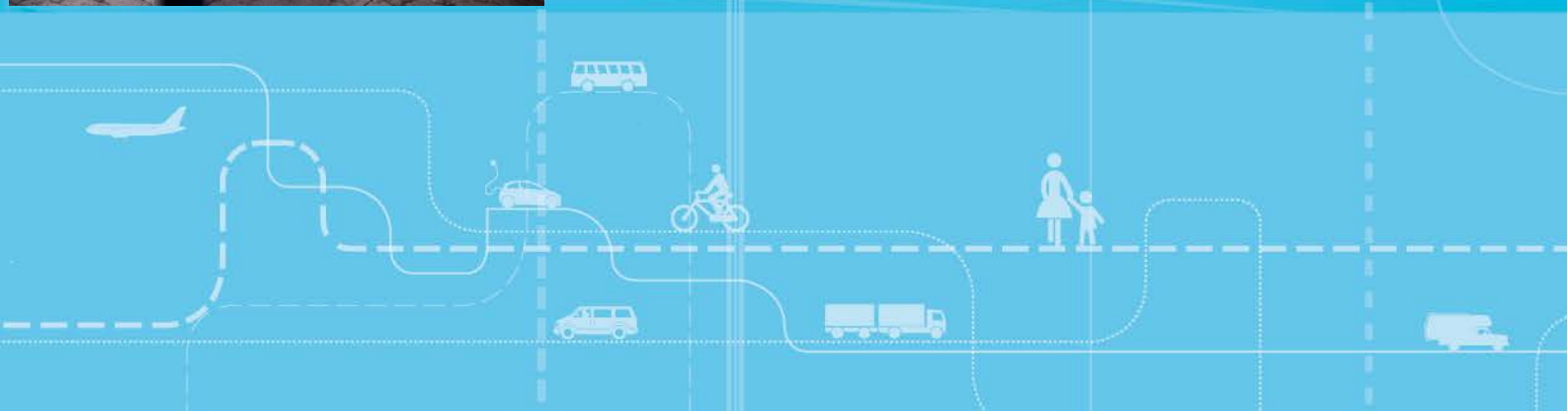


# Dokumentasjonsrapport: Trenklin 1.17





# Dokumentasjonsrapport: Trenklin 1.17

Elise Caspersen  
Patrick Ranheim  
Jørgen Aarhaug

Transportøkonomisk institutt (TØI) har opphavsrett til hele rapporten og dens enkelte deler. Innholdet kan brukes som underlagsmateriale. Når rapporten siteres eller omtales, skal TØI oppgis som kilde med navn og rapportnummer. Rapporten kan ikke endres. Ved eventuell annen bruk må forhåndssamtykke fra TØI innhentes. For øvrig gjelder [åndsverklovens](#) bestemmelser.

---

**Tittel:** Dokumentasjonsrapport: Trenklin versjon 1.17

**Title:** Documentation report: Trenklin 1.17

**Forfattere:** Elise Caspersen  
Patrick Ranheim  
Jørgen Aarhaug

**Author(s):** Elise Caspersen  
Patrick Ranheim  
Jørgen Aarhaug

**Dato:** 08.2014

**Date:** 08.2014

**TØI rapport:** 1341/2014

**TØI report:** 1341/2014

**Sider** 29

**Pages** 29

**ISBN Elektronisk:** 978-82-480-1550-5

**ISBN Electronic:** 978-82-480-1550-5

**ISSN** 0808-1190

**ISSN** 0808-1190

**Finansieringskilde:** Jernbaneverket

**Financed by:** The Norwegian National Rail  
Administration

**Prosjekt:** 4062 - Støtte til dokumentasjon av  
Trenklin

**Project:** 4062 - Støtte til dokumentasjon av Trenklin

**Kvalitetsansvarlig:** Kjell Werner Johansen

**Quality manager:** Kjell Werner Johansen

**Emneord:** Elastisitetsmodell  
Etterspørselsmodell  
jernbane

**Key words:** Demand model  
Elasticity model  
Railway

**Sammendrag:**

Denne rapporten dokumenterer Trenklin modellversjon 1.17, som er en videreutvikling av Trenklin 1.8, dokumentert i TØI-rapport 1238/2012. Trenklin er jernbaneverkets regnearkbaserte modellsystem for å beregne framtidig etterspørsel etter togreiser. Det er en elastisitetsmodell basert på faktisk trafikk og elastisiteter av generaliserte kostnader. Videreutviklingen til modellversjon 1.17 innebærer oppdatering av programflyt, helhetlig analyse av flere linjer, timestfordeling av antall reisende og fast døgnfordeling av reisehensikt. Forslag til videre endringer er innføring av dynamiske priser, nye etterspørselsfrekvenser etter frekvensområder samt ta hensyn til intermodal konkurranse og heterogene togreiser.

**Summary:**

This report documents the development of Trenklin 1.8 to the newer Trenklin 1.17. It contains information about the model's structure and development beyond version 1.8, use of the model as well as opportunities for simplification, represented by the simplified version Trenklin\_dogn. We also discuss some points regarding further development of the model. The report is based on existing documentation report for Trenklin 1.8, TØI report 1283/2013.

Language of report: Norwegian

---

*Rapporten utgis kun i elektronisk utgave.*

*This report is available only in electronic version.*

---

Transportøkonomisk Institutt  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

Institute of Transport Economics  
Gaustadalleen 21, 0349 Oslo, Norway  
Telefon 22 57 38 00 - [www.toi.no](http://www.toi.no)

# Forord

Denne rapporten dokumenterer arbeidet med videreutvikling av Trenklin modellsystem, nærmere bestemt Trenklin versjon 1.17. Rapporten bygger på tidligere dokumentasjonsrapport, TØI-rapport 1283/2013 (Aarhaug m.fl, 2013), gjennomkjøringer av mindre jernbanemarkeder utført av TØI (Caspersen & Aarhaug, 2014) samt modellbeskrivelser tilsendt TØI fra Jernbaneverket (Ranheim, 2013 og Ranheim, 2014). Oppdraget er finansiert av Jernbaneverket.

Kapittel 3 og 4 er i stor grad basert på dokumenter fra Jernbaneverket om videreutviklingen som er gjort i forhold til tidligere modellversjoner. Disse er skrevet av Patrick Ranheim (Jernbaneverket). Forsker Elise Caspersen har gjort noe redigering av teksten. Øvrige kapitler er skrevet av Elise Caspersen, med støtte av forsker Jørgen Aarhaug. Caspersen har fungert som prosjektleder. Avdelingsleder Kjell Werner Johansen har vært kvalitetssikrer. Oppdragsgivers kontaktperson har vært Patrick Ranheim.

Oslo, september 2014  
Transportøkonomisk institutt

*Gunnar Lindberg*  
direktør

*Kjell Werner Johansen*  
avdelingsleder



# Innhold

## Sammendrag

### Summary

<b>1</b>	<b>Introduksjon.....</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Formål.....	2
1.3	Rapportgjennomgang.....	2
<b>2</b>	<b>Modellens oppbygging .....</b>	<b>3</b>
2.1	Kort beskrivelse av modellen .....	3
2.2	Inndata .....	6
2.2.1	Turmatriser.....	6
2.2.2	Takstmatriser.....	7
2.2.3	Øvrige forutsetninger.....	7
2.2.4	Avgrensninger.....	8
<b>3</b>	<b>Videreutvikling etter versjon 1.8.....</b>	<b>9</b>
3.1	Helhetlig analyse av markedet .....	9
3.2	Timefordeling.....	10
3.3	Fast døgnfordeling og egne matriser for hver hensikt.....	11
<b>4</b>	<b>Bruk av modellen .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Veien videre.....</b>	<b>17</b>
5.1	Forslag til videreutvikling av modellen.....	17
5.2	Evaluering av modellen .....	19
<b>6</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>22</b>
	<b>Referanser .....</b>	<b>23</b>
	<b>Vedlegg 1 - Bygrensetellinger Østlandet .....</b>	<b>24</b>





**Sammendrag:****Dokumentasjonsrapport: Trenklin  
versjon 1.17**

TØI rapport 1341/2014

Forfatter(e): Elise Caspersen, Patrick Ranheim, Jørgen Aarhaug  
Oslo 2014 29 sider

*Trenklin modell versjon 1.17 er den foreliggende versjonen av Trenklin modellapparat. Endringer i forhold til tidligere modellversjoner er programflyt, mulighet for analyse av flere linjer, mulighet for inndeling av trafikk på timer og fast døgnfordeling av hver reisebensikt. Foreslått videreutvikling er innføring av dynamiske priser, nye etterspørselsfrekvenser etter frekvensområde samt ta hensyn til intermodal konkurranse og heterogene togreiser.*

**Innledning**

Denne rapporten dokumenterer arbeidet med videreutvikling av Trenklin-modellsystem, som er utarbeidet i forbindelse med rutemodell R2027, for å fremme en ny måte å planlegge og utrede framtidens jernbaneinfrastruktur på i norsk sammenheng. Modellsystemet legger markedsprognoser til grunn for beregning av framtidig togtilbud, som videre brukes i en samfunnsøkonomisk vurdering av hvilke infrastrukturinvesteringer som er nødvendig for å møte framtidens behov for togreiser. Modellsystemet er under stadig utvikling. Denne rapporten dokumenterer foreliggende versjon per juli 2014, som er Trenklin versjon 1.17. Modellen og tilhørende dokumentasjonsrapport bygger på Trenlin versjon 1.8, som er dokumentert i Aarhaug m.fl (2013).

**Endringer i forhold til tidligere versjon**

Endringene som er gjort i forhold til tidligere modellversjon er oppdatering av programflyt som bl a inneholder automatisk innlesing av inndata til beregningsark, mulighet for helhetlig analyse av samtlige linjer i et marked, inndeling av antall reisende over timer framfor tidsperioder på døgnet og en fast døgnfordeling av reisebensikt. Dette gir en modell som egner seg godt til analyse av store jernbanemarkeder, det vil si markeder der det er høy frekvens, tilfeller av trengsel på toget og flere linjer som betjener visse deler av markedet, f eks Østlandsområdet. For mindre jernbanestrekninger finner vi at modellen har flere svakheter, særlig i forbindelse med implementering av turmatriser og ventetid, og man kan si at modellen er mindre egnet for slike beregninger, sammenliknet med store jernbanemarked.

## **Forslag til videreutvikling**

Ettersom modellversjon 1.17 er en videreutvikling av Trenklin 1.8, og i stor grad er basert på samme grunnleggende metodikk, vil en rekke av forslagene til videre arbeid som ble diskutert i TØI-rapport 1283/2013 også gjelde i dette tilfellet. I tillegg har vi vurdert dynamiske priser, modellering av etterspørselsfrekvenser, inkludering av intermodal konkurranse og betydningen av heterogene togreiser.

### **Dynamisk prising**

Vi foreslår å legge inn muligheten for dynamisk prising i modellen, slik at man får konsistente beregninger av billett-kostnader, samt muligheten for å endre prisnivå mellom reisende. Dette begrunnes ved at man ved å beregne monetære kostnader utenfor modellen står i fare for å få billettmatriser som stammer fra ulike kilder, samt at det er en relativt tidkrevende oppgave.

### **Finne og modellere etterspørselastisiteter for avgangsfrekvenser i ulike frekvensområder**

Mistanke om at dagens tilnærming av etterspørselastisiteter for avgangsfrekvenser er for grov danner grunnlag for å modellere nye etterspørselsfrekvenser med utgangspunkt i trafikkteilingene fra 2012 og 2013, samt rutetabellendringene som skjedde i mellomtiden. Eventuelt kan beregninger fra NTM6 og RTM benyttes. Bakgrunnen for forslaget er at det er rimelig å anta at «rett frekvenselastisitet» vil variere med utgangsfrekvens på tilbudet.

### **Intermodal konkurranse**

På samtlige strekninger der det går tog, eksisterer minst et alternativt transporttilbud som forventes å påvirke etterspørselen etter togreiser. Rekdal (2006) presenterer krysselastisiteter som viser at en forbedring/forverring i et konkurrerende transportmiddel, vil redusere/øke etterspørselen etter togreiser. Vi foreslår at man tar hensyn til intermodal konkurranse i Trenklin, men også veier opp nytte og kostnader før implementering.

