent från depå	12:43	42	0,20 %	534	0,38 %
JDM	Dragfordon / motorvagn	07:47	789	3,74 %	6 140	4,42 %
JFÖ	Förarpersonal	06:36	174	0,83 %	1 149	0,83 %
JJF	Ingen uppgift från JF	03:25	570	2,70 %	1 945	1,40 %
JOM	Ombordpersonal	17:27	11	0,05 %	192	0,14 %
JPR	Prioritering	05:27	52	0,25 %	283	0,20 %
JTP	Terminal/Plattformhantering	04:39	1 076	5,10 %	4 995	3,59 %
JVA	Vagn	07:14	138	0,65 %	999	0,72 %
			2 899	13,75 %	16 422	11,82 %

Här känner vi igen Dragfordon/motorvagn och vagn från sammanställningen av de tekniska felen, men det finns också mycket annat.

En del förseningar följer naturligt av andra, tidigare förseningar. Tåg kan av olika skäl komma sent från depå, till exempel, eller ombordpersonal komma för sent från arbete på andra tåg

som försenats av någon anledning. Dessa lämnar vi därhän, då vi i detta arbete avgränsar oss till primära förseningar.

Ingen uppgift från JF är relativt vanligt förekommande, och används när en merförsening på minst tre minuter uppstår, men det inte kommer in någon uppgift om varför. Denna kodning blir allt mindre vanlig, allteftersom järnvägsföretagen blir bättre på att lämna in rapporter.

Terminal/Plattformhantering berör *kapitel 3.1.7 Skillnader i passagerarbeteende*. Förutom att av olika skäl vänta på passagerare kan förarpersonalen även göra andra beslut som leder till förseningar. Ett givet är körsättet, vilket diskuteras i *kapitel 3.1.4 Skillnader mellan förare*. Ett annat är avhysning av obehöriga passagerare.

Det förekommer nämligen att passagerare inte har biljetter, möjlighet att betala kontrollavgiften, eller stör ordningen på tåget på ett sådant sätt att de måste avhysas. Detta kan ske vid planerade uppehåll, eller vid annan driftplats om det är särskilt akut eller om föraren bedömer att så kan ske utan att tåget försenas.

Sådana oplanerade uppehåll ställer till större besvär för de som lämnas av tåget, men eftersom inbromsning, stoppet, och accelerationen i regel tar åtminstone ett par tre minuter så riskerar föraren att försena både det egna tåget, och andra på banan.

Denna typ av beslut från förarens sida är i många fall både onödiga och omotiverade, och ska inte uppmuntras genom tilldelning av gångtidstillägg. I de fall då det av någon anledning verkligen är motiverat för föraren att stanna är det bättre att låta tåget bli lite försenat. Det går i alla fall inte att hantera på ett bra sätt med gångtidstillägg.

3.1.13 Risk att hamna bakom långsammare tåg

En stor del av snabbtågens förseningar beror på att de hamnar bakom långsammare tåg. Antingen för att det långsammare tåget i sig var sent, och då sprider förseningen vidare i systemet. Detta blir då en sekundär försening för snabbtåget. Eller för att snabbtåget var lite sent och hamnar bakom ett långsammare tåg som går enligt tidtabell. I så fall ökar förseningen, ibland dramatiskt, om inte tågklararen släpper förbi det snabbare tåget.

Nu används så kallade nodtillägg på vissa strategiska platser, som stora bytespunkter eller tättrafikerade sträckor, för att försenade tåg ska återhämta sig när de kommer dit (Trafikverket, 2000). Ett annat sätt att minska påverkan mellan tåg är att reglera avstånden mellan tåg, med så kallade headwaytider. Detta beskrivs i samma föreskrift. Headwaytider utgör dock inget gångtidstillägg, och påverkar inte restiden direkt, utan de innebär sidoförflyttningar av tågets tidtabell. Emma Andersson (2014) berör dessa frågor i större detalj.

En av poängerna med väl dimensionerade gångtidstillägg är att denna typ av problem, som nu uppstår i stort sett dagligen, ska undvikas. Om tågen snabbt kan återhämta sig från små förseningar så minskar risken både att störa andra tåg, och att bli störd av dem. På så sätt kan små men välplacerade tillägg vara till större nytta än mycket större tillägg som placerats på fel ställen.

3.1.14 Sammanfattning & rekommendation gällande hänsyn

Gångtidstillägg fungerar inte bra mot variationer i mänskligt beteende, sällsynta men stora störningar, övrig trafik, eller systematiska felberäkningar. De är desto bättre på att hantera fel som uppträder med större sannolikhet och mindre konsekvenser. Konkret bör gångtidstilläggen alltså främst ta hänsyn till eventuellt nedsatt adhesion, och till relativt små tekniska fel. Detta tar vi med oss vidare i analysen. *Tabell 7* sammanfattar.

Tabell 7 Faktorer gångtidstilläggen bör ta hänsyn till. Källa: egen analys i kapitel 3.1.

<i>Faktor</i>	
<i>Skillnader i väder och vind</i>	Ja, eventuellt nedsatt adhesion
<i>Tekniska fel</i>	Ja, små till måttliga

3.2 Hur stora gångtidstillägen ska vara

En fråga av stor praktisk vikt är hur stora gångtidstillägen bör vara.

I grunden för alla tidtabeller finns en svår balansgång mellan hög leveranssäkerhet och punktlighet å ena sidan, och korta restider å den andra. I princip är denna numera bestämd av branschen i stort, se *kapitel 2.8 Kvalitetsmålet*, och det som återstår är i huvudsak en empirisk fråga om hur mycket som måste till för att uppnå den önskade balansen.

I princip kan vi bestämma storleken på tilläggen genom att studera de felkällor som bedömts som lämpliga att hantera genom gångtidstillägg, se det föregående *kapitel 3.1 Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till*. Detta är en angreppsvinkel vi använder här, men det är också viktigt att bedöma rimligheten i de svar vi får på olika sätt.

För att göra detta tittar vi på internationella rekommendationer och exempel, nuvarande praxis, data över hur stora störningar ett tåg förväntas utsättas för, och hur de tågen som håller tidtabellen betar sig med avseende på tidtabellen. Alla dessa perspektiv och källor kan vi sammanfatta i *tabell 8*.

Tabell 8 Perspektiv för storleksbestämning. Källa: egen analys.

<i>Perspektiv</i>	<i>Källa</i>
<i>Konstruktionspraxis</i>	
	Södra stam
	UIC kräver
<i>Förseningsstatistik</i>	Rapporteras
	Återhämtas
<i>Teoretiskt motiverat</i>	
	Våt adhesion
	Tekniska fel

3.2.1 Internationella jämförelser

Den internationella järnvägsorganisationen *Union Internationale des Chemins de fer* utfärdar så kallade "leaflets" med syftet att harmonisera dess medlemsländers olika system. UIC leaflet 451-1 (2000) behandlar återhämtningsmarginaler i tidtabeller, och för tåg med X2s hastighets- och viktprofil rekommenderas minst 5 % marginaler sett till restiden.

Enligt Vromans (2005) har alla resandetåg i Nederländerna ett tillägg på 7 % av den minimala gångtiden. I Schweiz utgår man från samma 7 %, men har utöver det nodtillägg och en minut per 30 minuter gångtid. Räknar vi ihop det blir det snarare lite drygt 10 % plus nodtillägg. Hur stora eller vanliga dessa är framgår inte i Vromans avhandling. I Storbritannien är gångtiderna baserade på tidigare erfarenhet, snarare än uppdelade på beräknade gångtider och tillägg.

3.2.2 Nuvarande praxis

Södra stambanan sträcker sig över en lång sträcka och flera personer medverkar därför i konstruktionen av tidtabellerna. Gränsen går mellan Mjölby och Lindekullen, för den geografiskt lagde läsaren. Den norra delen konstrueras i Stockholm, den södra i Malmö.

