

Dynamisk styring av maksimal tillat strøm for tog

Bjørn Ivar Olsen

Master i veg og jernbane

Innlevert: mai 2015

Hovedveileder: Hans Kristian Høidalen, ELKRAFT

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for elkraftteknikk

Bjørn Ivar Olsen

Dynamisk styring av maksimal tillatt strøm (I_{maks}) for tog

Hvordan håndtere kun en strøm verdi i Registry of Infrastructure (RINF)

Masteroppgave i Jernbaneteknikk Elektro

Oslo, mai 2015

Hovedveileder: Hans Kristian Høidalen

Norges Tekniske og Naturvitenskaplige Universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi
Institutt for bygg, anlegg og transport

Forord

Hensikten med denne oppgaven «Dynamisk styring av maksimal tillatt strøm I_{maks} for tog» er å kartlegge hvilken maksimal strøm verdi lokomotiver eller motorvognsett Jernbaneverket skal legge til grunn når de melder inn til RINF (infrastruktur registret) i EU (europiske union).

EU har i forbindelse med samtrafikk direktivet bestemt at alle medlemsland i EU inkludert EØS (Det europeiske økonomiske samarbeidsområde) skal ha samtrafikk på jernbaneinfrastruktur. Dette fordrer da at alle medlemsland skal følge felles krav stilt i TSI (teknisk spesifikasjon for samtrafikk evne) for utvalgte deler av infrastrukturen. Disse utvalgte delene av infrastrukturen er, OPE – Drift og trafikkstyring, INF - Infrastruktur, ENE – Energi, PRM – Personer med redusert mobilitet, LOC&PAS – Rullende materiell (lokomotiver og passasjervogner), WAG – Rullende materiell (godsvogner), SRT – Sikkerhet i jernbanetunneler, CCS – Styring, kontroll og signal, NOI – Rullende materiell (Støy), TAP – Telematikkapplikasjoner for persontrafikk, TAF – Telematikkprogrammer for godstrafikk. For å kunne kjøre tog uhindret i hele EU er det besluttet å samle viktige data vedrørende infrastrukturen i de forskjellige medlemsland i et eget register RINF som skal forvaltes av ERA (europiske jernbane tilsyn). I dag ligger opplysninger om maksimal tillatt strøm I_{maks} i publikasjonen «Network Statement» og lister opp forskjellige verdier ut i fra jernbaneinfrastrukturens oppbygging på forskjellige strekninger. Det vil si at hvilken maksimal tillatt strøm som tilbys avhenger av banestrømforsyningens oppbygging og hvilken type distribusjonsnett (kontaktledningsanlegg) som er tilgjengelig i infrastrukturens delstrekninger.

ENE TSI stiller krav til minste lovlige strøm verdi som kan tilbys av et medlemsland. Det skal kun innmeldes en verdi for maksimal tillatt strøm I_{maks} for hvert medlemsland. Jernbaneverket ved Teknologi Elkraft ønsker da i denne sammenhengen å finne ut om det er riktig av Norge å tilby denne minimumsløsningen eller skal vi levere en verdi som baserer seg på framtidsrettet strømforsyningsanlegg og framtidsrettet trafikkbehov?

Vil rette en takk til mine veiledere for inspirasjon og hjelp til denne oppgaven, faglige veiledere fra NTNU har vært:

Hans Kristian Høidalen og Trond Toftevaag

Lokal veileder i Jernbaneverket har vært:

Steinar Danielsen

Oslo, mai 2015

Bjørn Ivar Olsen

Summary

Object, issue

The object of this thesis is to evaluate and establish the value of maximum train current (I_{\max}) to be sent and registered in the European Union's Registry of Infrastructure (RINF). This registry is to hold information of every member states mandatory parameters stated in the given technical specifications of interoperability administrated by the European Railway Agency (ERA).

Scope and limitations

The scope of this thesis is to decide what value of maximum train current (I_{\max}) Norway should send to be registered in the RINF as a limitation to train operators who wants to traffic the Norwegian rail infrastructure with their own TSI compatible rolling stock.

ERA has stated that only one value is to be registered in the RINF by each member state. Norway's present way of informing these parameters in the infrastructure is via the publication Network Statement. In Network Statement has classified the infrastructure of power supply in three categories C1, C2 and C3. These categories have their own value of maximum train current (I_{\max}) stated to be respectively 900 A, 700 A and 450 A. The technical specification for interoperability relating to the 'energy' subsystem (ENE TSI) states a minimum value regarding maximum train current (clause 4.2.4.1 in COMMISSION REGULATION (EU) No 1301/2014 of 18 November 2014) *'The energy subsystem design shall ensure the ability of the power supply to achieve the specified performance and allow the operation of trains with a power less than 2 MW without power or current limitation.'*

Methods used

Methods used to evaluate the power supply system and the distribution net (overhead contact lines OCL) is, the present train configurations, the present traffic pattern, the future traffic pattern (national transport plan - NTP), existing OCL capacities and future OCL capacities.