### **Heterogene reiser**

Trenklin behandler alle reiser likt, uavhengig av lengde og om det er snakk om dag- eller nattreiser. Bel (1996) finner at effekten av egen reisetid og reisetid hos konkurrerende transportmidler i Spania har ulik effekt på ulike reiser. Dette antyder at man bør ta hensyn til heterogenitet i togreiser. Vi foreslår å bruke ulike elastisiteter for ulike typer togreiser.

# 1 Introduksjon

Rapporten dokumenterer arbeidet med videreutvikling av Trenklin modellsystem, som er enkle modelleringer av persontransport på jernbane basert på eksisterende etterspørsel etter togreiser. Modellversjon som dokumenteres er Trenklin 1.17, som er den neste modellversjonen etter Trenklin 1.8 til å bli dokumentert i en TØI-rapport.

Rapporten er skrevet hos Transportøkonomisk institutt og bygger på tidligere dokumentasjonsrapport *TØI-rapport 1283/2013*, samt input om utførte endringer siden forrige modellversjon og timefordeling av turmatriser, begge utarbeidet av Jernbaneverket (Ranheim, 2013 og Ranheim, 2014). Kapitlene om modellbruk og diskusjoner om videre utvikling av modellsystemet bygger i stor grad på erfaringer som er gjort i forbindelse med et prosjekt Transportøkonomisk institutt har utført på oppdrag for Jernbaneverket. I nevnte prosjekt ble en forenkling av modellen brukt til å analysere konsekvensen av framtidig befolkningsvekst for mindre jernbanemarkeder. Resultater av modellkjøringen er presentert i TØI-rapport 1332/2014 (Caspersen & Aarhaug, 2014).

## 1.1 Bakgrunn

I forbindelse med utviklingen av rutemodell R2027<sup>1</sup>, jobber Jernbaneverket med en ny, enkel metode å planlegge framtidens jernbaneinfrastruktur på i norsk sammenheng. Dette har resultert i utviklingen av modellsystemet Trenklin. Trenklin er et modellapparat som i første omgang er tiltenkt brukt i tidlig fase av R2027, for å predikere framtidig passasjergrunnlag for jernbane samt gjøre enkle grovsorteringer av strekninger med størst lønnsomhet av ruteplansendringer og infrastrukturforbedringer. Strekningene og tiltakene som kommer ut som mest lønnsomme tas videre til mer detaljerte analyser i regionale og nasjonale transportmodeller. Dette for å fastsett framtidige satsninger og infrastrukturinvesteringer på jernbanen.

Trenklin modellsystem er enkle elastisitetsmodeller som benytter endringer i generaliserte reisekostnader til å beregne etterspørselseffekter av innførte tiltak. En av modellsystemets særegne egenskaper er at den er utviklet til å inkludere trengsel på togene. Bakgrunnen er at trengsel er et viktig kvalitetsaspekt ved tilbudet, som i liten grad er ivaretatt i eksisterende modeller. I Trenklin inkluderes trengsel som en del av de generaliserte reisekostnadene, og vil på den måten fungere som en forklaringsvariabel for togreiser.

I tillegg til Trenklin 1.17 omtaler vi den forenklete versjonen av Trenklin, *Trenklin\_dogn*. Forenklingen er utført for at man enklere kan beregne endringer i etterspørselen for jernbanemarkeder hvor trengsel og spesifisering mellom rush- og lavtid spiller en mindre rolle. Dette gjøres blant annet ved at man fordeler trafikken over timer i døgnet framfor perioder etter lavtrafikk og rushtid.

---

<sup>1</sup> R2027 er Jernbaneverkets nye hovedruteplan, og er planlagt implementert i 2027.

Trenklin 1.17 har blitt brukt til analyser av både store og små jernbanemarkeder for å kartlegge forventet framtidig passasjergrunnlag for jernbanen i 2027 og 2040. Patrick Ranheim ved Jernbaneverket har benyttet Trenklin 1.17 til å analysere store jernbanemarkeder på Østlandet, mens TØI, på oppdrag fra Jernbaneverket, har analysert mindre jernbanemarkeder og fjernstrekninger med modellen Trenklin\_dogn (Caspersen & Aarhaug, 2014). I forbindelse med analyse av mindre jernbanemarkeder oppstod behov for å gjøre visse endringer. Disse endringene dokumenteres også i foreliggende rapport.

## 1.2 Formål

Hovedhensikten med Trenklin er å gjøre enkle beregninger av framtidig trafikantnytte av ruteplansendringer. Modellen er bedre egnet jo større andel av trafikk etter tiltak som er referansetrafikk. Det vil si best egnet til å analysere mindre tiltak/ruteomlegginger som ikke medfører en betydelig vekst i antall nye passasjerer. Modellen kan også brukes ved tiltak som har stor effekt, men er mindre egnet jo mer omfattende tilbudsforbedringene er. Dette skyldes at trafikantnyttene for ikke-enorme tiltak for en stor del består av økt nytte for referansetrafikken.

Trengsel inkludert i analysene bør gi en mer nøyaktig utregning av trafikantnytte og åpner for å gjøre samfunnsøkonomiske vurderinger av kapasitetsøkninger.

## 1.3 Rapportgjennomgang

Dokumentet er strukturert rundt modellens oppbygging og endringer som er gjort sammenliknet med tidligere modellversjon. Kapittel 2 starter med en beskrivelse av den generelle oppbyggingen av modellen, før kapittel 3 gir en nærmere innføring i endringer som er gjort siden versjon 1.8, dokumentert i TØI-rapport 1283/2013 (Aarhaug m.fl, 2013). Kapittel 4 beskriver bruk av modellen, og kapittel 5 avslutter med en diskusjon av svakheter og videre arbeid.

## 2 Modellens oppbygging

Trenklin er utviklet etter ønsket om å etablere en enkel etterspørselsmodell etter togreiser som tar hensyn til betydningen av trengsel på reisen. Faktisk reiseinformasjon i form av turmatriser fra NSB benyttes som grunnlag for å finne endringen i passasjerantallet og trafikantnytte for ulike strekninger. Dette er typisk for Trenklin modellsystem, og metoden skiller seg fra andre modeller, blant annet ved at reiseinformasjonen også benyttes til å beregne trafikken i utgangssituasjonen (Aarhaug m.fl, 2013). De fleste modellversjonene er implementert i Excel og Visual Basic, men programflyten for Trenklin 1.17 er noe annerledes enn for tidligere modellversjon. Dette gis til uttrykk ved at Trenklin 1.17 består av fem regnebøker, hvorav to inputmatriser med data for strekningene som skal analyseres, én med prosedyrer som skal til for å kjøre modellen, én med standard forutsetninger om antall sitteplasser på toget, fordeling over reisehensikt per time og én regnebok som inneholder resultater fra beregningen. Det nye modellsystemet er også automatisert sammenliknet med tidligere modellversjoner, men det er fortsatt behov for å gjøre manuelt arbeid med tilrettelegging av inndata.

De største endringene som er gjort i forbindelse med utviklingen av Trenklin versjon 1.17 er forbedring i programflyten, spredning av årsdøgntrafikk over timer i døgnet, timespredning av reisehensikt og muligheten til å gjøre en helhetlig analyse av flere linjer på samme strekning. En utdyping av endringer sammenliknet med Trenklin 1.8 gis i kapittel 3.

### 2.1 Kort beskrivelse av modellen

Beregninger med Trenklin 1.17 bygger på data som er spesifikke for hver enkelt strekning som skal analyseres. Dette er turmatriser (antall reisende mellom stasjoner i et jernbanemarked) for referanseår og beregningsår, takstmatrise, marginal kjøretid og øvrige forutsetninger som verdsetting av tid, vektning av reisetidskomponenter og realprisjusteringer. Disse dataene gis på forhånd eller klargjøres utenfor modellen før beregning. Analytiker må selv finne data som er best egnet til å utføre analysene.

I analysen av små jernbanemarkeder som Transportøkonomisk institutt gjorde for Jernbaneverket våren 2014 stilte Jernbaneverket turmatriser for 2012 til rådighet for samtlige strekninger. Turmatrisene er hentet fra NSBs billettstatistikk for 2012, eller bearbeiding av av- og påstigningstillinger der billettstatistikken ikke er tilstrekkelig. Turmatrisene gir antall reisende per strekning i 2012, og ble benyttet sammen med predikert befolkningsvekst til å beregne framtidig passasjerantall for 2027 og 2040. NSB har også stilt med pristabell per kilometer, som gav grunnlaget for beregning av takstmatriser. Marginal kjøretid ble hentet fra NSBs rutetabeller, befolkningsveksten ble hentet fra beregninger gjort av Transportøkonomisk institutt (beskrevet i Aarhaug mfl. 2013), og fordelingen på reisehensiktene fritids-, arbeids- og forretningsreise ble tatt fra Den nasjonale reisevaneundersøkelsen (2009), fordeling for lange togreiser (over 100 km). Nevnte komponenter diskuteres nærmere i

påfølgende delkapitler. Øvrige forutsetninger som bl a elastisiteter er her de samme som beskrevet i tidligere dokumentasjonsrapport, TØI-rapport 1283/2013.

Modellen beregner etterspørselsendringer ved å sammenlikne årstrafikk med og uten befolkningsvekst i stasjonsomland/tiltak. Inndata til modellen gis som stasjon-til-stasjon-matriser. Matrisene må være kvadratiske med maksimalt 47 stasjoner, med likt oppsett innenfor samme strekning. Modellen trenger matriser med årsdøgntrafikk for referanseår og beregningsår, marginal kjøretid, billettpriser og antall bytter innenfor et jernbanemarked (der det er relevant). Generaliserte kostnader beregnes i modellen.

Produktet av modellen er endring i passasjergrunlaget per strekning og retning, endring i antall passasjerkilometer, endring i trafikkselskapets billettinntekter, og ikke minst økningen i trafikantnytte som følge av innførte tiltak. Figur 2.1 illustrerer hvordan resultatene fra beregninger presenteres i Trenklin 1.17.

		Belegg							
		Referanse		Tiltak				Antall Reisende	
		R1	R2	R1	R2			Referanse	Tiltak
4	Arendal-Stoa	22152	22152	37510	34381	Arbeid	13 665	22 401	
5	Stoa-Bråstad	22836	22836	38642	35432	Fritid	32 391	51 322	
6	Bråstad-Rise	22826	22826	38619	35413	Forretning	4 555	8 844	
7	Rise-Blakstad	23435	23435	39625	36373				
8	Blakstad-Froland	24309	24309	41149	37789				
9	Froland-Bøylestad	24580	24580	41644	38243				
10	Bøylestad-Flaten	24601	24601	41684	38288				
11	Flaten-Nelaug	24220	24220	41016	37694				
12	Nelaug-0	0	0	0	0				
13	0-0	0	0	0	0				
14	0-0	0	0	0	0				
15	0-0	0	0	0	0				
16	0-0	0	0	0	0				
17	0-0	0	0	0	0				
18	0-0	0	0	0	0				
19	0-0	0	0	0	0				
20	0-0	0	0	0	0				
21	0-0	0	0	0	0				
22	0-0	0	0	0	0				
23	0-0	0	0	0	0				
24	0-0	0	0	0	0				
25	0-0	0	0	0	0				

		Billettinntekt	
		Referanse	Tiltak
		766 832	1 194 752

		Trafikantnytte	
			0

		PassasjerKM:	
		Referanse	Tiltak
		15 818	22 401
		37 494	51 322
		5 273	8 844

Figur 2.1. Bildesnitt av regneark med resultater fra beregninger med Trenklin 1.17.

Resultatene som vist i figur 2.1 beregnes ved at Trenklin sammenlikner komponentene i referanseår og beregningsår. Sammenlikningsgrunlaget baseres både på data gitt utenfor modellen og på beregninger som er gjort i Trenklin.