En detaljstudie av tidtabellerna för tågnummer 507, 529 och 534 visar att de konstruerats på lite olika sätt. På den södra delen utgör i genomsnitt drygt 11 % av tiden i tabellen tillägg, för kvalitet, justering och förare (se *kapitel 2.2 Tidstillägg*), på den norra delen är siffran knappt 10 %. Både kvalitetstillägget och justeringarna är märkbart större i söder, konstruktören i Stockholm använder i princip inte alls kolumnen *just*. Sett över hela sträckan utgör drygt 10 % av tidtabellen marginaler.

En viktig sak att hålla koll på när det gäller dessa procentsiffror är om det är tillägg på si och så många procent, eller om det är si eller så stora andelar. I föregående paragraf gäller det andelar av hela restiden. Det så kallade förartillägget på 3 %, genom en sänkning av den största tillåtna hastigheten, utgör i dessa termer omkring 2,5 % av hela restiden. Tyvärr är inte alltid så lätt att veta vad som avses, ens i tekniska dokument och föreskrifter.

Tabell 9 anger storleken av de olika tilläggen, som andelar av hela restiden, uppbrutet på de södra och norra konstruktionsområdena.

Tabell 9 Olika typer av tillägg i tidtabeller. Källa: Tidtabeller överlämnade av Trafikverkets Per Konrad (2014).

<u>STR</u>	<u>ID</u>	<u>TILL</u>	<u>BAN</u>	<u>INFAS</u>	<u>KVAL</u>	<u>JUST</u>	<u>FÖR</u>	<u>SPEC</u>	<u>TTID</u>	<u>TTILL</u>
HEL	AVG	10,4 %	0,6 %	0,1 %	6,2 %	0,9 %	2,5 %	4,8 %	4:23:03	0:27:14
SYD	AVG	11,2 %	0,0 %	0,0 %	7,1 %	1,5 %	2,5 %	5,9 %		
NOR	AVG	9,7 %	1,5 %	0,3 %	5,1 %	0,2 %	2,7 %	3,5 %		
HEL	507	10,0 %	0,6 %	0,0 %	5,6 %	1,2 %	2,6 %	3,9 %	4:14:30	0:25:20
HEL	529	10,4 %	0,6 %	0,0 %	6,7 %	0,6 %	2,5 %	5,3 %	4:26:38	0:27:41
HEL	534	10,7 %	0,7 %	0,3 %	6,2 %	0,9 %	2,5 %	5,2 %	4:28:00	0:28:43
SYD	507	10,0 %	0,0 %	0,0 %	5,8 %	1,7 %	2,5 %	6,9 %		
SYD	529	11,6 %	0,0 %	0,0 %	8,0 %	1,1 %	2,5 %	5,4 %		
SYD	534	11,8 %	0,0 %	0,0 %	7,6 %	1,7 %	2,6 %	5,4 %		
NOR	507	10,2 %	1,4 %	0,0 %	5,5 %	0,5 %	2,8 %	0,0 %		
NOR	529	9,2 %	1,3 %	0,0 %	5,2 %	0,0 %	2,7 %	5,3 %		
NOR	534	9,8 %	1,7 %	0,8 %	4,7 %	0,0 %	2,6 %	5,2 %		

Kolumnen STR står för sträcka, där HEL är hela sträckan, SYD är den södra delen och NOR den norra. ID är tågets nummer, där AVG avser genomsnittet och de övriga är tågnummer. TILL är tillägg, och beräknat som summan av KVAL, JUST och FÖR. BAN är tillägg för banarbete, INFAS är till för infasning av tåg, så att de inte står i konflikt med varandra. KVAL är kvalitetstid, som stoppas in här och var av konstruktören utefter dennes bästa förmåga. JUST är små tillägg som ska få ankomsttider till plattform att inträffa på hela minuter. FÖR är förarmarginal, slarvigt uttryck, en generell reduktion av tågets största tillåtna hastighet med 3 % som görs automatiskt i beräkningen av tågets gångtid. SPEC är tid för uppehåll på station. TTID står för total restid, TTILL för total tilläggstid, och beräknas som TILL*TTID.

Detta är givetvis bara tre tågnummer, långtifrån alla som finns på sträckan, men de skiljer sig inte väsentligen från de andra. Totalt sett är nuvarande praxis alltså att ungefär 10 % av restiden är marginaler, vilket betyder någonting i storleksordningen 25-30 minuter. Annorlunda uttryckt är det tillägg till gångtiden på ungefär 11-13 %.

Att tilläggen totalt nu ligger på 11-13 % är en enkel observation, men det är värt att understryka. Inom Trafikverket pratas det mycket om det schablonmässiga tillägget på 3 %, men under konstruktionsprocessen läggs det alltså manuellt till dubbelt så mycket.

3.2.3 Förväntad försening

Enligt en egen analys av statistik ut Trafikverkets system Lupp åkte det på Södra stambanan under 2013 års tågplan 10 155 snabbtåg. 8 212 av dem rapporterade in merförseningar på minst tre minuter, totalt kom det in 21 079 rapporter som kunde kodas efter orsak, för sammanlagt 138 988 förseningsminuter. Dessa siffror sammanfattas i *tabell 10*.

Tabell 10 Förväntad försening. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

<i>Tåg totalt</i>	<i>Försenade tåg</i>	<i>Rapporter</i>	<i>Förseningsminuter</i>	<i>Genomsnitt</i>	<i>Förväntat</i>
10 155	8 212	21 079	138 988	06:36	13:42

För att beräkna de förväntade förseningarna i *tabell 10* har antalet förseningar dividerats med det totala antalet tåg och multiplicerats med den genomsnittliga förseningen.

Bara merförseningar på minst tre minuter rapporteras, och det är alltså möjligt för ett tåg att försenas två minuter varje delsträcka för en total försening på över två timmar, utan att det rapporteras. Underlaget innehåller alltså inte alla förseningar för alla tåg, utan bara de tillfällen då tåget försenas med ytterligare tre minuter eller mer.

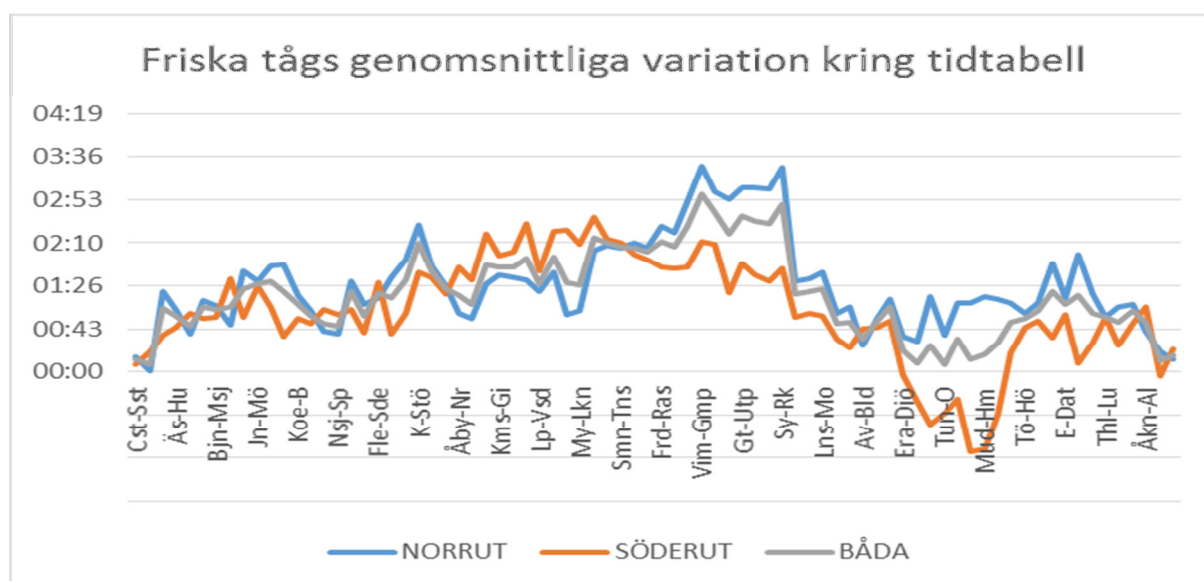
Denna förväntade merförsening på knappt 14 minuter kan också vara en utgångspunkt för hur stora förseningar gångtiderna bör kunna ta upp.