The main results

The main results for this thesis is that the value given for maximum train current (I_{\max}) differs quite substantially regarding what 'energy' subsystem to be used. The ampacity value varies between 288 A and 1354 A. With the lowest value in 'energy' subsystem BTRR and a distance of 60 kilometers between substations and with the highest value in 'energy' subsystem ATRR and a distance of 100 kilometers between substations.

Conclusions and recommendations

The main results for this thesis is that the value given for maximum train current (I_{\max}) to the RINF for member state Norway should be 260 A as a result of studies in existing capacities in the 'energy' subsystem used. Norway should and future

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Summary	vi
Innholdsfortegnelse	ix
Figur liste.....	xii
Tabell liste	xiii
Forkortelser	xiv
1. Innledning/Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Problemstilling, målformulering og omfang	1
2 Metoder	3
3 Teoretisk grunnlag, litteraturgjennomgang	4
3.1 Delsystemet Energi (ENE)	4
3.1.1 Banestrømforsyningsanlegg	4
3.1.2 Kontaktledningsanlegg	4
3.2 Kartlegging av togtyper med elektrisk traksjon	5
3.3 Kartlegging av kontaktledningsdesign	6
3.3.1 Sugetransformator med retur i skinner (BTRR – Booster transformer – return rail) 8	
3.3.2 Sugetransformator med returledere (BTRC – Booster transformer – return conductor).....	9
3.3.3 Autotransformator med retur i skinner (ATRR – Auto transformer – return rail)9	
3.4 Nominell spenning og frekvens	10
3.5 Fysiske egenskaper	10
3.6 Litt elkraftteknikk	13
4 Egne undersøkelser/beregninger/observasjoner	16
4.1 Krav stilt i ENE TSI	16

4.2	NTP 2014 – 2023.....	16
4.3	Kapasitet i jernbanenettet	17
4.4	Strømforsyningskapasitet i KL-anlegget	19
4.5	Temperaturbegrensning i KL-anlegget.....	26
5	Resultater.....	32
5.1	Resultater for kapasitet i jernbanenettet	32
5.2	Resultatet for strømforsyningskapasitet i KL-anlegget	32
5.3	Resultater for temperaturbegrensning i KL-anlegget	33
6	Diskusjon.....	35
6.1	Diskusjon, kapasitet i jernbanenettet	35
6.2	Diskusjon, strømforsyningskapasitet i KL-anlegget	35
6.3	Diskusjon, for temperaturbegrensning i KL-anlegget	37
7	Konklusjon og anbefaling	39
7.1	Konklusjon.....	39
7.2	Anbefaling	41
8	Videre arbeid	42
8.1	Muligheter som finnes i framtidig signal og sikringssystem ERTMS/ETCS.	42
9	Referanser.....	43
10	Vedlegg	10-1
	Liste over vedlegg	10-1
10.1	Vedlegg A1 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 00:00-03:00.....	10-2
10.2	Vedlegg A2 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 03:00-06:00.....	10-3
10.3	Vedlegg A3 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 06:00-09:00.....	10-4
10.4	Vedlegg A4 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 09:00-12:00.....	10-5
10.5	Vedlegg A5 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 12:00-15:00.....	10-6
10.6	Vedlegg A6 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 15:00-18:00.....	10-7
10.7	Vedlegg A7 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 18:00-21:00.....	10-8

10.8	Vedlegg A8 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 21:00-24:00.....	10-9
10.9	Vedlegg B1 – Strømføringskapasitet BTRR 40 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}	10-10
10.10	Vedlegg B2 – Strømføringskapasitet BTRR 60 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}	10-11
10.11	Vedlegg B3 – Strømføringskapasitet BTRC 40 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}	10-12
10.12	Vedlegg B4 – Strømføringskapasitet BTRC 60 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}	10-13
10.13	Vedlegg B5 – Strømføringskapasitet ATRR 100 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}	10-14
10.14	Vedlegg B6 – Strømføringskapasitet ATRR 120 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}	10-15

Figur liste

Figur 1.1 Maksimal togstrøm I_{maks} (jernbane.net and Olsen, 2015).....	2
Figur 3.1 Delsystemet energi i henhold til ENE TSI CR (ERA, 2011)	4
Figur 3.2 Typisk spennlengde for KL, med linereferanser	8
Figur 3.3 Enfasebelastet generator G med ledningenes resistans og reaktans (Franzén and Lundgren, 2002, p. 186, Östlund, 2012)	13
Figur 3.4 Viserdiagram (Franzén and Lundgren, 2002, p. 187).....	14
Figur 4.1 Investeringer i jernbanenettet og utvikling av togtilbudet på IC-strekningene (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013, p. 63).....	18
Figur 4.2 KL-system BTRR med 40 km avstand mellom matestasjoner.....	24
Figur 4.3 KL-system BTRR med 60 km avstand mellom matestasjoner.....	25
Figur 4.4 KL-system ATRR med 120 km avstand mellom matestasjoner	26