Fra figur 2.1 ser vi for øvrig at økningen i antall reisende og antall passasjerkilometer fordeles på de tre reisehensiktene arbeids-, fritids- og forretningsreiser. Dette skyldes at man i forutsetningene som ligger til grunn for beregningene skiller mellom type reisende, ettersom disse forventes å ha ulik tidsverdi samt ulik bruk av rabattfaktorer. Figur 2.2 illustrerer forskjellene mellom tidsverdier, rabattfaktorer og elastisiteter for de tre reisehensiktene, samt timefordelingen av passasjerene per hensikt.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3	Elastisiteter								
4	Arbeid		-3,43		Fordeling På reisehensikter				
5	Fritid		-3,27		Time	Arbeid	Fritid	Forretning	
6	Forretning		-5,14		0	0,1	0,88	0,02	
7									
8		Tidsverdier							
9		Arbeid	69						
10		Fritid	54,2						
11		Forretning	468,1						
12									
13									

Figur 2.2. Forutsetninger vedrørende reisehensikter.

Figur 2.2 viser ulikheter mellom ulike grupper, og dermed at det er nærliggende at de reagerer ulikt på endringer i togtilbudet. Vi ser også at modellen tar hensyn til rabatter på billettprisen i form av rabattfaktorer. Det er antatt at arbeidsreiser er de hyppigste brukerne av rabattordninger.

I Trenklin 1.17 kan økt passasjergrunnlag skyldes to årsaker. Det kan enten være befolkningsvekst i stasjonsområdet, som øker markedet for togreiser og forutsettes å gi flere reisende, eller det kan være en økning i antall passasjerer som følge av en forbedring i togtilbudet. Forbedringer kan for eksempel være økt frekvens eller redusert reisetid. Begge vil redusere (tids)kostnadene ved å reise med tog.

Endringer som følge av mulig befolkningsvekst i stasjonsområdet implementeres direkte i beregningen av framtidige turmatriser, mens endringer som følge av tiltak fanges opp ved hjelp av generaliserte reisekostnader (GK), som er en vektet sum av pengekostnad og andre ulemper med å reise (for eksempel tidskostnader)<sup>2</sup>. Ved en forbedring i togtilbudet reduseres de generaliserte kostnadene ved å reise med tog, som videre forventes å slå positivt ut på etterspørselen etter togreiser.

Hvor mye etterspørselen øker med en reduksjon i GK gis av elastisiteten til de generaliserte kostnadene, det vil si den relative endringen i etterspørselen etter togreiser når kostnaden ved togreiser (uttrykt via GK) reduseres. Elastisiteten kan tilnærmet tolkes som en endring i etterspørselen når GK endres med 1 % (marginal endring)<sup>3</sup>. Elastisitetene angis utenfor modellen, og varierer mellom reisehensikt. I beregningene som har blitt gjort, har følgende verdier blitt benyttet:

Tabell 2.1. Eksempel på elastisiteter (gjengitt fra figur 2.2)

Reisehensikt	Elastisiteter
Arbeid	-3,43
Fritid	-3,27
Forretning	-5,14

Her ser vi at forretningsreisende er den gruppen som er mest følsom overfor en endring i generaliserte kostnader, etterfulgt av arbeidsreiser og fritidsreiser. Dette motstrider eksisterende teori om at forretningsreiser er lite prisfølsomme, og må

<sup>2</sup> En nærmere beskrivelse av generaliserte kostnader gis i TØI-rapport 1283/2013.

<sup>3</sup> Formel for elastisitet:  $E_p = \frac{dD}{D} * \frac{GK}{dGK}$ , der D er etterspørsel og GK er generaliserte kostnader.

skyldes at forretningsreiser er mer følsomme overfor andre faktorer, deriblant reisetid. Dette så vi var tilfellet i figur 2.2, hvor forretningsreiser er den klart mest tidsfølsomme gruppen, med en tidsverdi på 468,1 kr. Til sammenlikning har arbeidsreiser og fritidsreiser en tidsverdi på hhv 69 og 54,2 kr. Jo større absoluttverdi elastisiteten har, jo mer følsom er etterspørselen for endringer i generaliserte kostnader, slik at en reduksjon i kostnader gir en større økning i etterspørselen etter togreiser enn for tilfeller der elastisiteten er liten. TØI-rapport 1283/2013 gir en nærmere beskrivelse av og diskusjon rundt bruk av elastisiteter i Trenklin.

En reduksjon i generaliserte kostnader vil også påvirke allerede eksisterende passasjerer, ved at deres ulempe ved å reise med tog reduseres. Nye passasjerer med nytte av å reise, samt en reduksjon i reiseulempen for allerede eksisterende passasjerer gir endring i trafikantnytt.

## 2.2 Inndata

Inndata består som nevnt av turmatriser, billettpriser i form av takstmatriser og marginale kjøretider mellom stasjoner. I tillegg ligger det forutsetninger til grunn som legger føringer på resultatet.

### 2.2.1 Turmatriser

Turmatrisene gir informasjon om antall passasjerer som reiser på ulike strekninger innenfor et jernbanemarked, og danner grunnlaget for beregningen av framtidig passasjerantall i Trenklin-modellen og videre av etterspørselen etter togreiser. Matrisene bør derfor representere virkeligheten i så stor grad som mulig.

For Trenklin 1.17 har turmatrisene vært basert på NSBs egen billettstatistikk, eller av- og påstigninger der billettellingene ikke er tilstrekkelig. Dette for å ha en så virkelighetsnær tilnærming som mulig. Matrisene som ble stilt til rådighet besto av tre matriser. *Hovedmatrisen* er en matrise over antall reisende mellom stasjoner internt på strekningen. I tillegg inkluderes en *ekstermatrise* over antall reisende som skal til eller fra en stasjon på den aktuelle strekningen, men som kommer fra et annet jernbanemarked, samt en *transittmatrise* med tall over antall reisende som reiser mellom to stasjoner som *ikke* er på den aktuelle strekningen. Informasjon fra eksterne reiser fra/til eller mellom eksterne stasjoner fanges opp i total årstrafikk ved at de legges til de interne sonene via reell omstigningsstasjon. Dette hviler på forutsetningen om at reisende i transittmatrisen reiser med tog på strekningen mellom start- og endestasjon, og gjør nødvendige bytter underveis. For å beregne framtidige passasjerantall trenger Trenklin\_dogn turmatriser for både referanseår og beregningsår. Turmatriser for beregningsår kan blant annet estimeres ved å bruke predikert befolkningsvekst i markedets omland som skaleringsfaktor. Dette er gjort blant annet i nevnte analyser av Jernbaneverket og TØI.

I Trenklin 1.17 benyttes virkedøgnstrafikk i beregningen, mens resultatet presenteres som helårstrafikk. Omregningsfaktoren av en helårsmatrise til virkedøgnstrafikk (VDT) gis av  $Totalt\ antall\ passasjerer\ per\ år / (365 * 0,85)$ , hvor man også inkluderer restdøgnstrafikk for å få med all trafikk. Alternativt kan man bruke 230 virkedøgn per år, og analysere resterende dager som restdøgn.

En utfordring ved bruk av turmatriser i analysene er framstillingen av antall passasjerer. Ved analyser av mindre jernbanemarkeder gir resultatet indikasjoner på at turmatrisene ikke gir en fordeling av trafikken per marked, men heller det samlede



passasjerantallet mellom stasjonene på strekningen. Dersom dette er tilfellet vil tallene inkludere flere reisende på strekningen enn det er på markedet som analyseres. Dette ser vi tydelige indikasjoner for på Østfoldbanen og Bergensbanen, hvor estimert passasjervekst gir et passasjerantall per avgang som overstiger kapasiteten på togene. Problemet kan løses ved at man analyserer de enkelte delstrekningene separat, framfor enkelte markeder, fordi trafikk som bare går på en delstrekning er basert på en annen frekvens enn trafikk som går på hele strekningen. Trenklin 1.17 benytter som nevnt helårsmatriser i utregningene, representert ved trafikk per årsdøgn. Dersom denne tilnærmingen videreføres, kan en løsning være å benytte turmatrise fordelt på tognummer framfor strekninger.

## 2.2.2 Takstmatriser

Taksten utgjør de monetære kostnadene for togreisen, og kan representeres via faktiske billettpriser. Trenklin inkluderer taksten via takstmatriser, som inngår i beregningene via de generaliserte reisekostnadene. Priseffekten fanges opp ved at redusert takst vil redusere generaliserte reisekostnader, og man forventer økt etterspørsel etter togreiser.

Takstmatrisene til modellen må inneholde informasjon om billettkostnadene mellom samtlige strekninger innenfor et jernbanemarked. I Trenklin 1.17 må matrisene forberedes manuelt utenfor modellen, og det foreligger ikke en mal eller formel for hvordan strekninger bør prises. For analyser utført av TØI ble takstmatriser beregnet ved hjelp av NSBs taksttabell samt billettpriser som oppgis på NSB.no (det viste seg å være noe variasjon mellom NSBs taksttabell og priser på NSB.no). Rabattordninger gis som en forutsetning (se figur 2.2), og inkluderes ikke direkte i takstmatrisene.

Resultatarket fra beregninger gjort med Trenklin 1.17 rapporterer estimerte endringen i NSBs billettinntekter som følge av passasjervekst (som vist i figur 2.1). I rapportering av resultater fra beregningen er det relevant å kartlegge den forventede økningen i billettinntekter fra økt trafikk som følge av framtidig befolkningsvekst og innførte tiltak, da dette vil ha utslag på den totale samfunnsøkonomiske nytten.

## 2.2.3 Øvrige forutsetninger

Beregninger med Trenklin hviler på et sett med forutsetninger, deriblant at passasjerene fra turmatrisen fordeles på reisehensikter. Det foreligger ingen fasit på fordelingen, så lenge man skiller mellom arbeidsreiser, fritidsreiser og forretningsreiser. I analyser av mindre jernbanemarkeder har man benyttet fordelingen hentet fra RVU 2009, hvor det er gjort et spesialuttak for togreiser over 100 km. I Trenklin 1.17 kan fordelingen på reisehensikt variere over timer i døgnet, samt mellom strekningene. Dette krever at man har kjennskap til fordelingen over timer og mellom strekninger. For den forenklede versjonen, Trenklin\_dogn, er timevariasjonen tatt ut slik at samme fordeling benyttes hele døgnet. Ideelt sett burde fordelingen av reisehensikt gjøres for hver strekning, men her mangler det data.

Ventetidsulempen er en viktig driver for etterspørselsendringer i modellverktøyet Trenklin. I Trenklin 1.17 benyttes en variant hvor ventetidsulempen er en lineær funksjon av frekvens, der stigningstallet er gitt for følgende tre intervaller: ventetid på 0-15 minutter, 15 til 30 minutter og over 30 minutter. Vektleggingen av ventetiden er høyere for de første minuttene enn for de siste<sup>4</sup>. Selve ventetiden (som videre vektet

<sup>4</sup> Vektene er 2 for de første 0 – 15 min., 1 for 16 – 30 min. og 0,5 for resterende ventetid over 30 min.

opp eller ned) er definert som halvparten av headway (antall minutter mellom hvert tog på strekningen). Dette innebærer at områder med få avganger per dag og høy headway får høyere ventetid enn områder med mange avganger per dag og lav headway. Av den grunn implementeres ventetiden ofte som en funksjon, slik at høye ventetider vektet ned relativt til korte ventetider. Dette er en standard definisjon, som brukes i blant annet nasjonale transportmodeller, og begrunnes av at jo lengre tid det er mellom avgangene, jo bedre mulighet har man til å utnytte denne tiden til noe annet. Ventetiden ved lange reiser er likevel høyere enn for korte reiser. Dette skyldes at man ikke skal interpretere ventetid som faktiske eller forventede ventetiden på holdeplass, men som et generelt mål for å «samle» unytten ved at man ved lavfrekvente tilbud må planlegge reisen i større grad, samt at det er en større ulempe knyttet til å «miste» toget.

Definisjonen av ventetid fungerer godt for strekningene Trenklin opprinnelig ble utviklet for å dekke, det vil si relativt høyfrekvente tilbud, hvor man vil få lave ventetider. For markeder med lavfrekvente tilbud vil ventetiden og ventetidsvektene som er gitt i Trenklin kunne gi skjeve estimat. Dette er fordi summen av ventetidsulempen som vil modelleres ved bruk av gitte vekter blir for høy, og vil utgjøre en for stor andel av ulempen i de generaliserte reisekostnadene enn hva som er rimelig. En frekvensendring vil med dette gi store utslag i ventetidsulempen og de generaliserte kostnadene, og slik få større effekt på passasjerantallet enn hva det empirisk er grunnlag for.