3.2.4 Friska tågs beteende

Ett annat sätt att bedöma hur stora marginaler som behövs är att titta på de tåg som har kommit fram i tid, och deras fluktuationer kring tidtabellen. För att göra detta har alla snabbtågens resor på Södra stambanan under 2013 plockats ut ur Trafikverkets system för statistik och uppföljning av trafik, Lupp. Tio tågnummer med totalt över 2 000 resor har studerats i detalj. Ur detta urval har de tåg som ankom slutdestination med 0 % avvikelse, vilket i det här fallet innebär upp till två minuter, benämnts som friska.

En studie av hur dessa friska tåg fluktuerat kring tidtabellerna visar att de som mest legat 12 minuter från tidtabell och 19 minuter före. Detta har de alltså hanterat och ändå kommit i fram i tid, men i genomsnitt ligger de dryga minuten före tidtabell. I genomsnitt är förändringen mellan två driftplatser noll minuter, standardavvikelsen mellan dem är knappt tre minuter, och standardavvikelsen mellan differenser en minut.

Figur 6 illustrerar hur det genomsnittliga "friska" tågets avvikelser kring tidtabellen mellan Stockholm och Malmö:



Figur 6 Friska tågs genomsnittliga variation kring tidtabell. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

3.2.5 Väder och vind

Väder påverkar adhesionsförhållanden på spåret och kan leda till tonvis med is på tågen. Vind påverkar gångmotståndet. Båda kan också leda till tekniska fel av olika svårighetsgrad, genom att is lägger sig i växlar, kontaktledningar rivs ner i stormar, eller hela banan spolats bort av översvämningar, med mera. Dessa tekniska fel hanteras under en separat rubrik, här diskuteras främst adhesionens betydelse men även vindens effekt på gångmotståndet.

Adhesion begränsar den kraft som kan appliceras på hjulen utan att de börjar slira. Fysiken bakom detta är känd sedan länge, och det finns lite olika formler som används. En genomgående distinktion är mellan normala och våta förhållanden, men det är inte alltid uppenbart exakt vad som menas med dessa. Här använder vi oss av Curtius Kniffers formler från 1944, reproducerade ur Piotr Lukaszewicz doktorsavhandling (2001).

För att få en uppfattning om hur stor betydelse adhesionsförhållandena har gör vi simuleringar i RailSys, där Trafikverket byggt upp modeller över infrastruktur och fordon sedan tidigare. Adhensionen påverkar som sagt hur mycket kraft som kan föras över från loket utan att hjulen börjar slira, och är alltså en begränsande faktor för den så kallade dragkraftskurvan, som i sin tur reglerar hur tåget accelererar vid olika hastigheter, och på så sätt hastigheten variation, och slutligen gångtiden.

För att ta fram dragkraftskurvan behövs både information om fordonet, vilket togs ur RailSys, och om adhesionen. För att ta fram den nya adhesionen användes den formel för våta rälsförhållanden som identifierats under litteraturstudien. Dragkrafts- och adhesionskurvorna i RailSys approximeras utifrån fem punkter, för snabbtåg av typen X2 då hastigheten är 0, 50, 100, 150 respektive 200 km/h. Dessa värden beräknades och stoppades tillbaka in i RailSys, där simulerade körningar mellan Malmö och Stockholm, utan mellanliggande uppehåll, genomfördes av Trafikverkets Magnus Backman för att få fram nya beräknade gångtider.

Resultaten visar att dålig adhesion enligt ovan förlänger restiden gentemot den normala med 7,33 %, eller drygt femton minuter (Backman, 2014). Körningarna gjordes som sagt utan uppehåll, vilket innebär att gångtiden i verkligheten oftast blivit längre, då det är vanligt med ett antal uppehåll längs resan. Adhensionens betydelse ökar med antalet uppehåll.

Kunskapen om hur adhesionen faktiskt varierar är dock begränsad, vi vet inte hur ofta den är dålig eller hur långa sträckor som brukar drabbas. På samma sätt som det är orimligt att anta att förutsättningarna alltid är goda så kan man inte rimligen anta att de alltid är dåliga. Det måste helt enkelt undersökas vilka förhållanden som brukar råda, och hur de varierar över både tid och geografi.

En annan källa för bedömningen av problematiken är de rapporterade merförseningsorsakerna, samma underlag som vi använt i *kapitel 2.6 Förseningar, kapitel 3.1.12 Järnvägsföretag* och *kapitel 3.2.3 Förväntad försening*. Alla merförseningar på minst tre minuter måste numera rapporteras, och efter en bearbetning av statistiken i Lupp ser vi att av de 21 114 rapporter som under 2013 års tågplan skickades in och kodades för snabbtåg på Södra stambanan var 25 på grund av spårhalka. I genomsnitt var de merförseningar på ungefär tre och en halv minut.

Dessa låga tal är inte överraskande, eftersom just adhesion och halka är en problematik som tåg dras med över en längre sträcka. För det mesta kan man kanske vänta sig merförseningar på en eller två minuter per delsträcka, alltså mellan två intill varandra liggande driftplatser, snarare än de tre eller fler minuter som krävs för att en rapport ska skapas. Över hela sträckan kan det bli ganska mycket, men de enskilda förändringarna är för små för att rapporteras i dagens system.

Tekniskt sett påverkar adhesionen tågets dragkraftskurva, och en eventuell justering för adhesionsförhållanden bör hanteras där, snarare än med gångtidstillägg.

3.2.6 Tekniska fel

Järnvägen är ett komplext system med många tekniska komponenter. Alla dessa kan falla till och från, vilket kan ge upphov till försening. Vissa komponenter gör det oftare än andra, och vissa får större konsekvenser.

Vi kan studera samma underlag som nämnts *kapitel 2.6 Förseningar, kapitel 3.1.12 Järnvägsföretag, kapitel 3.2.3 Förväntad försening, och kapitel 3.2.5 Väder och vind*. Alla merförseningar på minst tre minuter måste rapporteras och kodas efter orsak, och ur dessa rapporter kan vi lära oss mycket om vilka fel som uppstår, hur ofta de inträffar, och vad hur stora förseningarna brukar bli.

Kontaktledningar angavs till exempel som förseningsorsak 394 gånger av snabbtåg på Södra stambanan under tågplan 13, med en genomsnittlig försening på knappt 14 minuter. Jämfört med de 21 114 rapporter som kom in totalt är antalet litet, men med tanke på de stora störningarna som uppstår är det ändå ansevärt. Kopplingscentral rapporterades in fem gånger, med en försening på i genomsnitt fyra minuter som följd. Teletransmissionsanläggning nio gånger, för i genomsnitt 32 minuters försening.

Alla fel går inte att lista här, och alla kan inte heller hanteras genom gångtidstillägg. Både kontaktledningar och teletransmissionsanläggningar får sannolikt för stora konsekvenser när de inträffar, i likhet med att köra på en älg, men det finns många fel med förväntade konsekvenser kring fyra till sex minuter som rimligen kan hanteras. Sannolikheten att ett enskilt fel inträffar under resan är inte stor, men det är ändå sannolikt att någonting inträffar.

För att avgöra vilka förseningar som är för stora för att hanteras med gångtidstillägg kan vi titta tillbaka till *kapitel 3.2.4 Friska tågs beteende*, där vi såg att tågen som mest återhämtade 12 minuters försening. Utgår vi istället från hur många förseningsminuter ett tåg kan förväntas drabbas av, så såg vi i *kapitel 3.2.3 Förväntad försening*, att det ligger mellan 13 och 14 minuter. I analysen framöver utgår vi från en gräns på 12 minuter, men exakt var den går spelar inte så väldigt stor roll, som vi kommer se i *tabell 9* nedan.