Tabell liste

Tabell 3.1 Oversikt motorvognsett (Persontrafikk), (Jernbane.net, 2015).....	6
Tabell 3.2 Oversikt lokomotiv (Godstrafikk), (Jernbane.net, 2015).....	6
Tabell 3.3 Oversikt, JBV's eksisterende KL-design (JBV, 2015f, JBV, 2015o, Sture, 1991)....	7
Tabell 3.4 KL-systemenes nominelle spenning og frekvens.....	10
Tabell 3.5 De forskjellige ledernes fysiske egenskaper	11
Tabell 3.6 Metallerens egenskaper.....	12
Tabell 4.1 Typiske verdier for impedans i KL-anlegg	20
Tabell 4.2 Tilgjengelig I_{maks} ved forskjellig KL-anlegg og varierende faseforskyvningsvinkel $\cos \varphi$	23
Tabell 4.3 Nødvendig I_{maks} gitt av ENE TSI krav i punkt 4.2.4.1	23
Tabell 4.4 Strømføringssevne for ledere i KL-anlegget med slutt temperatur 80 °C og 100 °C i lederen	31
Tabell 5.1 Endring i togbevegelser stipulert i NTP, Østfoldbanen vestre linje.....	32
Tabell 7.1 Maksimal og minimal strømføringssevne for BTRR, BTRC og ATRR	40

Forkortelser

Forkortelse	English description	Norsk beskrivelse
ATTR	Auto transformer – return rail	Autotransformator med retur i skinne
AT-system	Auto transformer system	Autotransformator system
Bli	Catenary	Bæreline
BTRC	Booster transformer – return conductor	Sugetransformator med returleder
BTRR	Booster transformer – return rail	Sugetransformator med retur i skinne
BT-system	Booster transformer system	Sugetransformator system
CCS	Command, Control and Signalling	Styring, Kontroll og Signal
ENE	Energy	Energi
ERA	European Railway Agency	Europeiske jernbanetilsyn
ERTMS	European Rail Traffic Management System	
ETCS	European Train Control System	
EU	European Union	Europeiske Union
EØS	The European Economic Area	Det europeiske økonomiske samarbeidsområde
FL	Pass through conductor	Forbigangsledning
Hgtr	Dropper	Hengetråd
INF	Infrastructure	Infrastruktur
JBV	Norwegian National Rail Administration	Jernbaneverket
KL	Overhead contact line	Kontaktledning

Forkortelse	English description	Norsk beskrivelse
Kt	Contact wire	Kontakttråd
LOC&PAS	Rolling Stock Locomotives and Passenger	Rullende materiell Lokomotiver og Passasjertrafikk
ML	Feeding conductor	Mateledning
NL	Negative conductor	Negativleder
NOI	Noise	Støy
NTP	The Norwegian National transport plan	Nasjonal transportplan
OCL	Overhead contact line	kontaktledning
OPE	Operation and traffic management	Drift og trafikkstyring
PL	Positive conductor	Positivleder
PRM	Persons with reduced mobility	Personer med redusert bevegelighet
RINF	Registry of Infrastructure	Infrastruktur register
RL	Return conductor	Returledning
SJT	Norwegian Railway Authority	Statens jernbanetilsyn
SRT	Safety in Railway Tunnels	Sikkerhet i jernbanetunneler
TAF	Telematics applications for freight	Telematikkprogrammer for godstrafikk
TAP	Telematics applications for passenger services	Telematikkapplikasjoner for persontrafikk
TSI	Technical specification for interoperability	Teknisk spesifikasjon for samtrafikk evne
UIC	International Union of Railways	Den internasjonale jernbaneunionen

Forkortelse	English description	Norsk beskrivelse
Utl	Cantilever	Utligger
WAG	Rolling Stock Freight wagons –	Rullende materiell Godsvogner