Øvrige nødvendige forutsetninger gis i stor grad utenfor modellen. Hvilke forutsetninger som behøves for beregninger oppgis i regnebøkene som er laget for inputmatriser. Dette omtales nærmere i kapittelet om bruk av modellen.

## 2.2.4 Avgrensninger

Følgende avgrensninger gjelder for modellen, som også var tilfellet for Trenklin 1.8.

- Modellen er partiell idet den kun ser på egenskaper og endringer i jernbanemarkedet. Alle andre forhold eller politikk rettet mot lokal kollektivtransport og/eller bil, forutsettes uendret. Dette innebærer at for eksempel økt samordning mellom buss og tog (det vil si tilbringertransport) ikke tas inn i beregningene. Dersom muligheten for tilbringer til toget øker, forventes flere passasjerer. Disse effektene undervurderes av modellen.
- Modellen beregner kun velferdsendringer for togtrafikantene og trafikk-selskapet (i form av endring i billettinntekter, noe som er nytt sammenliknet med versjon 1.8). Den tar heller ikke inn kostnader verken til infrastruktur eller endrede driftskostnader. Dette medfører at modellen ikke kan benyttes til nyttekostnadsanalyser direkte.
- Modellen ignorerer betydningen av konkurrerende transportmidler. På mindre og lange jernbanemarkeder er det trolig at hhv bil og fly har en relativt sterk posisjon innen persontransport. Endringer i faktorer som påvirker disse transportmidlene, vil også kunne påvirke etterspørselen etter tog.

## 3 Videreutvikling etter versjon 1.8

Siden forrige dokumenterte versjon har modellsystemet Trenklin gjennomgått vesentlige forandringer. Endringene følger 4 hovedspor (Ranheim, 2014):

- 1) Programflyt. I versjon 1.17 benyttes fremdeles Excel regneark til inndata og resultater, mens selve utregningene foregår i Visual Basic (VBA). Alle prosedyrer følger følgende mønster:
  - a. Inndatainnlesing i Trenklin fra Excel-ark
  - b. Beregning av Trenklin i VBA
  - c. Automatisk utskrift av resultater til eget resultatark (excel-ark).

Modellkjøringene er mer automatisert enn før og mye manuelt arbeid er dermed falt bort. Dette diskuteres nærmere under «Bruk av modellen».

- 2) Helhetlig analyse av alle aktuelle linjer. Dersom det er flere linjer i et marked kan versjon 1.17 kjøre alle linjene samtidig, slik at man kun trenger én modellkjøring per scenario. Trafikk på større stasjoner, hvor flere linjer trafikkerer, er definert som knutepunktstasjoner.
- 3) Modellen er inndelt i timer og ikke tidsperioder på døgnet.
- 4) Det er innført fast døgnfordeling av hver enkelt reisehensikt.

### 3.1 Helhetlig analyse av markedet

Mange viktige stasjonsrelasjoner betjenes av flere linjer, særlig i Osloområdet. I slike tilfeller er det vanskelig å vurdere hver enkelt linje isolert. Dette både fordi total frekvens ikke er den samme på alle relasjonene langs linjen (til eksempel kan man kun reise med tog L1 mellom Oslo S og Bryn, men velge mellom svært mange tog mellom Oslo S og Nationaltheatret), og fordi reisende gjerne vil fordele seg på de ulike linjene etter frekvens og andre faktorer, som avgangstid. Å øke frekvensen på en linje vil dermed ikke bare gi nye togreiser til linjen, men det vil også få omfordelt trafikk fra andre toglinjer. Dette taler for å analysere tiltak mer helhetlig, som er tilfellet i Trenklin 1.17, fremfor å kjøre hver enkelt linje separat, som i tidligere versjoner.

På grunn av muligheten til å gjøre helhetlige analyser av et marked vil det være noen stasjoner som trafikker flere linjer samtidig og gjerne har stor trafikk. Disse stasjonene kalles knutepunktstasjoner og knytter flere linjer på et og samme område sammen. Knutepunktstasjoner må analyseres med kombinert frekvens av alle tog som trafikkerer relasjonen. Dette fordi antall passasjerer på knutepunktstasjonene fordeles etter relativ frekvens på de linjene som trafikkerer. Eventuell trengsel beregnes som en vektet sum av trengsel på linjene som trafikkerer den enkelte stasjon, hvor vektene også her gis av frekvensen. Atferdsmessig innebærer dette en

antakelse om at reisende på knutepunktstasjoner vil hoppe på første og beste tog (ikke velge tog med mindre trengsel), men legge gjennomsnittlig opplevd trengsel til grunn for om de skal ta toget eller ikke. Dette gis av en vanlig GK-vurdering hvor generaliserte kostnader ved å reise med tog veies opp mot de generaliserte kostnadene for andre transportmidler. Ettersom trengsel inngår i de generaliserte kostandene vil stor grad av trengsel på toget øke GK, og gjøre tog mindre attraktivt relativt til andre transportmidler.

Trafikantnytte, nye reisende etc for knutepunksrelasjoner beregnes i en knutepunktsmatrise, men trafikken må fordeles til de ulike linjene for å beregne trengsel på strekningen. Filene som refererer til knutepunkt betegnes som M\_-filer.

## 3.2 Timefordeling

I Trenklin versjon 1.17 kan man ta ut variasjoner i trafikken over døgnet. Det vil si at man ikke deler reisedøgnet inn i perioder etter antall reisende, men muliggjør en timefordeling, hvor modellen regner igjennom hver enkelt time i døgnet og rapporterer antall passasjerer og trengsel per time. Dette er et virkemiddel for å få bedre trengselsberegninger, og har blitt brukt i beregninger for store jernbanemarkeder på Østlandet. En god timefordeling vil også kunne forbedre analyser som gjøres med den klassiske fire-perioders Trenklinmodellen (versjon 1.8). Per versjon 1.17 kan også reisehensikt og setekapasitet fordeles per time.

Bruk av timefordeling i modellen krever at man fordeler turmatrisene på timer over døgnet. Dette er per i dag gjort for Drammensbanen, Gjøvikbanen, Hovedbanen og Østfoldbanen (store jernbanemarkeder). Alle stasjonsrelasjoner på nevnte baner har fått beregnet sin fordeling av reisende over timer på døgnet. Beregningen har tatt utgangspunkt i bygrensetellinger for 2010, som gir en detaljert timefordeling av togtrafikken på bygrensesnittet. Mer detaljert informasjon om beregning og tall for bygrensetellinger per time gis i vedlegg 1, som i stor grad er basert på en beskrivelse av matrisefordelingen utført av Jernbaneverket (Ranheim (2013)).

Slike metoder for å fordele matriser som virker på grovere nivå enn enkelrelasjoner vil nødvendigvis innføre en viss feilmargin. Det er imidlertid gode grunner til å benytte relativt grove metoder. For det første er det usikkert om det finnes godt nok datagrunnlag for å finfordele matrisene på timer. For det andre kan det selv med rimelig godt datagrunnlag være ressurskrevende å utføre selve fordelingen (Ranheim, 2013). Ettersom timefordelingen kun er relevant for områdene man forventer trengsel, og like relasjoner har forholdsvis like timefordelinger, er det nærliggende at det er viktigst å gjøre en fordeling som treffer på timefordelingen der trengselen er høy.

Nevnte timefordeling av trafikken er nyttig for store jernbanemarkeder med mange reisende og trengsel på togene. For mindre jernbanemarkeder er det derimot mindre hensiktsmessig da trengselen på strekningen er begrenset. Dette er en av begrunnelsene for forenkling av Trenklin til modellversjonen Trenklin\_dogn. Ved analyser med Trenklin\_dogn benyttes kun dogntrafikken i analyse av framtidig passasjergrunnlag og effekten av innførte tiltak.

### 3.3 Fast døgnfordeling og egne matriser for hver hensikt

Turmatrisene med antall passasjerer skiller ikke mellom typer reisende. Ettersom man antar at ulike typer reisende har ulike behov, fordeles passasjerene inn i grupper etter reisehensikt via en fordelingsnøkkel (til eksempel ble fordelingen for lange togreiser fra RVU 2009 brukt som fordelingsnøkkel for analyser av små jernbanemarkeder). Fordelingen på reisehensikter blir for øvrig kun gjort for basisåret, det året man har NSB-data for. For øvrig beholdes tiltaksmatriser for hver hensikt som referansematriser for hver hensikt i senere analyser.

For analyser hvor man benytter timefordeling aggregeres timestrafikken per hensikt til døgn for hver hovediterasjon og spres så etter faste fordelingsnøkler. Det vil si at man kan avgjøre om døgnfordelingen på hver hensikt skal variere mellom timer og scenarioer, eller om den skal være gitt, det vil si samme fordeling over alle timene og scenarioer. Man kan også skille på fordelingen over reisehensikt mellom virkedøgnstrafikk og restdøgnstrafikk.

Modellen tar høyde for at man kan beregne trafikk i *restdøgn*, det vil si helgetrafikk. Det gjøres ved at man endrer omregningsfaktoren for en helårsmatrise til å ta hensyn til restdøgn framfor virkedøgn ( $365 * 0,15$ ). Ved beregning av restdøgn kan det som nevnt være nødvendig å endre øvrige forutsetninger, som for eksempel fordeling på reisehensikt.

## 4 Bruk av modellen

I dette kapitlet beskriver vi hvordan beregningene gjennomføres i Trenklin 1.17. For den forenklete versjonen Trenklin\_dogn vil framgangsmåten være tilsvarende, men uten timefordeling av antall reisende og helhetlig analyse av et marked. For resultater fra bruk av modellen vises til TØI-rapport 1332/2014, som dokumenterer beregninger gjort med Trenklin\_dogn for mindre jernbanemarkeder, samt Jernbaneverkets gjennomkjøringer av store jernbanemarkeder.

Som nevnt i kapittel 3, har videreutviklingen av Trenklin gjort at en større del av beregningene foregår automatisk. Det er likevel behov for noe manuelt arbeid med inndata, som må klargjøres og beregnes av analytiker utenfor modellen før beregning. Trenklin 1.17 følger en noe annen programflyt enn hva som var tilfellet for Trenklin 1.8. I det følgende vil vi presentere bruk av modellen stegvis.

### Steg 1: Klargjøre inndata til GK\_-ark og SF\_-ark.

I likhet med for Trenklin 1.8 må fortsatt noe inndata klargjøres før modellkjøring. Inndata består av turmatriser, takstmatriser, marginale kjøretider, frekvens, kartlegging av knutepunkt og tilhørende informasjon, antall bytter på strekningen samt tall for øvrige forutsetninger. Blant øvrige forutsetninger inngår setekapasitet, dersom man skal kartlegge trengsel, fordeling av trafikk på reisehensikt, tidsverdier, elastisiteter og liknende. Forutsetningene som trengs for å gjøre beregninger er samlet i et felles ark, kalt «Forutsetninger». Strekningsspesifikk informasjon, som matriser og noen utvalgte forutsetninger, skal inn i GK\_-filene. Arkene som må oppdateres manuelt før gjennomregning er merket oransje. Dette illustreres av figur 4.1, som viser et utsnitt av en GK\_-fil. Her ser vi at arkene «Kjøretid og forutsetninger» og «Matrise» er oransje. I det første arket inngår generelle forutsetninger samt informasjon om kjøretid og ventetid, mens «matrise» står for turmatriser.

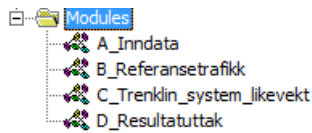
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figur 4.1. Illustrasjon av forutsetninger i GK\_-regnebok.

Øvrige regneark oppdateres automatisk når man har oppdatert nødvendig inndata. Dette gjelder blant annet tall for generaliserte kostnader. Det trengs data for både referanse- og beregningssituasjon, noe som gir to GK\_-ark per linje.

I tilfeller der man beregner flere linjer innenfor ett marked er man nødt til å opprette GK\_-ark for hver linje. Standard forutsetninger som gjelder for hele markedet inngår i SF\_-arket. Dette er f.eks passasjer- og timefordeling på reisehensikt, der hvor fordeling på time og reisehensikt på time er gjort, rabattfaktorer og liknende. Setekapasitet per linje og hvorvidt det eksisterer rushtid inngår også i SF\_-arket, med eget ark for hver linje.