De rapporterade förseningsorsaker som direkt kan härröras till tekniska fel listas här i *tabell 11*, tillsammans med antalet rapporter och förseningsminuter, den genomsnittliga förseningen, och den försening som ett tåg kan förväntas få av denna orsak. Metoden för att beräkna dessa är snarlik den i *kapitel 4.2.3 Förväntad försening*, med undantag av en genomgång av listan med orsakskoder för att identifiera de som rimligen har med tekniska fel att göra. Denna bedömning görs helt enkelt utifrån kodens namn och beskrivning.

Tabell 11 Tekniska fel som förseningsorsak. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

<i>Förseningsorsak, nivå 2</i>	<i>Rapporter</i>		<i>Förseningsminuter</i>		<i>Genomsnitt</i>	<i>Förväntat</i>
	<i>Antal</i>	<i>Andel</i>	<i>Antal</i>	<i>Andel</i>		
<i><u>Summa banarbeten</u></i>	3 445	16,34 %	18 526	13,33 %	05:23	01:49
<i>Elanläggningar</i>	518	2,46 %	7 336	5,28 %	14:10	00:43
<i>Teleanläggningar</i>	27	0,13 %	410	0,29 %	15:11	00:02
<i>Banunderbyggnad</i>	8	0,04 %	160	0,12 %	20:00	00:01
<i><u>Summa stora tekniska fel</u></i>	553	2,62 %	7 906	5,69 %	14:18	00:46
<i>Banöverbyggnad</i>	6 268	29,74 %	29 401	21,15 %	04:41	02:54
<i>Signalanläggningar</i>	1 965	9,32 %	17 894	12,87 %	09:06	01:46
<i>Dragfordon / motorvagn</i>	789	3,74 %	6 140	4,42 %	07:47	00:36
<i>Vagn</i>	138	0,65 %	999	0,72 %	07:14	00:06
<i>Framkomlighet i spår pga. Väder</i>	88	0,42 %	486	0,35 %	05:31	00:03
<i>Avsugning av bana/fordon</i>	70	0,33 %	464	0,33 %	06:38	00:03
<i>Bangårdsanläggningar</i>	18	0,09 %	153	0,11 %	08:30	00:01
<i>Operativa stödsystem</i>	17	0,08 %	83	0,06 %	04:53	00:00
<i>Övriga anläggningar</i>	7	0,03 %	67	0,05 %	09:34	00:00
<i><u>Summa små tekniska fel</u></i>	9 360	44,40 %	55 687	40,07 %	05:57	04:37
<i><u>Summa alla orsaker</u></i>	21 079	100,00 %	138 988	100,00 %	06:36	13:42

3.2.7 Sammanfattning & rekommendation gällande storlek

Internationellt rekommenderas tillägg på minst 5 % för persontåg med en hastighet upp till 200 km/h. I Nederländerna, ett land som tänkt i dessa termer längre än vi, hade man år 2005 tillägg på 7 %. På Södra stambanan är tilläggen nu totalt 11-13 %, 25-30 minuter.

Den förväntade förseningen från alla orsaker är på knappt 14 minuter, motsvarande drygt 6 %. De tågen som kommer fram i tid är under sina resor som mest 12 minuter bakom tidtabell eller 5,5 %.

Mönstret vi ser i Sverige är alltså att för varje minut förväntad försening läggs det totalt till ungefär två minuter i gångtidstillägg.

För att hantera dålig adhesion krävs tillägg på drygt 7,3 %, på Södra stambanan ungefär 16 minuter. Hur ofta adhesionen är dålig vet vi inte i dagsläget, så vi kan inte beräkna ett väntevärde för de förseningarna på samma sätt som för de tekniska felen.

De relativt små tekniska felen som rimligen kan hanteras med gångtidstillägg leder till en förväntad försening på fyra och en halv minuter, vilket motsvarar ungefär 2 %.

Med samma tumregel som nu, att det behövs två minuter gångtidstillägg per minut förväntad försening, så borde det räcka med 4 % tillägg för att hantera de tekniska felen. Gångtidstillägg större än så saknar teoretiskt stöd, och har dåliga möjligheter att hantera de förseningar de är ämnade att hantera, enklare uttryckt är de inte ändamålsenliga.

Adhesionen måste studeras mer, och sannolikt görs tilläggen där säsongsmässigt.

Med denna ökade tydlighet är förutsättningarna goda för att stegvis minska gångtidstilläggen från nuvarande 11-13 % till den internationella miniminivån på 5 %. Om hänsyn inte behövde tas till UIC:s riktlinjer kunde de sjunka ytterligare något, men riktlinjerna för den internationella trafiken är viktiga att respektera.

Minskningen bör ske stegvis för att processerna för att hantera andra typer av förseningar ska hinna förbättras, och av ren försiktighet. Hur lång tid övergången ska ta har inte studerats i detta arbete.

Dessa perspektiv och siffror kan vi sammanfatta i *tabell 12*.

Tabell 12 Sammanfattning av kapitel 3.2.7

Perspektiv	Källa	Minuter	Procent
Konstruktionspraxis	Beräknad gångtid	220	100
	Södra stambanan	25-30	11-13
	UIC kräver	11	5
Förseningsstatistik	Rapporteras	13,7	6,2
	Återhämtas	12	5,5
Teoretiskt motiverat	Våt adhesion	16	7,3
	Tekniska fel	4,5	2

3.3 Hur gångtidstilläggen ska placeras

Det räcker inte med att tilläggens storlek är lämplig, utan placeringen är också av stor vikt (Vromans, 2005; E Andersson, 2014). Om tåget återhämtar sig snabbt minskar både risken att hamna bakom långsammare tåg och på sätt försenas ännu mer, och risken att störa andra tåg och på sätt sprida förseningar i systemet. Om placeringen däremot är olämplig så dras tåget med förseningen under en längre tid, vilket både kan drabba resenärer till mellanliggande stationer och ökar risken att förseningen ökar.

I *kapitel 3.2.7 Sammanfattning & rekommendation gällande storlek* ser vi att ungefär hälften av tilläggsminuterna kom till nytta under 2013. Med en bättre placering borde verkningsgraden kunna öka, vilket skulle leda till ökad punktlighet och minskat behov av gångtidstillägg. I det här kapitlet går vi igenom tre tänkbara principer för placering: kritiska punkter, enskilda delsträckor, och jämn utbredning. Liksom i de två tidigare delkapitlen följer en sammanfattning och rekommendation.

3.3.1 Kritiska punkter

Emma Andersson (2014) har i sin forskning kring robusta tidtabeller utvecklat begreppet kritiska punkter. Ett naturligt tillvägagångssätt vore att ta avstamp i detta arbete och placera gångtidstilläggen i de punkterna, för att minska risken att olika tåg stör varandra.

Ett problem med detta är beräknings- och planeringsmässigt, eftersom de kritiska punkterna identifieras först när tidtabellen skapats. Om tillägget görs efter att punkten identifierats så förändras inte bara denna punkt, utan en lång kedja av andra punkter. Konsekvenserna för tidtabellen och tågordningen som helhet kan snabbt komma att bli oöverskådliga, om beräkningarna ens går att genomföra.