I hver prosjektmappe ligger det en egen regnebok som har det generiske navnet «Makrobok». Her ligger prosedyrene som skal til for å kjøre Trenklin. Prosedyrene består av tre hovedmoduler: «Inndata», «Trenklin\_system\_likevekt» og «Resultatuttak». I tillegg er det en modul «Referansetraffikk» som kan brukes til å lese inn referansetraffikk over antall passasjerer fra et annet scenario. Det er da gjerne snakk om å bruke tiltakstrafikken fra et scenario som referansetrafikken i et annet. Figur 4.2 illustrerer moduler i «Makrobok».



Figur 4.2. «Makrobok». Kilde: Ranheim (2014)

Inndata som leses inn ved hjelp av makroer i regneboken er matriser for generaliserte kostnader og forutsetninger. Informasjon for hver enkelt linje legges inn i Trenklin-regnebokene, hvor man har en bok per linje.

Forutsetningene som leses inn er:

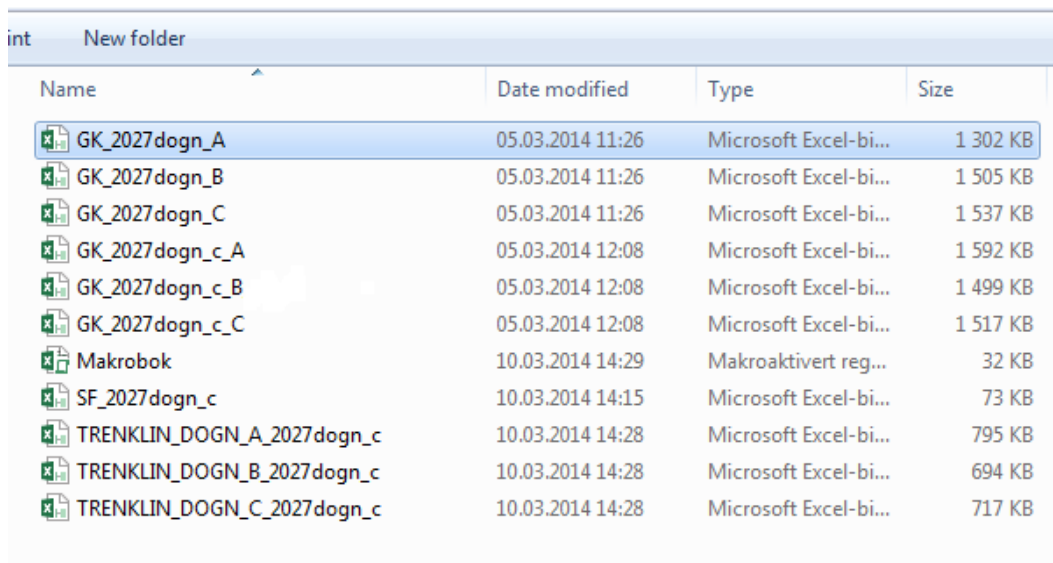
- Elastisiteter for hver reisehensikt
- Setekapasitet per time
- Egenskaper ved trengsels-funksjonen (avhengig av togtype)
- Tidsverdier
- Rabattfaktorer
- Indikatorer for hvilke timer og retninger som har rushtidstilbud

Det leses også inn GK-matriser og frekvensmatriser for knutepunksrelasjoner til «M-filer». I tillegg leses det inn matriser med kjøretider til vektning av trengsel, takstmatriser til beregning av billettinntekter og indikatormatriser som sier om relasjonen er en knutepunksrelasjon eller ikke.

Som nevnt ligger noe av informasjonen som leses inn i egne GK-filer for hver enkelt linje, mens noe ligger i et felles ark for setekapasitet og forutsetninger.

## Steg 2: Navngiving

Automatisering av Trenklin\_dogn medfører behov for riktig navngiving og plassering av filene. Før gjennomkjøring er det viktig at relevante filer for et bestemt scenario samles i en felles mappe. Nødvendige filer for modellberegning er filene med inndata, samt filer med makroer for modellkjøring og resultatfiler. Dersom man beregner passasjervekst for én linje trenger man fem filer. Per nye toglinje trengs to GK\_-regnebøker, en regnebok med resultater samt nytt ark i SF\_. Figur 4.3 illustrerer dette med et eksempel for tre linjer innenfor samme marked.

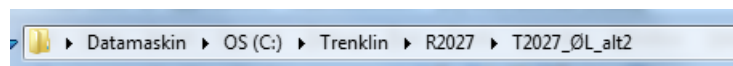


Name	Date modified	Type	Size
GK_2027dogn_A	05.03.2014 11:26	Microsoft Excel-bi...	1 302 KB
GK_2027dogn_B	05.03.2014 11:26	Microsoft Excel-bi...	1 505 KB
GK_2027dogn_C	05.03.2014 11:26	Microsoft Excel-bi...	1 537 KB
GK_2027dogn_c_A	05.03.2014 12:08	Microsoft Excel-bi...	1 592 KB
GK_2027dogn_c_B	05.03.2014 12:08	Microsoft Excel-bi...	1 499 KB
GK_2027dogn_c_C	05.03.2014 12:08	Microsoft Excel-bi...	1 517 KB
Makrobok	10.03.2014 14:29	Makroaktivert reg...	32 KB
SF_2027dogn_c	10.03.2014 14:15	Microsoft Excel-bi...	73 KB
TRENKLIN_DOGN_A_2027dogn_c	10.03.2014 14:28	Microsoft Excel-bi...	795 KB
TRENKLIN_DOGN_B_2027dogn_c	10.03.2014 14:28	Microsoft Excel-bi...	694 KB
TRENKLIN_DOGN_C_2027dogn_c	10.03.2014 14:28	Microsoft Excel-bi...	717 KB

Figur 4.3. Illustrasjon av nødvendige filer for beregninger i Trenklin 1.17.

Figur 4.3 viser hvilke filer som er nødvendige for å gjøre beregninger i Trenklin 1.17. A, B og C betegner ulike linjer i samme marked, mens «c» betegner at det er snakk om GK\_filen som inneholder data for innførte tiltak.

For øvrig ser man også fra figur 4.3 at alle filer følger bestemte navnekonvensjoner. For eksempel skal de enkelte regnebøkene med data som resulterer i beregninger av generaliserte reisekostnader per linje hete GK\_(scenarionavn)\_(linjenavn). Dette for at programmet skal finne de nødvendige filene. Stien til mappen gjengis i programkoden slik at modellen finner de relevante filene ved gjennomkjøring. En sti-fil består av disknavn samt navnet på øvrige mapper som leder til analysescenariet. Eksempel på en sti-fil er C:\Trenklin\R2027\T2027\_ØL\_alt2. Dette illustreres i figur 4.4.



Figur 4.4. Eksempel på en sti. Kilde: Ranheim (2014).

For at Visual Basic skal finne filene til modellen må stien som vist i figur 4.4 gjengis korrekt i Visual Basic. I begynnelsen av inndatascriptet må det legges inn riktige navn på mapper og filer, samt at det må legges inn en linjevektor. Navnene gir stien der modellen skal «lete» for å finne riktig fil, mens linjer sier hvilke linjer som er inkludert i markedet. Informasjonen illustreres i figur 4.5.



```

Sub Hent_inndata()

'Henter alt av inndata (gk og Setekap/forutsetninger)

Application.ScreenUpdating = False
Application.CutCopyMode = False
Application.DisplayAlerts = False
Application.Calculation = xlManual

Dim Disk As String
Dim Mappe As String
Dim Prosjekt As String
Dim Scenario As String
Dim Versjon As String
Dim Referanse As String
Dim Linje As String

Disk = "C"
Mappe = "Trenklin"
Prosjekt = "R2027"
Scenario = "T2027_ØL_alt2"
Versjon = "17"
Referanse = "T2027o"

Dim Count As Integer
Dim i As Integer, j As Integer, k As Integer, l As Integer, m As Integer
Dim Antall As Integer
Dim Start As Integer
Dim Linjer
Dim Perioder
Dim Antall_KpS As Integer

Linjer = Array("L1a", "L1b", "L2a", "L2b", "L12", "L13", "L14", "L21", "L22", "R10", "R11", "R20")
Perioder = Array("5", "6", "7", "8", "15", "16", "17")

```

Figur 4.5. Illustrasjon av komponenter i Visual Basic. Kilde: Ranheim (2014).

Det er svært viktig at navn på filer og sti (figur 4.4) stemmer med navn som er lagt inn i Visual Basic (figur 4.5). I flere av datafilene må også bestemte arkfaner ha linjenavn som korresponderer med det som er lagt inn her. Inndataen fra GK- og SF-filen leses inn i Trenklin-filen via Visual Basic. Når inndata er lest inn kan selve Trenklin-beregningen finne sted.

### Steg 3: Gjennomkjøring

Når man har klargjort nødvendig inndata og navngitt filene kan man gjøre gjennomkjøringer i Trenklin\_dogn. Prosedyren starter med at regneboken for M\_(referanse) åpnes. I denne ligger turmatriser for alle linjer, fordelt på hensikt, i tillegg til knutepunktsmatriser, fordelt på hensikt. Matrisene tar hensyn til stasjoner som er definert som knutepunkter. Til eksempel er dette i andre fase av R2027-arbeidet for Østlandet stasjonene i Drammen, Asker, Sandvika, Lysaker, Skøyen, Nationalteatret, Oslo S, Lillestrøm, Ski, Moss, Hamar, Lillehammer, Kongsberg, Eidsvoll og Gardermoen. Antall reisende på knutepunktsrelasjonene fordeles til trafikkerende linjer etter relativ frekvens. Øvrige reisende på linjen ligger inne fra før. Når trafikken er fordelt på linjer, timefordeles den etter bestemte koder, før den leses til respektive Trenklin-ark som beregner trengsel for referansesituasjonen.

Etter dette starter iterasjonsprosessen hvor filen M\_(scenario) interagerer med de ulike Trenklinarkene. Kort fortalt går runden går omtrent slik:

1. M\_scenario fordeler trafikk til linjene
2. Trenklin kjøres per linje
3. Trengsel beregnes for knutepunkter
4. Ny knutepunktsmatrise beregnes
5. Ny trafikkfordeling
6. Nye Trenklin-kjøringer

Til slutt vil det være likevekt i beregningen av knutepunktsmatriser og trengsel på knutepunkter. Under er et utsnitt av iterasjonsrapporten som ligger i “M-filene”:

Tabell 4.1. Utsnitt av iterasjoner mot likevekt. Kilde: Ranbeim (2014).

Arbeidsmatrise	Fritidsmatrise	Forretningsmatrise
1 605 919,332004	41 449,080381	5 738,148493
1 547 992,191193	40 514,234554	5 456,646991
52 366,972648	1 001,805416	162,891382
1 953,141319	28,490959	5,904469
85,947088	1,014257	0,241861
4,250947	0,041795	0,011117
0,235129	0,001947	0,000574
0,014205	0,000098	0,000033
0,000909	0,000005	0,000002
0,000062	0,000000	0,000000

Første kolonne viser tall for arbeidsreiser, andre for fritidsreiser og den siste kolonnen viser tall for forretningsreiser. Tallene er sum kvadrerte avvik i turer mellom iterasjon  $x$  og  $x-1$  for alle relasjoner. Vi ser at det etter ti iterasjoner nærmer seg en god likevekt i form av at avviket mellom iterasjon  $x$  og  $x-1$  er nær null.

Trenklin versjon 1.17 kjøres i likhet med tidligere versjoner til likevekt per linje. For hovediterasjon itererer denne til likevekt for hver time.

Til slutt gjør man resultatuttak. Etter at trengsel er beregnet for referanse skrives det ut GK, antall turer og trengsel for alle relasjoner, timer og linjer i egne ark i Makroarket. Disse sammenlignes med tilsvarende størrelser etter system-likevekt. På bakgrunn av dette regnes det ut resultater i form av belegg over alle snitt, trafikantnytte, trengsel, billettinntekter og liknende, før og etter tiltak for alle linjer. Dette skrives ut til en resultatrapport som ligger i samme mappe som resten av scenariofilene.

## 5 Veien videre

I dette kapittelet presenterer vi svakheter med modellen, samt mulige forbedringer og utvidelser.

### 5.1 Forslag til videreutvikling av modellen

Ettersom modellversjon 1.17 i stor grad er basert på samme grunnleggende metodikk som Trenklin 1.8, vil en rekke av forslagene til videre arbeid som ble diskutert i TØI-rapport 1283/2013 også gjelde her. Dette er blant annet utvikling av modellen til å ta hensyn til faktorer som påvirker etterspørselen etter togreiser, men som er utenfor Jernbaneverkets kontroll. I rapport 1283/2013 har vi diskutert endret arealbruk, estetiske faktorer og myke etterspørselsdrivere. Vi henviser til rapporten for en nærmere beskrivelse av disse forslagene.

#### Dynamisk prising

Trenklin 1.17 inkluderer monetære kostnader i form av billett-kostnader fra NSB. Disse kostnadene er ikke implementert automatisk, men beregnes manuelt utenfor modellen i form av utarbeiding av takstmatriser. Matrisene inkluderes i modellen som en del av forutsetningene, og påvirker etterspørselen etter togreiser via de generaliserte reisekostnadene.

Under beregninger i forbindelse med analyse av små jernbanemarkeder ble NSBs prismatriser per kilometer benyttet som utgangspunkt for beregning av billettprisene mellom stasjonene på strekningene. Det ble forventet at prismatrisen tilsendt fra NSB ville gi like billettpriser som de faktiske billettene, men en kvalitetssjekk mot NSBs billettpriser, via NSB.no, viste derimot at det for noen strekninger ikke var samsvar mellom beregningene basert på prismatriser og oppgitte billettpriser på NSB.no. Dette gjelder særlig korte strekninger, hvor billettprisene var lavere enn gitt ved hjelp av prismatrisen. I tillegg er ikke prismatrisen gyldig for strekninger i Sverige (utlandet). Av den grunn ble det benyttet ulike metoder for fastsetting av billettprisen på strekningen. Der NSBs prismatriser ikke stemte med faktiske priser, ble faktiske priser benyttet. Uthenting av faktiske priser viste seg å være tidkrevende.

Ulikhetene mellom NSBs prismatrise og oppgitte billettpriser kan skyldes inkonsistens i beregnet antall kilometer mellom stasjonene, at fylkeskommunale takster benyttes eller at det er innført kompensasjonsordninger og utstrakt bruk av rabatter for noen strekninger. Problemet med ulikhetene er at man får billettmatriser som stammer fra ulike kilder, samt at det er en omfattende oppgave å beregne matrisene. Man kan også stille spørsmål ved om dette er hensiktsmessig å gjøre dette utenfor modellen. Vi foreslår derfor å legge inn muligheten for dynamisk prising i modellen, slik at man får konsistente beregninger av billett-kostnader, samt muligheten for å endre prisnivå mellom reisende. Det siste for at mange lokalreisende vil benytte seg av flerreisebilletter, noe som reduserer prisens andel av de generaliserte kostnadene ytterligere.

## **Finne og modellere etterspørselastisiteter for avgangsfrekvensendringer i ulike frekvensområder**

Dagens tilnærming av etterspørselastisiteter for avgangsfrekvensendringer i modellen er antagelig for grov. Dette kan korrigeres for ved å finne og modellere etterspørselseffekter av frekvensendringer på ulike frekvensområder, noe man bør kunne gjøre med utgangspunkt i trafikkteilingene fra 2012 og 2013, samt rutetabellendringene som skjedde i mellomtiden. Eventuelt kan en benytte NTM6- og RTM-beregningene for å gjøre dette. Poenget er at ruteendringene som ble gjort i forbindelse med ruteplan 2012 kan brukes til å gi bedre estimater på etterspørselastisiteten av frekvensendring, enn de estimatene som blir brukt i modellen. For så vidt kan disse også brukes som korrektiv for eksisterende NTM6-beregnete elastisiteter.

Et poeng som kom fram i bl.a Fearnley mfl (2012), er at mange av estimatene som blir benyttet brukes ut over det området hvor en har god dokumentasjon på at elastisitetene treffer bra, og at det er rimelig å anta at «rett» etterspørselastisitet av frekvensendring vil variere med utgangsfrekvens på tilbudet. Utfordringen er at datamaterialet for å skrive noe bastant om frekvensfølsomhet for lavfrekvente togtilbud er svært dårlig. Samtidig er tilgjengelig datamateriale, i form av faktiske ruteendringer og takstendringer, hos NSB foreliggende. Dette kan gi grunnlag for langt mer presise estimat.

### **Intermodal konkurranse**

En tredje utvidelse av modellen kan være å legge til intermodal konkurranse. På samtlige strekninger der det går tog, eksisterer minst et alternativt transportmiddel, f.eks bil, buss eller fly. Dersom et eller flere av disse alternativene forbedres vil det forventes å påvirke etterspørselen etter togreiser. Denne effekten er utelatt fra Trenklin og kan medføre at man feilvurderer etterspørselseffekten av utbedringer på en strekning. Betydningen av intermodal konkurranse gjelder både tidskostnader og monetære kostnader. Bel (1996) undersøker sammenhengen mellom etterspørsel etter jernbane og endring i tidsbruk med buss for interurbane reiser i Spania, og finner at en økning i reisetiden for buss har en signifikant positiv effekt på etterspørselen etter mellomlange dagreiser (mellom 100 og 400 km) med tog. Dette ser ut til å være uavhengig av de monetære kostnadene, som også har en kryseffekt som tilsier at dyrere reise med buss øker etterspørselen etter tog.

Rekdal (2006) rapporterer liknende resultater for Norge i sin evaluering av Nasjonal transportmodell for lange reiser (NTM5). Han presenterer en rekke direkte- og krysselastisiteter for reisemidlene bil, tog, buss og fly, deriblant for økning i reisetid og i pris. Av interesse her er krysselastisitet for togreiser når man har en økning i reisetid med bil eller reisekostnader med bil og buss. Krysselastisiteten mellom tog og bil, når reisetiden med bil øker, er gitt lik 0,41, det vil si at man får en økning i etterspørselen etter togreiser når reisetiden med bil øker. Krysselastisiteten mellom bil og tog for økte drivstoffkostnader for bil er beregnet til 0,19. Tilsvarende tall for en økning i billettpriser for bussreiser er lav, kun 0,01. Krysselastisiteten for avgangsfrekvens med fly blir også rapportert, og er beregnet til -0,14 for tog (Rekdal, 2006).

Rapportere tall av Rekdal (2006) viser at det er en reell konkurranse mellom transportmidler når det gjelder reisetid også i Norge. Prisforskjeller ser derimot ut til å spille en mindre rolle, sammenliknet med tid. Dette tyder på at intermodal konkurranse er reelt og kan påvirke etterspørselen etter togreiser. Rapporten

inneholder tall for 1998 og 2001 i tillegg til for 2004, noe som viser at det ikke har vært store endringer i intermodal konkurranse i perioden.

Implementering av intermodal konkurranse kan gjøres ved å ta hensyn til en nærliggende endring, f. eks dobbel pris på CO<sub>2</sub>, og den påvirkningen dette har på jernbanemarkedene fra en RTM/NTM kjøring. Disse tallene kan siden legges inn i Trenklin, og bidra til at Trenklin kan benyttes i mer strategiske beslutninger. Et annet alternativ er å inkludere matriser med informasjon om eksisterende eller planlagte forbedringer for konkurrerende transportmidler på en strekning.

En svakhet med å videreutvikle modellen til å ta hensyn til intermodal konkurranse er at modellen blir mer komplisert, og man kan stå i fare for å miste noe av enkeltheten ved modellen. Nyten må veies opp mot kostnadene.

### Heterogene togreiser

Trenklin versjon 1.17 behandler alle typer reiser likt. Dette innebærer at det ligger samme forutsetninger til grunn for mellomlange og lange reiser, samt for dag- og nattog. Det er lite datamaterialet som underbygger at dette er homogene reiser. Bel (1996) finner derimot at passasjerer på de ulike togreisene responderer ulikt på reisetid og mulighet for å fly. Mellomlange togreiser er mest sensitive overfor reisetid, både for eget transportmiddel (tog) og for buss, enn lange togreiser. Etterspørselen etter lange togreiser (natt og dag) er derimot mer sensitiv overfor (forbedret) flytilbud. Når det gjelder nattog isolert finner Bel (1996) at reisende generelt er mindre sensitive for reisetiden for både tog og buss, samt om det har vært en forbedring i flytilbudet.

Resultatet tyder på at ulike forklaringsvariabler kan ha ulik effekt på etterspørselen etter togreiser, avhengig av hvilken type reise det er snakk om. Vi foreslår derfor å skille mellom ulike typer togreiser, for eksempel ved å bruke ulike elastisiteter for ulike typer reiser, da dette kan gi bedre treff og følgelig bedre estimat av framtidig etterspørsel etter togreiser. Dette gjelder særlig for mindre jernbanemarkeder, «langpendlingsområder» og nattog.

## 5.2 Evaluering av modellen

Transportøkonomisk institutt har brukt den forenklete versjonen av Trenklin, Trenklin\_dogn, til å predikere framtidig etterspørsel etter togreiser på mindre jernbanemarkeder i Norge. I løpet av arbeidet har det dukket opp noen utfordringer og svake momenter ved modellen, som vi mener er relevant også for Trenklin 1.17. Dette har i stor grad blitt løst via korrespondanse med Jernbaneverket, men vi har likevel valgt å inkludere et avsnitt om hvordan modellen fungerer i praksis, samt forslag til enkle grep som kan gjøre modellsystemet mer brukervennlig.

I den forenklete versjonen Trenklin\_dogn er trenghet og timefordeling utelatt. Ettersom strekningene skulle analyseres hver for seg, har vi også utelatt muligheten for analyse av helhetlige markeder, og analysert hver enkelt linje som et marked. Dette ser ikke ut til å være en optimal løsning. Årsaken er at turmatrisene fra NSB trolig inneholder informasjon om antall reisende per stasjon, ikke per linje, samt at det også for mindre jernbanemarkeder viser det seg å være tilfeller der noen stasjoner trafikkeres av flere linjer. Når slike knutepunkt ignoreres fordeles alle reisende på knutepunktstasjonen til den aktuelle linjen, og man får et større passasjergrunnlag enn hva som faktisk er tilfellet. Det ser med andre ord ut til at man bør holde seg til

helhetlige analyser i Trenklin, særlig dersom man bruker NSBs turmatriser som input. Ulempen med helhetlige analyser er at det øker modellens kompleksitet og beregningstid.

Modellen ser ut til å være bedre egnet til å analysere områder, for eksempel Osloområdet, området rundt Trondheim, Gardermoen etc, framfor markeder i form av spesifikke toglinjer, som for eksempel Østfoldbanen, Meråkerbanen eller Gardermobanen.

### **Ventetid**

Ventetiden i Trenklin er satt til halvparten av headway, tidsavstanden mellom avgangene. Disse verdiene fungerer godt for strekningene Trenklin opprinnelig ble utviklet for å dekke, det vil si der det er relativt høyfrekvente tilbud. For markeder med lavfrekvente tilbud vil ventetiden og ventetidsvektene som gitt i Trenklin kunne gi skjeve estimat.

Tolkningen av ventetidsulempen er et samlet uttrykk for ulempen knyttet til at man er begrenset til å planlegge reisen til gitte avganger eller at man har ulempe av å miste en avgang. I NTM6 beregnes flere verdier for ventetidsulempen. Her ligger det en kvadratisk funksjon i bunn, slik at ulempen av ett ekstra minutt faller etter hvert som ventetiden øker. I en situasjon med to avganger per døgn, gir NTM6 en vektet ulempe som tilsvarer ulempen av en ventetid på 13,5 minutter. I samme situasjon gir Trenklin en vektet ulempe på 120 minutter. Denne differansen er betydelig. Dersom Trenklin skal benyttes på lavfrekvente markeder, bør det legges inn vekter for ventetider over 30 minutter (per i dag vektet ventetid utover 30 minutter med 0,5) eller andre justeringer som tar hensyn til lange ventetider.