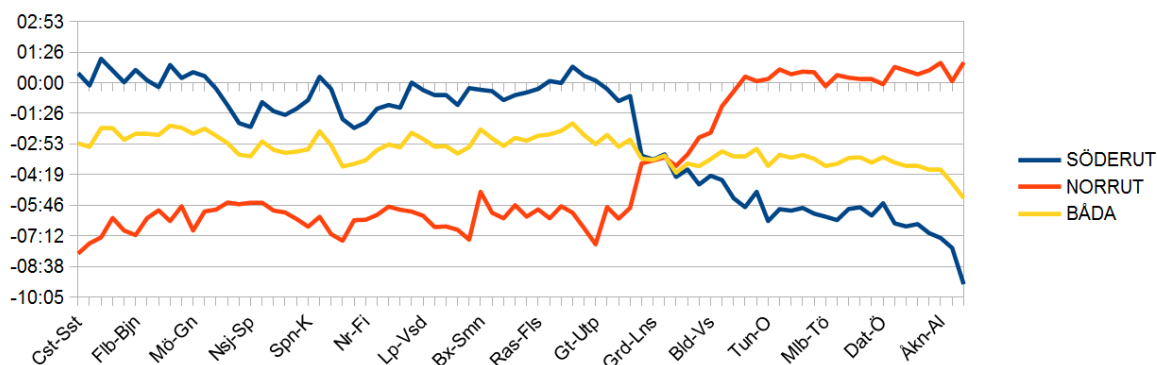
Ett annat problem med det tillvägagångssättet är att tilläggen bara fyller sin funktion om tågen kommer någorlunda rätt på dem. Särskilt godståg, men även andra tåg, kommer ofta före tidtabell, så att de punkter som i tidtabellen identifierats som kritiska i verkligheten inte blir det, medan de som i verkligheten blir kritiska inte syns i tidtabellen.

Syftet med gångtidstillägg är att ge tågen förutsättningarna att hålla sig till tidtabell, och då är det sannolikt bättre att se till att varje tågs tidtabell konstrueras så att det i grunden är tillräckligt robust. Om alla tåg har sådana tidtabeller bör robustheten i de kritiska punkterna automatiskt att bli god.

3.3.2 Enskilda delsträckor

Genom att studera utfallsstatistik, samma som i *kapitel 2.8 Kvalitetsmålet* och *kapitel 3.2.4 Friska tågs beteende*, kan man se på vilka delsträckor tågen brukar tappa respektive hämta in tid. Detta är statistik som visar när tåg faktiskt passerat driftplatser, och när de skulle gjort det enligt tidtabell, och ett bra sätt att följa upp hur trafiken faktiskt realiserar.

Ett rimligt tillvägagångssätt skulle vara att placera mer gångtidstillägg på de sträckor där tågen brukar tappa tid gentemot tidtabellen. En uppfattning om dessa får vi i *figur 7*.



Figur 7 Genomsnittlig variation kring tidtabell. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

Ett problem med denna statistik är att den inte särskiljer mellan förseningarnas orsak, och vi kan därför inte vara säkra på att tilläggen skulle göra någon nytta, eller att de kommer vara relevanta på samma sträcka i framtiden. Dynamiken mellan olika tåg gör också att man inte helt enkelt kan lägga till eller dra av minuter från statistiken och uttala sig om hur det blivit om tilläggen placerats annorlunda. Om vi ändå försöker göra just detta så ser vi snabbt att de nödvändiga tilläggen i så fall vore alldeles för stora för att vara praktiskt relevanta.

Frånsett dessa problem så är principen sund. Om vissa sträckor identifieras som särskilt förseningsdrabbade eller svårkörda så bör de tilldelas gångtidstillägg som kompenserar för detta, tills dess att de identifierade orsakerna åtgärdats.

3.3.3 Jämn utbredning

I brist på annan kunskap är ett rimligt antagande att risken att bli försenad av väderförhållanden eller tekniska fel är lika stor oavsett var på spåret ett tåg befinner sig. Eftersom tilläggen ska matcha förseningsrisken så nära som möjligt bör de därför delas ut jämnt, längs hela sträckan.

Det kan understrykas att en jämn fördelning av förseningar och gångtidstillägg är en rimlig utgångspunkt, men att det sannolikt inte är en helt korrekt beskrivning av verkligheten. Banans standard varierar, så att vissa delar är mer drabbade än andra av tekniska fel, och vissa sträckor drabbas sannolikt oftare av nedsatt adhesion än andra. En modell som beskriver detta, och tar hänsyn till både slitage och eventuella banarbeten vore mycket värdefull, vilket diskuteras mer i *kapitel 5.7 Utvecklad störningsmodell*. I brist på en sådan modell är det dock rimligt att utgå från att problem uppstår med samma sannolikhet längs hela banan.

Ett mått på hur jämnt fördelade gångtidstilläggen är kallas WAD (E Andersson, 2014), vilket står för Weighted Average Distance. Det kan variera mellan 0, som innebär att allt ligger i början, och 1, där allt ligger i slutet. En jämn utbredning över sträckan skulle då ge värdet 0,5.

Vromans (2005) studerade bland annat placering av gångtidstillägg med hjälp av matematiska metoder, och kom fram till att ett värde kring 0,425 är optimalt. Förklaringen är ungefär att tillägg tidigare under resan kan komma till något större nytta än de mot slutet. Vekas, van der Vlerk & Haneveld (2012) testade lite andra och betydligt effektivare lösningssystem, men finner ungefär samma siffra.

Resultatet beror dock helt på de förutsättningar som råder, eller i de här fallen vilka antaganden som görs. En fördelning som passar någorlunda väl för förseningar på den nederländska järnvägen gör det inte nödvändigtvis för den svenska. Ett naturligt experiment under svenska förhållanden finns faktiskt på Södra stambanan, där vi i *kapitel 3.2.2 Nuvarande praxis* såg att det finns något mer tillägg på den södra halvan. Norrgående tåg har således en större andel av sina tillägg i början, medan södergående har lite mer mot slutet. Detta ser vi i *tabell 13*. Punktligheten var som vi ser i *tabell 14* under tågplan 2013 något högre för de södergående snabbtågen, vilket alltså kan tala för att det är bättre med lite mer i slutet.

Tabell 13 Gångtidstillägg på olika delar av banan. Källa: Tidtabeller överlämnade av Trafikverkets Per Konrad (2014).

Sträcka	Tillägg totalt	BAN	INFAS	KVAL	JUST	FÖR	SPEC
Syd	Genomsnitt 11,2 %	0,0 %	0,0 %	7,1 %	1,5 %	2,5 %	5,9 %
Nord	Genomsnitt 9,7 %	1,5 %	0,3 %	5,1 %	0,2 %	2,7 %	3,5 %

Tabell 14 Punktlighet per riktning. Källa: egen bearbetning av data ur Lupp.

Riktning	Antal i underlag	Punktliga	Andel
Syd	1 281	732	57 %
Nord	814	508	62 %

Det finns flera tänkbara sätt att fördela tilläggen jämnt över sträckan.

Ett är att procentuellt sänka den största tillåtna hastigheten, som sker i de svenska beräkningarna. En procentuell sänkning får i så fall större effekt på snabba tåg än på långsamma. Detta stämmer överens med UIC:s rekommendationer, och kan fungera väl för resandetåg. Godståg har däremot låg hastighet men ges generellt högre marginaler, dessa kan och bör dock hanteras på ett annat sätt än resandetåg.

Ett annat är att procentuellt öka gångtiderna, som man gör i bland annat Nederländerna. Detta finns det också stöd för i UIC:s rekommendationer, och det rekommenderas när tåg använder så kallade styva tidtabeller, och alltså har jämna tidsintervall mellan avgångarna.

Simuleringar i RailSys visar (Backman, 2014) att de två ovanstående metoderna är snarlika sett över hela sträckan, en reduktion av största tillåtna hastighet med n procent ökar gångtiden med nästan exakt n procent. Detta samband kan dock försvagas något om tåget gör fler uppehåll, för resenärsutbyte eller för att vänta in andra tåg. Eftersom resultaten blir snarlika finns det ingen anledning att frånga den inarbetade metoden att sänka tågets största tillåtna hastighet.

Att lägga till minuter per tids- eller längdenhet är närliggande metoder, som att till exempel lägga på 1 minut per 30 minuter gångtid eller 2 minuter per 100 km, men får resultatet att tilläggen ligger på enskilda delsträckor där de är svårare att utnyttja, och tidtabellen blir svår att förstå och använda för lokföraren.

En ytterligare fördel med en jämn utbredning av tiden är att den kan ske automatiskt och enhetligt. Detta minskar risken för manuella fel från konstruktörens sida, orättvisan i att vissa tåg konstrueras av mer erfarna konstruktörer än andra, avlastar konstruktörerna och ger dem mer tid till viktigare saker såsom konfliktreglering och tågordningen.

3.3.4 Sammanfattning & rekommendation gällande placering

Principen bör vara att tilläggen matchas till förekomsten av de förseningsorsaker som identifierats som lämpliga att hantera genom gångtidstillägg. I brist på detaljerad kunskap om hur de fördelar sig bör tilläggen spridas ut jämnt över hela sträckan, genom att dimensionera med en reducerad största tillåtna hastighet.

4 Slutsatser & rekommendationer

För att ge en tydlig och rationell grund för konstruktionsreglerna generellt och gångtidstilläggen specifikt är det viktigt att vara tydlig med vad de är till för att göra och hantera. Annars går det varken att planera tidstilläggen eller lösningarna på de underliggande problemen, och järnvägens robusthet och kapacitet blir lägre än den kunnat vara.

I det här kapitlet går vi igenom de tre delfrågorna var för sig: vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till, hur stora de ska vara, och hur de ska placeras.

4.1 Vad gångtidstilläggen ska ta hänsyn till

Gångtidstillägg bör i första hand ta hänsyn till det brus av små tekniska fel som uppträder.

I den här studien finner vi att fel som orsakar förseningar på upp till tolv minuter, motsvarandedrygt 4 % av restiden, går att hantera medan större förseningar inte kan hanteras med befintliga gångtidstillägg.

Hänsyn bör också tas till variationer i adhesionen, även om detta tekniskt sett bör göras genom justering av tågens dragkraftskurvor. Denna variation har sannolikt en viss anknytning till årstiderna, detta borde undersökas vidare, och eventuellt hanteras med säsongsdifferentierade tidtabeller.

Tidstillägg för planerade banarbeten måste fortsätta att göras, men det handlar inte om gångtidstillägg utan om nya gångtider som måste beräknas. I dagsläget är det inte praktiskt möjligt att beräkna nya gångtider och skapa nya tidtabeller för varje nytt banarbete, framtidens verktyg måste stödja detta på ett bättre sätt.

Gångtidstillägg bör heller inte dimensioneras för att hantera fel som följer av mänskligt beteende, eller sådana fel som inträffar med låg sannolikhet men leder till stora förseningar. Vid sådana förseningar hjälper det ändå inte med gångtidstillägg, utan andra medel måste tas till för att hantera och undvika dem.

4.2 Hur stora gångtidstilläggen ska vara

Riktigt hur stora tilläggen är har hittills varierat mellan olika tåg och olika platser på ett sätt som inte är särskilt tydligt eller transparent. En detaljerad granskning av ett antal tidtabeller för snabbtåg på Södra stambanan visar att summan av alla tidstillägg som görs hamnar på ungefär 11-13 % av gångtiden. Detta är betydligt större än de 3 % som brukar nämnas i branschen, och innebär i de här fallen totala tidstillägg på 25-30 minuter.

Räknat över alla förseningsorsaker, över 21 000 förseningsrapporter för över 10 000 avgångar, är den genomsnittliga förseningen på ett tåg ungefär 14 minuter. Detta är ungefär hälften av de totala tidstillägg som brukar ges.

Den förväntade förseningen från de tekniska fel som vi identifierat att gångtidstilläggen bör ta hänsyn till är istället ungefär 4,5 minuter. Resterande 8 minuter förväntad försening kan inte,

på grund av deras karaktär eller hur de uppträder, hanteras på ett bra sätt med gångtidstillägg och måste istället hanteras med andra metoder.

Om vi antar att verkningsgraden är ungefär den samma, och utgår från att det fortfarande kommer behövas ungefär två minuter tidstillägg per minut av förväntad försening, så borde det alltså räcka med totala gångtidstillägg på ungefär 9 minuter, eller 4 %.

Denna slutsats överensstämmer tämligen väl med den gamla och välkända reduktionen av tågens största tillåtna hastighet med 3 % som fortfarande tillämpas schablonmässigt. Vi finner däremot inget teoretiskt stöd för de övriga tidstillägg, motsvarande 8-9 %, som placeras manuellt.

Den internationella järnvägsorganisationen UIC kräver dock att internationella tåg med prestanda motsvarande X2 har gångtidstillägg på minst 5 %. Då många av de snabbtåg som går på Södra stambanan även går till eller från Danmark måste denna begränsning respekteras, och det kan finnas en poäng med att ha samma standard för alla tåg av samma typ, oavsett om de reser internationellt eller inte.

Med detta sagt är det sannolikt bättre att minska gångtidstilläggens storlek successivt över ett antal år än att göra det plötsligt över en enda tågplan. Verktygen och processerna som behövs för att hantera de andra typerna av förseningar på ett bättre sätt finns ännu inte på plats, och generellt finns det skäl att skrida framåt med försiktighet.

Hur ofta adhesionen är nedsatt måste studeras vidare, och det kan finnas skäl att validera eller kalibrera ekvationerna som beskriver dess effekt på dragkraften. Enligt de samband som finns och de simuleringar som gjorts så blir restiden drygt 7 % längre när adhesionsförhållandena är dålig, och för att undvika många stora förseningar måste tidtabellerna ta hänsyn till detta. Lämpligen görs detta dock i beräkningen av tågens gångtider, snarare än med tillägg till densamma.

4.3 Hur gångtidstilläggen ska placeras

Placeringen av gångtidstilläggen ska göras så att eventuella förseningar kan hämtas in så snart som möjligt. Om det fanns en väl utvecklad störningsmodell som beskrev var förseningar uppstår kunde placeringen optimeras utifrån denna, men i brist på det är en jämn utbredning det bästa alternativet.

Ett enkelt och vedertaget sätt att uppnå en jämn utbredning av gångtidstilläggen är att schablonmässigt sänka tågets största tillåtna hastighet när gångtiden beräknas, detta har gjorts sedan länge med just 3 %. Verktygen och vanan finns, och simuleringar visar att det fungerar väldigt bra för att justera gångtiden. En sänkt största tillåtna hastighet med n % ökar gångtiden med nästan exakt n %.

Om de tekniska felen uppträder slumpmässigt på banan, vilket är en rimlig utgångspunkt, bör en jämn fördelning av gångtidstilläggen över hela banan leda till att de kommer till större nytta än om de klumpas ihop vid olika strategiska punkter, så kallade noder. Om det stämmer och förseningarna hämtas in snabbare så kan verkningsgraden öka, och tilläggens storlek kunna minska ytterligare.

Andra fördelar med en jämn, schablonmässig placering av gångtidstilläggen är att tidtabeller går lättare och snabbare att skapa, att processen blir tydligare och mer transparent och resultaten mer förutsägbara. Slutligen blir det lättare för lokförare att använda tidtabellerna som underlag när de kör, då alla delsträckor och tider faktiskt blir körbara.

5 Diskussion

Under arbetets gång har flera intressanta ämnen och frågeställningar kommit upp, som har en nära koppling till gångtidstilläggen utan att direkt passa in i den huvudsakliga analysen. Ett flertal av dessa kan vara relevanta att forska vidare kring.

5.1 Ansvarsfördelning kring kvalitet

En central fråga är hur ansvaret fördelas mellan olika parter. Vem ska göra vad för att kvalitetsmålet ska uppnås? Hur ska de förmås att göra det som krävs? Mycket av ansvaret hamnar tveklöst hos Trafikverket, som tillhandahåller infrastruktur, tidtabeller och trafikledning. Järnvägsföretagen har å sin sida fordon, förare och kunder. Hur mycket ska göras inom varje område, hur ska det bestämmas, och hur ska det säkras?

Trafikverket kan till exempel sannolikt lösa nästan hela punktlighetsproblematiken med enbart förändringar av tidtabellerna, men det skulle få stora oönskade effekter på restiderna. Det skulle också enkelt gå att begränsa antalet tåg som får köra, så att ingen trängsel uppstår, men då utesluts naturligtvis många tåg. Standarden på infrastrukturen skulle också kunna förbättras rejält om banavgifterna höjdes och fler banarbeten bekostades, men det skulle återigen utestänga en icke oväsentlig del av trafiken.