### **Passasjerkilometer**

Endringen i antall passasjerkilometer oppgis som et resultat i form av antall passasjerkilometer i referansesituasjon og beregningssituasjon. For analyser som er gjort av mindre jernbanemarkeder ligger det en forutsetning til grunn om at det er 1 km mellom stasjoner på strekningen. Av den grunn er det nærliggende at økningen i antall passasjerkilometer skal være minst like stor som økningen i antall passasjerer. For en rekke markeder finner vi derimot ingen endring eller en reduksjon i antall passasjerkilometer, til tross for at vi har en økning i antall passasjerer som følge av befolkningsvekst.

Ved nærmere undersøkelser finner vi følgende:

1. I Trenklin regnebok endrer antall passasjerkilometer i referansesituasjonen seg med beregningsår. Dette skyldes at totalmatrisene for reisende på arbeids-, fritids- og forretningsreise i referansesituasjon er koblet til totalmatrisen for beregningsår, ikke totalmatrisen for referanseåret 2012. Dermed vil antall passasjerkilometer i referansesituasjonen avhenge av totalmatrisene for beregningsåret, og vi vil, i tilfeller hvor alt annet enn er likt, få like endringer i antall passasjerkilometer for beregningsår 2027 og 2040.
2. Noen av totalmatrisene inneholder informasjon om «stasjonsinterne» turer, det vil si at det er registrert reisende som reiser til og fra samme stasjon. Disse turene inkluderes i totalmatrisene som input, og dermed i referansesituasjon, men blir ikke med i beregningen av framtidige totalmatriser, da generaliserte kostnader er satt lik null for soneinterne turer. Når referansesituasjon og beregningssituasjon i tillegg er like for antall passasjerkilometer (jmf. pkt. 1), og vi ikke har øvrige endringer, vil utelatelse av interne reiser medføre en

reduksjon i antall passasjerkilometer fra referanseår til beregningsår. Dette kan være en forklaringsfaktor for hvorfor vi for noen strekninger finner reduksjonen i antall passasjerkilometer, til tross for at antall passasjerer øker på strekningen.

Vi anbefaler at man gjennomgår framstillingen av passasjerkilometer. Hvis formelen for beregning av passasjerkilometer er riktig, kan man endre framstillingen i resultatarket eller gi føringer på hvordan totalmatrisene skal bearbeides for å ta høyde for soneinterne turer.

### **Endringer**

For øvrig har vi gjort følgende endringer med modellen før analysene:

1. TM – matrisen ble også programmert automatisk inn i «Trenklin\_dogn». All nødvendig input inkluderes dermed automatisk i modellen, og det er ikke behov for manuelle overføringer av matriser for å gjøre beregninger med Trenklin versjon 1.17. Dette var nødvendig i Trenklin 1.8.
2. Kildene for beregningen av R1 og R2 (referansesituasjon) ble endret fra TM til TM\_ref. I utgangspunktet var det ingen endring mellom R1 og R2 i referanse og tiltakssituasjon.

## 6 Oppsummering

Trenklin versjon 1.17 er en videreutvikling av Trenklin modellsystem, deriblant Trenklin versjon 1.8, dokumentert i Aarhaug m.fl (2013). Endringene har grovt sett fulgt fire hovedspor. Dette er endringer i programflyten i form av større grad av automatisering av modellen, muligheten til en helhetlig analyse av flere linjer i et marked, inndeling i timer eller døgn framfor tidsperioder og innføringen av døgnfordeling av reisehensikt og setekapasitet på toget, med mål om å forbedre trengselsberegningene.

Endringene gir en modell som egner seg godt til analyse av store jernbanemarkeder, det vil si markeder der det er høy frekvens, tilfeller av trengsel på toget og flere linjer som betjener visse deler av markedet, f eks Østlandsområdet. For mindre jernbanestrekninger finner vi at modellen har flere svakheter, særlig for implementering av frekvens og ventetid, og man kan si at modellen er mindre egnet for slike beregninger, sammenliknet med store jernbanemarked.

Modellen kan fortsatt videreutvikles. En særlig svakhet er at man ignorerer andre konkurrerende transportmidler og etterspørselsendrende faktorer utenfor modellen/Jernbaneverkets kontroll. I tillegg kan modellbruken forenkles og forbedres ved blant annet å innføre dynamiske priser i modellen, oppdatere etterspørselastisiteter av avgangsfrekvenser samt ta hensyn til at togreiser er en heterogen gruppe. Nyttan av nevnte forslag til videreutvikling må sees opp mot kostnaden, og man bør evaluere hvor det er hensiktsmessig å benytte Trenklin og hvor det er hensiktsmessig å bruke det vanlige modellapparatet.



# Referanser

Bel, G. (1996).

Changes in travel time across modes and its impact on the demand for inter-urban rail travel. Elsevier Science Ltd

Caspersen, E. & Aarhaug, J. (2014).

Etterspørselspotensial i små jernbanemarkeder. TØI-rapport 1332/2014.

Ranheim, P. (2013).

Fordeling av turmatriser over døgnet. Jernbaneverket

Ranheim, P. (2014).

Trenklin versjon 1.17. Jernbaneverket

Rekdal, J. (2006).

Evaluering av Nasjonal transportmodell for lange reiser (NTM5). Del 4. Beregning av elastisiteter.

Aarhaug m.fl. (2013).

Dokumentasjonsrapport: Inkrementell etterspørsel. TØI-rapport 1283/2013.

## Vedlegg 1 - Bygrensetellinger Østlandet

I forbindelse med analyser av jernbanemarkeder på Østlandet, utført av Jernbaneverket, har man benyttet bygrensetellinger for å fordele trafikk over timer. Påfølgende vedlegg er i stor grad hentet fra beskrivelsen skrevet av Ranheim, 2013.

Bygrensetellingene for Østlandet gir en detaljert timefordeling av togtrafikken på bygrensesnittet for følgende fire banestrekninger:

- Vestfra: Drammensbanen
- Nordfra: Gjøvikbanen
- Østfra: Hovedbanen
- Sørfra: Østfoldbanen

Tellingen som er benyttet er fra 2010, ettersom det ble klart at tellingen for 2012 inneholder i hvert fall én feil. Bygrensetellingen for 2010 er gjengitt nedenfor:

<b>Til Oslo</b>								
<b>Fra time</b>	<b>Til time</b>	<b>Drammen- banen</b>	<b>Gjøvik- banen</b>	<b>Hoved- banen</b>	<b>Østfold- banen</b>	<b>Sum</b>	<b>Andel</b>	
00:00	00:59	23	0	23	10	56	0 %	
01:00	01:59	0	0	0	0	0	0 %	
02:00	02:59	0	0	0	0	0	0 %	
03:00	03:59	0	0	0	0	0	0 %	
04:00	04:59	0	0	0	0	0	0 %	
05:00	05:59	152	10	40	166	368	1 %	
06:00	06:59	806	269	1 303	1 344	3 722	9 %	
<b>07:00</b>	<b>07:59</b>	<b>2 467</b>	<b>663</b>	<b>2 352</b>	<b>3 665</b>	<b>9 147</b>	<b>22 %</b>	
08:00	08:59	2 226	352	1 627	2 319	6 524	16 %	
09:00	09:59	880	138	615	678	2 311	6 %	
10:00	10:59	358	29	515	456	1 358	3 %	
11:00	11:59	444	64	351	398	1 257	3 %	
12:00	12:59	383	23	308	445	1 159	3 %	
13:00	13:59	493	35	322	393	1 243	3 %	
14:00	14:59	784	28	407	398	1 617	4 %	
15:00	15:59	1 816	49	669	487	3 021	7 %	
16:00	16:59	1 657	9	592	546	2 804	7 %	
17:00	17:59	778	63	457	400	1 698	4 %	
18:00	18:59	853	18	288	185	1 344	3 %	
19:00	19:59	453	23	224	162	862	2 %	
20:00	20:59	334	6	301	145	786	2 %	
21:00	21:59	457	21	123	207	808	2 %	
22:00	22:59	270	3	189	74	536	1 %	
23:00	23:59	114	10	57	32	213	1 %	
<b>Totalt</b>		<b>15 748</b>	<b>1 813</b>	<b>10 763</b>	<b>12 510</b>	<b>40 834</b>	<b>100 %</b>	

Figur V1: Bygrensetellinger til Oslo, 2010. Kilde: Ranheim (2013)

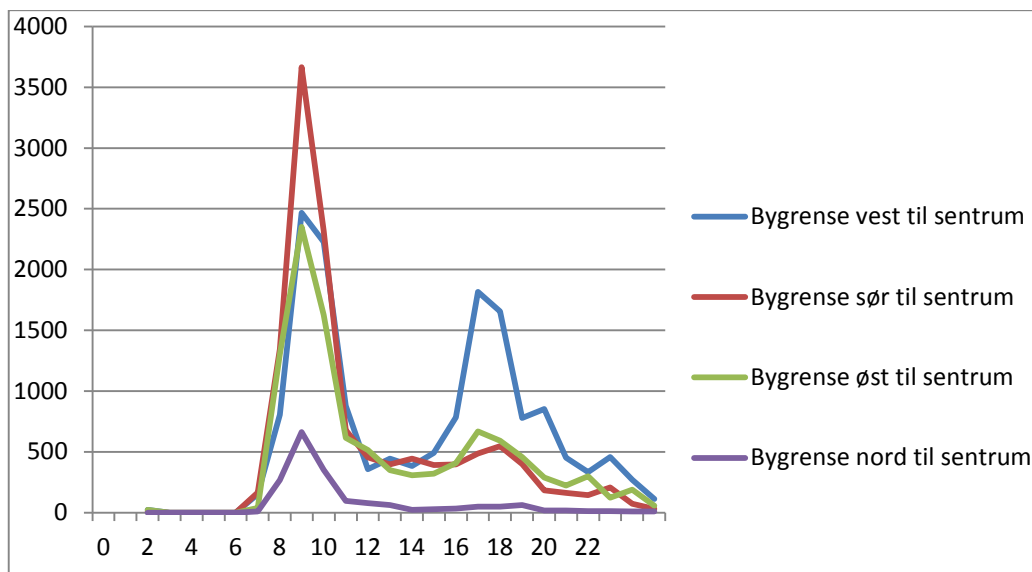
**Fra Oslo**

<b>Fra time</b>	<b>Til time</b>	<b>Drammen-banen</b>	<b>Gjøvik-banen</b>	<b>Hoved-banen</b>	<b>Østfold-banen</b>	<b>Sum</b>	<b>Andel</b>
00:00	00:59	45	13	118	79	255	1 %
01:00	01:59	14	0	12	6	32	0 %
02:00	02:59	0	0	0	0	0	0 %
03:00	03:59	0	0	0	0	0	0 %
04:00	04:59	0	0	0	0	0	0 %
05:00	05:59	14	0	18	10	42	0 %
06:00	06:59	391	1	204	121	717	2 %
07:00	07:59	1 668	50	586	595	2 899	7 %
08:00	08:59	1 838	11	967	421	3 237	8 %
09:00	09:59	762	34	477	167	1 440	3 %
10:00	10:59	520	16	267	159	962	2 %
11:00	11:59	430	31	323	156	940	2 %
12:00	12:59	319	12	381	314	1 026	2 %
13:00	13:59	379	58	447	427	1 311	3 %
14:00	14:59	617	65	910	656	2 248	5 %
15:00	15:59	1 643	332	1 671	2 307	5 953	14 %
<b>16:00</b>	<b>16:59</b>	<b>2 289</b>	<b>600</b>	<b>2 708</b>	<b>3 269</b>	<b>8 866</b>	<b>21 %</b>
17:00	17:59	1 355	286	1 162	1 578	4 381	10 %
18:00	18:59	645	96	715	805	2 261	5 %
19:00	19:59	431	83	505	567	1 586	4 %
20:00	20:59	449	72	430	427	1 378	3 %
21:00	21:59	335	50	285	242	912	2 %
22:00	22:59	350	15	294	249	908	2 %
23:00	23:59	363	28	216	140	747	2 %
<b>Totalt</b>		<b>14 857</b>	<b>1 853</b>	<b>12 696</b>	<b>12 695</b>	<b>42 101</b>	<b>100 %</b>