Det är också tänkbart att järnvägsföretag från sin sida ansöker om tidtabeller som är lättare att hålla, underhåller fordonen och planerar omlopp så att de inte orsakar förseningar, och ger sina förare sådan utbildning och stöd att de snabbt hanterar eventuella störningar.

Koordineringen mellan parterna verkar ske genom ett samverkansförfarande, även om samtalsklimatet mellan parterna ofta operativt är dåligt (G Andersson, 2014), och det inte finns särskilt tydliga forum för en bredare diskussion. Systemet med kvalitetsavgifter kan också ha en koordinerande effekt, men det har hittills varit inne i en uppstartsfas utan den egentliga meningen att avgifterna ska vara så stora att de blir styrande (Håkansson, 2014).

5.2 Successiv planering

Införandet av successiv planering kommer dramatiskt förändra tågplaneprocessen, då detaljplaneringen sker dagarna före utförandet. Det möjliggör betydligt mer välanpassade tidtabeller, och högre utnyttjande av kapaciteten. Banarbeten kan hanteras med tillägg där de faktiskt uppträder, svåra väderförhållanden kan hanteras snabbt, med mera.

Trots detta, och de många andra fördelarna denna förändring för med sig, bör inte behovet av gångtidstillägg påverkas. Om något så lär det bli viktigare att ha ett snabbt och förutsägbart sätt att konstruera tidtabellerna, när de skapas allt oftare och snabbare.

5.3 Säsongsmässig differentiering

På Södra stambanan varierade snabbtågens punktlighet under 2013 enligt *figur 5* i *kapitel 3.1.5 Skillnader i väder och vind*. Vi ser tydliga dippar i april, maj och juni, samt i oktober. Detta måste förstås inte bero på väder, utan kan ha att göra med banarbeten eller dylikt. Innan någon differentiering påbörjas måste variationen också studeras och bekräftas på andra banor, och för andra år, men om det finns tydliga skillnader mellan olika månader så borde tidtabellerna ta hänsyn till detta.

Detta kompliceras av att säsonger inte inträffar samtidigt över hela landet. Våren börjar till exempel tidigare i Skåne än i Västerbotten, och vintern är betydligt mildare. Det är sannolikt att detta ändå kan hanteras, då det är väldigt sällsynt med snabbtåg som går hela den vägen. Trafiken är också tätast kring storstäderna, och mellan dem är skillnaderna inte lika extrema.

5.4 Erfarenhetens roll

Tidtabeller konstrueras till stor del utifrån beprövad erfarenhet hos individuella konstruktörer. På samma sätt ges lokförare en stor frihet att utifrån sin erfarenhet utnyttja tidtabellerna på bästa sätt, och trafikledare att utifrån sin erfarenhet leda trafiken på bästa sätt. Det finns många med stor erfarenhet som är väldigt duktiga inom alla dessa områden, och fler därtill, och det är bra.

Tyvärr finns det också problem med att i så stor grad förlita sig på erfarenhet. Dels är det varken transparent eller tydligt för kunder och medarbetare. Dels riskerar kompetensen att försvinna i pensionsavgångar, sjukdom eller karriärbyten. Dels är förutsättningarna för att bygga erfarenhet inte alls så goda:

Återkopplingen mellan att en tidtabell skapas och utnyttjas är mycket bristfällig, det är stora tidsintervall och väldigt komplicerat att följa upp. För en lokförare går det inte att lita på hur tidtabellen var konstruerad förra året, eller ens häromdagen, eftersom tidtabeller ofta förändras, banarbeten flyttas, marginaler justeras, och så vidare. Trafikledare ser aldrig de fullständiga konsekvenserna av sina beslut, utan är fokuserade på sin bansträcka och de som ligger relativt nära intill.

Med dessa problem i åtanke är det viktigt att ge de individuella konstruktörerna, lokförarna och trafikledarna bättre stöd, i form av information och verktyg. Återkopplingen måste förbättras, och kunskapen spridas snabbare både inom och mellan organisationerna.

5.5 Avvikelse från tidtabell

Ett tågs avvikelser från tidtabellen är inte bara relevanta för resenärerna på det tåget, utan de riskerar att påverka även andra tåg som i sin tur påverkar andra. Sådana kedjor kan vara mycket långa och svåra att reda ut, och medvetenheten att den risken finns gör att färre tåg tillåts gå på spåren än vad som annars hade varit fallet.

För att öka punktligheten och kapacitetsutnyttjandet är det därför viktigt att titta på alla avvikelser från tidtabeller, längs hela sträckan, inte bara vid ett antal driftplatser. Redan nu finns det data för passager över 79 driftplatser på Södra stambanan, betydligt fler än de som ska mätas enligt kvalitetsmålet. En fyndig användning av data från spårledningarna borde kunna öka antalet mätpunkter ännu mycket mer. Slutligen kommer det nya signalsystemet ERTMS eller andra GPS-baserade system tillåta kontinuerliga mätningar.

Problemet med alla dessa mätningar är hur de ska presenteras på ett tydligt sätt. Det är lätt att presentera vilken andel av tågen som kommer fram till slutdestinationen i tid. Vilken andel av ankomsterna till viktiga bytespunkter är inte riktigt lika lätt att visa eller begripa, men för de flesta går det nog att begripa. Ett mått som visar ett tågs punktlighet till 79 driftplatser är betydligt svårare, och ännu värre blir det om man ska titta på flera tåg samtidigt.

Det finns alltså ett behov av forskning kring hur avvikelser kan presenteras på ett mer meningsfullt och begripligt sätt.

Ett sådant mått som är enkelt att ta fram är summan av avvikelsernas absolutvärden, mätt i så många punkter som möjligt. Tåg som har ihärdiga förseningar får då stora värden, medan de som snabbt hämtar igen förseningarna får låga värden. En snabb beräkning på drygt 2 000 snabbtåg på Södra stambanan, och deras passager av 79 driftplatser under 2013 visar att de lägsta summorna ligger lite över 40 minuter, medan det vanliga är kumulativa avvikelser på några timmar, även bland tåg som kommer fram till slutdestination i tid. Logiken och metodiken här är enkel, men tolkningen är inte självklar, och aggregeringen över flera tåg är inte uppenbar.

Hur som helst är det viktigt att se till avvikelserna i stort, inte bara vid ett fåtal platser. Om de inte mäts lär de inte att åtgärdas systematiskt, och då går mycket kapacitet till spillo.

5.6 Adhesionens variationer

Hur adhesionen varierar är inte så väl känt som det borde vara. Det finns gamla och väl testade samband kring hur adhesionen påverkar tågets dragkraft och därmed accelerationsförmåga, men det är inte klart hur ofta adhesionen faktiskt är bra eller dålig. Detta är i sig inte så konstigt, eftersom väderförhållanden är väldigt olika i olika delar av världen, och dessutom inom länder över tid.

Med tanke på hur stor betydelse adhesionen har för gångtiden borde det dock finnas ett regelbundet arbete med att kartlägga när den brukar bli dålig, och på vilka sträckor. Givetvis kan inte tågen ha olika tidtabeller för om det regnar eller inte, men om det till exempel under oktober brukar ligga mycket våta löv på spåren, så borde det gå att ta hänsyn till, åtminstone på de sträckor man vet med sig att det ofta är problem.

Trots att många är medvetna om att det ibland är halt, och att det då blir mycket svårare att accelerera och bromsa, så verkar det inte pågå något systematiskt arbete med att hantera eller ens kartlägga problemen.

5.7 Utvecklad störningsmodell

Många områden inom järnvägsplanering och -forskning har stor nytta av olika simuleringsverktyg. Det gäller bland annat att testköra tågplaner för att hitta potentiella konflikter, studera deras känslighet för störningar, att skapa nya tidtabeller, eller att se effekten av olika förändringar i infrastrukturen. Sådana verktyg finns och vidareutvecklas redan.

För att simuleringarna ska bli mer verklighetstroga borde det också finnas modeller över de störningar som kan uppstå. I *kapitel 2.6 Förseningar* beskrevs de rapporter som numera görs vid merförseningar på minst tre minuter, och det rör sig bland annat om nedrivna kontaktledningar, påkörda älgar, eller försenad personal. Denna statistik är inte heltäckande,

då rapporter bara görs för merförseningar som är större än tre minuter, så att förseningsorsaker som spårhalka ofta faller bort, men den är mycket bättre än ingenting.

En första version av störningsmodellen skulle fungera ungefär som i *kapitel 3.2.6 Tekniska fel*, då tågen förväntas försenas med en viss tid. Bättre versioner skulle ta hänsyn till fördelningen av förseningar, så att vissa drabbas av små förseningar medan andra får stora, utifrån de faktiska distributionerna. De borde också kunna differentiera mellan olika typer av tåg, eventuellt olika operatörer, olika sträckor, och olika tider på både dag och år.

Mycket av den statistik som behövs finns redan, och mer kommer in hela tiden. Det som behövs är en hel del sammanställningar, analyser, och programmering. Resultatet skulle gå att koppla till som modul i RailSys eller andra verktyg, för att göra mer realistiska körningar av trafiken.

5.8 Godstrafiken

Det här examensarbetet har medvetet bortsett från godstrafiken och dess problem. Den skiljer sig på många sätt stort från snabbtågstrafiken, och den förtjänar en egen analys. I princip bör samma tillvägagångssätt kunna fungera, med en systematisk genomgång av de felkällor som är relevanta, och utifrån dem en bedömning av hur stora tilläggen behöver vara och hur de kan placeras.

En sak som komplicerar analyser av godståg är de stora skillnaderna mellan tågen. Att jämföra ett posttåg med ett malmtåg kan vara ungefär som att jämföra ett snabbtåg med ett pendeltåg. Sen finns det sannolikt en större andel av tågen som går tomma, och skillnaderna blir då större än om persontågen skulle vara det.

Punktligheten skiljer sig också markant. Det är en relativt liten andel av godstågen som går enligt tidtabell, och det är mycket vanligt att de avgår långt innan tidtabell. Sen kan de ställas undan för att släppa förbi andra tåg i ett par timmar, för att sedan köra vidare. Punktligheten fram till destination har inte heller riktigt samma betydelse som när det gäller resenärer, utan det är punktlighet till kund som spelar roll. Vilka tider det är eller hur de sätts är inte alltid känt för Trafikverket.

5.9 Tillvägagångssätt

Detta examensarbete utförs vid Lunds Tekniska Högskola, som slutmoment i en civilingenjörsutbildning i väg- och vattenbyggnad. Det är därför naturligt att anta ett ingenjörsmässigt tillvägagångssätt för att identifiera och strukturera både problem och lösningar.

I princip kan detta beskrivas som att de tänkbara problemen först listas, sedan gås de igenom systematiskt för att bedöma hur allvarliga och akuta de är och hur de kan hanteras. Arbetet går sedan vidare med att i detalj designa och implementera ett paket av verktyg och lösningar.

Här i detta arbete har vi utgått från verktyget gångtidstillägg, och beskrivit vilka problem det kan bidra till att lösa, och hur det i detalj bör utformas för att det ska fungera så bra som möjligt. Det finns betydligt fler rapporter att skriva om de andra verktygen som måste till för att punktligheten ska vara god samtidigt som restiderna är korta, men det här är en viktig pusselbit.

Det finns dock andra tillvägagångssätt som kan vara väl så användbara, och det är inte säkert att Trafikverket kan eller ska ta på sig att i detalj styra arbetet med ett ingenjörsmässigt

tillvägagångssätt. Det som var lämpligt för Statens Järnvägar när det ensamt ägde all infrastruktur och drev all trafik är inte nödvändigtvis lämpligt nu, när trafiken är helt avreglerad.

Ett arbete med ett ekonomiskt perspektiv kunde istället fokusera på hur olika marknader och priser fungerar. Till exempel finns det redan nu ett system med kvalitetsavgifter där de som orsakar försening betalar de som drabbas. Ett för Trafikverket enkelt sätt att förbättra punktligheten vore att drastiskt höja nivån på dessa avgifter. De ökade kostnaderna för att orsaka försening skulle tvinga branschens olika aktörer att vidta åtgärder, av både fysisk och tidtabellsteknisk karaktär, i rask takt. Aktörer som inte kan anpassa sig går i konkurs eller tvinga lämna marknaden, och lämnar plats för nya.

En annan aspekt som kan belysas ur ett ekonomiskt perspektiv är banavgifterna. Alla järnvägsföretag måste betala avgifter för användandet av banan, men dessa är idag långtifrån tillräckliga för att täcka marginalkostnaderna. Avgifterna täcker alltså inte kostnaderna för slitage, administration eller trängsel på banan och det går därför fler tåg än vad som är optimalt, så att slitage och trängsel är större än vad de borde vara. Att höja banavgifterna så att de åtminstone täcker trafikens marginalkostnader vore nästintill självklart ur ett ekonomiskt perspektiv, och ett system där de täcker hela kostnaden vore intressant att studera.

Sannolikt går det även att studera punktlighetsproblematiken utifrån beteendemässiga, juridiska eller andra perspektiv. För att få ett effektivt system måste alla dessa vinklar belysas.

6 Källhänvisning

- Andersson, Emma (2014) Licentiate thesis: Assessment of Robustness in Railway Traffic Timetables. Norrköping: Linköping University.
- Andersson, Göran (2014) SJ AB, Malmö. Muntligt under våren 2014.
- Aronsson, Martin; Forsgren, Malin; Gestrelus, Sara (2011) Vägen till Successiv tilldelning och Successiv planering. Kista: Swedish Institute of Computer Science.
- Backman, Magnus (2014) Trafikverket, Malmö. Data ur och beräknade gångtider från RailSys.
- Curtius, E. W.; Kniffler, A. (1944) Neue Erkenntnisse über die Haftung zwischen Treibrad und Schiene. Elektrische Bahnen, 20. München: Oldenbourg Verlag
- Dahlberg, Hans (2014) Trafikverket, Solna. Muntligt under våren 2014.
- Eliasson, Jonas (2014) Presentation på VTI Transportforum i januari.
- Hermo, Roar (2014) Trafikverket, Borlänge. Data ur systemet Lupp.
- Håkansson, Kenneth (2014) Trafikverket, Malmö. Muntligt under våren 2014.
- Ingvaldsson, Christer (2014) Trafikverket, Borlänge. Data ur systemet Lupp.
- Konrad, Per (2014) Trafikverket, Malmö. Tidtabeller ur TrainPlan för tåg 504, 507, 529, 534.
- Lukaszewicz, Piotr (2001) Doctorate thesis: Energy Consumption and Running Time for Trains. Stockholm: Royal Institute of Technology.
- Riksrevisionen (2013) RIR 2013:18 Tågförseningar – orsaker, ansvar och åtgärder. Stockholm: Riksrevisionen. SFS 2004:519 Järnvägslag.
- Trafikverket (2000) BVF 601. Riktlinjer för tidtabellskonstruktion för tåg på statens spåranslagningar.
- Trafikverket (2013) Analys av punktligheten inom järnvägstrafiken. Resultatrapport 2013. Borlänge: Trafikverket.
- Union Internationale de Chemins de fer (2000) Leaflet 451-1 Timetable recovery margins to guarantee timekeeping – recovery margins. Paris: Union Internationale de Chemins de fer.
- Vekas, van der Vlerk & Haneveld (2012) Optimizing existing railway timetables by means of stochastic programming.
- Vromans, Michiel (2005) Doctorate thesis: Reliability of railway systems. Rotterdam: Erasmus University Rotterdam.
- Wahlborg, Magnus (2014) Trafikverket, Borlänge. Muntligt under våren 2014.