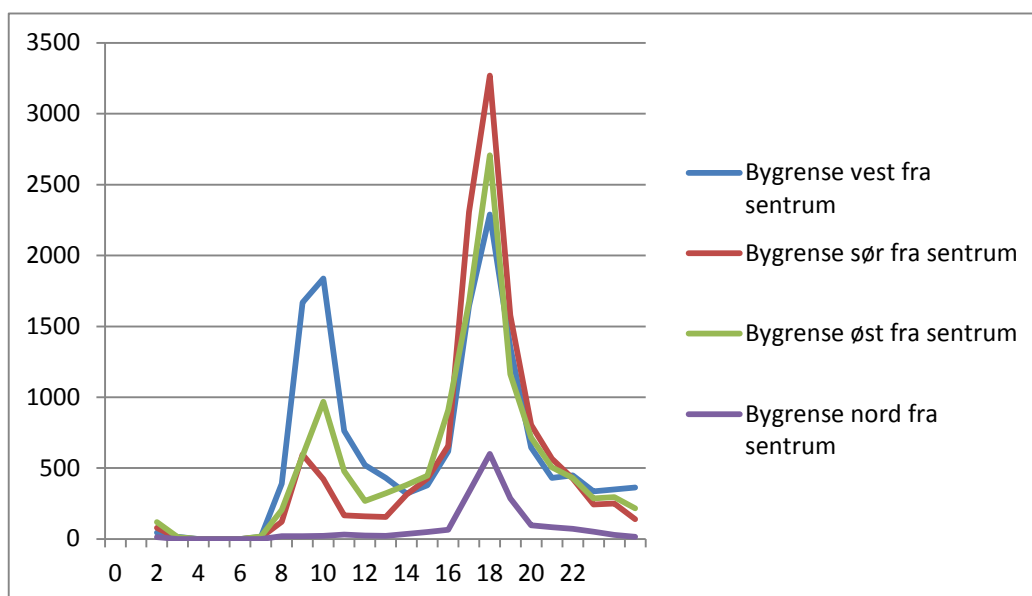
Figur V2: Bygrensetellinger fra Oslo, 2010. Kilde: Ranheim (2013)

Fra figur V1 ser vi tydelig at trafikken inn til Oslo er størst mellom 7 og 8, og at det ser ut til å være rushtid mellom 6-9. Figur V2 viser at det for trafikk ut av Oslo ser ut til å være flest passasjerer på toget mellom 16 og 17, men med en rushtid fra 15-18.

Jernbanenettet deles inn i seks soner. Nord, Øst, Sør, Vest, Ytre Vest og Sentrum. Vestkorridoren får altså en særbehandling i forhold til de øvrige korridorene. Dette skyldes at Jernbanestasjonene vest for Oslo har et reisemønster som avviker fra de øvrige stasjonene utenfor Oslo. Dette ser man også av bygrensetellingen, tellingen for vest er betydelig mindre ubalansert i forhold til volum i morgen og ettermiddagsrush enn de øvrige tellesnittene. Dette ser man også av figurene under.



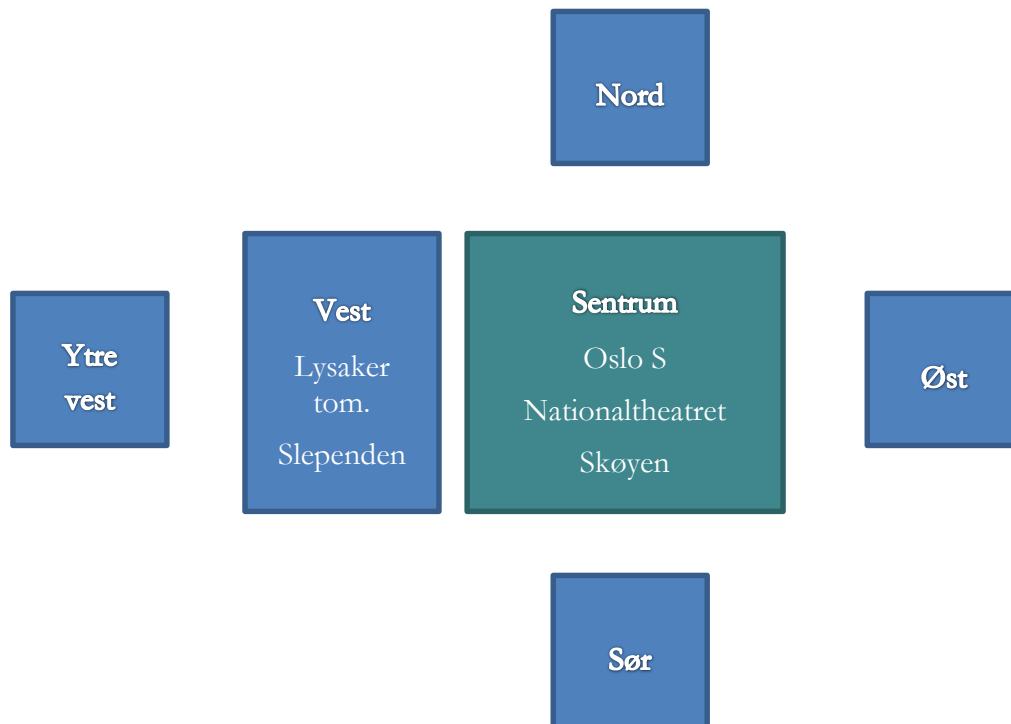
Figur V3: Illustrasjon av bygrensetellinger inn til Oslo, 2010. Kilde: Ranheim (2013)



Figur V4: Illustrasjon av bygrensetellinger ut av Oslo, 2010. Kilde: Ranheim (2013)

De øvrige korridorene preges av at reisende kommer inn mot sentrum om morgenen og drar tilbake på kvelden. Dette gjelder ikke vestkorridoren. Her er mønsteret mye jevnere. Noe som tyder på at stasjonene vest for Oslo, som Sandvika og Lysaker, også trekker til seg mange fritids- og forretningsreiser.

Under vises den valgte soneinndelingen (seks soner):



Figur V5: Soneinndeling for jernbanenettet på Østlandet. Kilde: Ranheim (2013)

Disse 6 sonene gir 36 relasjoner hvis timefordeling må fastsettes. Bygrensetellingen gir 11 forskjellige fordelinger å velge i, om vi også regner med gjennomsnitt til Oslo, gjennomsnitt fra Oslo og gjennomsnitt begge veier:

<b>Gjennomsnitt begge retninger</b>	GjB
Gjennomsnitt fra Sentrum	GjF
Gjennomsnitt til sentrum	GjT
Bygrense vest fra sentrum	BvF
Bygrense vest til sentrum	BvT
Bygrense sør fra sentrum	BsF
Bygrense sør til sentrum	BsT
Bygrense øst fra sentrum	BøF
Bygrense øst til sentrum	BøT
Bygrense nord fra sentrum	BnF
Bygrense nord til sentrum	BnT

Figur V6: Mulige fordelinger for trafikk på Østlandet. Kilde: Ranheim (2013)

Matrisen under, i kombinasjon med tabellen, viser hvilken fordeling som er valgt. Fra stasjon er bortover, mens til-stasjon er nedover på aksene.

Sone	Ytre vest	Vest	Sentrum	Nord	Øst	Sør
Ytre vest	GjB	vGjF	vGjF	GjB	GjB	GjB
Vest	vGjT	GjB	BvF	BnT	BøT	BsT
Sentrum	vGjT	BvT	GjB	BnT	BøT	BsT
Nord	GjB	BnF	BnF	GjB	GjB	GjB
Øst	GjB	BøF	BøF	GjB	GjB	GjB
Sør	GjB	BsF	BsF	GjB	GjB	GjB

Figur V7: Matrise over fordelinger av trafikk på Østlandet. Kilde: Ranheim (2013)

Først og fremst er det antatt at alle soneinterne turer går med gjennomsnittlig fordeling over døgnet. Det samme er antatt om turer som går mellom de tre ytre sonene nord, sør, øst og ytre vest. Turer mellom de tre ytre sonene nord, øst og sør til sentrum eller vest gis den respektive bygrensetelling for riktig retning. Fordelingen mellom vest og sentrum gis bygrensetelling vest. Turer mellom ytre vest til vest eller sentrum gis en spesiell fordeling som er vektet mellom bygrense vest og gjennomsnitt for turer inn mot Oslo. Vektingen er den som etter implementering av metoden gir best samsvar for fordelingen på timer over bygrensene med dagens trafikk.

Merk at soneinndelingen her ikke er konsistent med bygrensesnittene, dette er bevisst.

Etter dette gir dagens trafikk (uttak fra NSB-matriser for trafikk over bygrensesnittene) følgende fordeling på timen. Med timer bortover og rush merket med rødt.

Bygrensesnitt for 2012trafikken med fordelingsmetode																								
Til sentrum																								
Bygrense Vest	0%	0%	0%	0%	0%	1%	6%	16%	13%	5%	3%	3%	3%	3%	5%	11%	11%	6%	5%	3%	2%	3%	2%	1%
Bygrense Nord	0%	0%	0%	0%	0%	1%	14%	36%	19%	5%	4%	3%	1%	2%	2%	3%	3%	3%	1%	1%	1%	1%	0%	0%
Bygrense Øst	0%	0%	0%	0%	0%	0%	12%	21%	15%	6%	5%	3%	3%	3%	4%	7%	6%	5%	3%	2%	3%	1%	2%	1%
Bygrense Sør	0%	0%	0%	0%	0%	1%	11%	28%	18%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	4%	5%	3%	2%	1%	1%	2%	1%	0%
Fra sentrum																								
Bygrense Vest	0%	0%	0%	0%	0%	0%	4%	12%	12%	5%	3%	3%	2%	3%	4%	11%	15%	9%	4%	3%	3%	2%	2%	2%
Bygrense Nord	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	3%	3%	18%	32%	15%	5%	4%	4%	3%	2%	1%
Bygrense Øst	1%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	5%	8%	4%	2%	3%	3%	3%	7%	13%	21%	9%	6%	4%	3%	2%	2%	2%
Bygrense Sør	1%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	5%	4%	2%	1%	1%	3%	3%	5%	17%	25%	12%	6%	4%	3%	2%	2%	1%

Figur V8: Bygrensesnitt for 2012-trafikken med fordelingsmetode. Basert på bygrensetellinger for 2010. Kilde: Ranheim (2013)



## Transportøkonomisk institutt (TØI)

### Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning

TØI er et anvendt forskningsinstitutt, som mottar basisbevilgning fra Norges forskningsråd og gjennomfører forsknings- og utredningsoppdrag for næringsliv og offentlige etater. TØI ble opprettet i 1964 og er organisert som uavhengig stiftelse.

TØI utvikler og formidler kunnskap om samferdsel med vitenskapelig kvalitet og praktisk anvendelse. Instituttet har et tverrfaglig miljø med rundt 70 høyt spesialiserte forskere.

Instituttet utgir tidsskriftet Samferdsel med 10 nummer i året og driver også forskningsformidling gjennom TØI-rapporter, artikler i vitenskapelige tidsskrifter, samt innlegg og intervjuer i media. TØI-rapportene er gratis tilgjengelige på instituttets hjemmeside [www.toi.no](http://www.toi.no).

TØI er partner i CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, lokalisert i Forskningsparken nær Universitetet i Oslo (se [www.ciens.no](http://www.ciens.no)). Instituttet deltar aktivt i internasjonalt forsknings-samarbeid, med særlig vekt på EUs rammeprogrammer.

TØI dekker alle transportmidler og temaområder innen samferdsel, inkludert trafiksikkerhet, kollektivtransport, klima og miljø, reiseliv, reisevaner og reiseetterspørsel, arealplanlegging, offentlige beslutningsprosesser, næringslivets transport og generell transportøkonomi.

Transportøkonomisk institutt krever opphavsrett til egne arbeider og legger vekt på å opptre uavhengig av oppdragsgiverne i alle faglige analyser og vurderinger.

#### Besøks- og postadresse:

Transportøkonomisk institutt  
Gautstadalléen 21  
NO-0349 Oslo

22 57 38 00  
[toi@toi.no](mailto:toi@toi.no)  
[www.toi.no](http://www.toi.no)