1. Innledning/Introduksjon

1.1 Bakgrunn

EU har som en del av sin strategi og lovgivning utgitt et direktiv for universell samtrafikk evne for jernbanesystemer. For å sikre universell samtrafikk evne har EU utarbeidet en samling med TSIs for viktige delsystemer innenfor jernbanesystemer. Disse delsystemene er OPE, ENE, INF, PRM, LOC&PAS, WAG, SRT, CCS, NOI, TAP og TAF. I denne forbindelse er det i EU besluttet å innføre et sentralt register RINF forvaltet av ERA hvor all relevant informasjon om jernbanesystemet for hvert enkelt medlemsland lagres. Norge er tilknyttet disse bestemmelser gjennom EØS avtalen. En av de verdiene som skal registreres i RINF er I_{maks} . I dag ligger denne informasjonen for Norges vedkommende i dokumentet Network Statement (JBV, 2015p). Her angis I_{maks} ut i fra banestrekningens klassifisering. Dagens jernbanestrekninger er delt opp i tre klassifiseringer C1, C2 og C3 som har hver sin verdi for I_{maks} , henholdsvis 900 A, 700 A og 450 A. EU har signalisert at RINF bare skal inneholde en verdi for I_{maks} pr. medlemsland. Etter JBV's syn er sannsynligheten for at I_{maks} legges på et lavt nivå stor. Dette for å sikre at nivået er noe som garantert kan leveres togoperatørene. Samtidig sikre at EUs minstekrav gitt i TSI ikke overopppfylles. Angis verdien for I_{maks} for høyt kan dette føre til overoppheting av KL og/eller overbelastning av matestasjoner. JBV ønsker derfor å kartlegge en I_{maks} som sikrer framtidsrettet banestrømforsyning til tog operatører uten å overopphete KL eller overbelaste matestasjonene.

1.2 Problemstilling, målformulering og omfang

Hva er morgendagens behov for I_{maks} ?

Er behovene til I_{maks} forskjellige hvorvidt det er BT-system eller AT-system en betrakter?

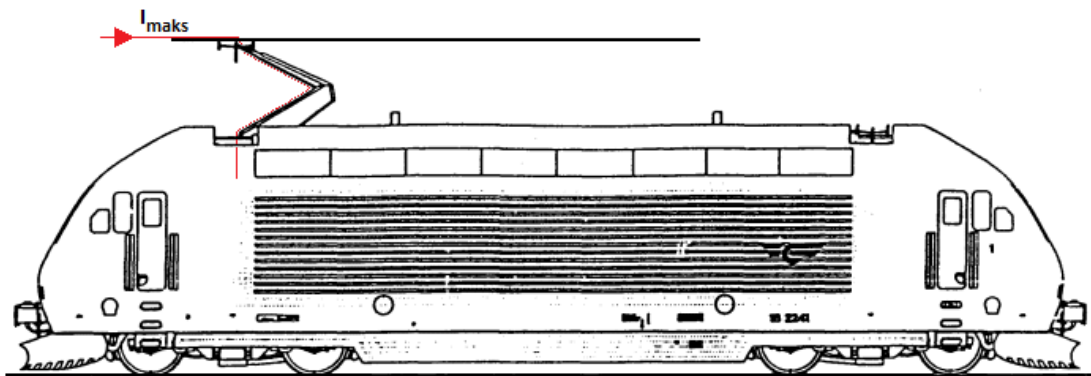
Er dagens grenseverdier for I_{maks} gitt i Network Statement riktige for dagens trafikk?

Kan framtidige systemer for togtrafikk være en faktor i den dynamiske styringen av I_{maks} for tog?

Målet for de ovennevnte problemstillingene er å komme fram til en verdi for I_{maks} som kan meldes til RINF. Denne verdien må bygges på hvilke begrensninger I_{maks} lokomotiver og motorvognsett kan trekke ut fra typer og sammensetningen av disse. Hvilke type KL-anlegg

en har (BT-system eller AT-system) matestasjonens aggregater, tog tetthet (rutetabell), sporets trase (stigning og fall), linjenes hastighetsprofil.

Omfanget blir å kartlegge dagens rutetabeller og sammenligne dette med NTPs (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013) retningslinjer for hvordan rutetilbudet skal utvikles i perioden 2014 – 2023. En kartlegging av dagens togtyper som trafikkerer infrastrukturen. En kartlegging av KL-anleggenes oppbygging. En evaluering av de to hovedtypene KL-systemer, kontaktledning med BT-system og seksjonert kontaktledning med AT-system.



Figur 1.1 Maksimal togstrøm I_{maks} (jernbane.net and Olsen, 2015)

1.3 Leserveiledning

Oppgavene er gruppert med et kapittel Teoretisk grunnlag som forklar de forskjellige typer KL-systemer som er bygget i JBV's infrastruktur. Her er også noen opplysninger om selve infrastrukturens utforming og eksempel på trafikkbevegelser på en utvalgt strekning. Kapitlet Undersøkelser/målinger/observasjoner som inneholdende utregninger for å visualisere infrastrukturens kapasitet, KL-anleggets strømføringsevne gitt byggemetode og anleggenes temperaturbegrensning. Kapitlet Resultater presenterer de resultater jeg er kommet fram til. Kapitlet Diskusjon inneholder analyser av de funn jeg gjort under arbeidet med denne oppgaven. Kapitlet Konklusjoner og anbefalinger er mine vurderinger av hva JBV kan gå videre med. Kapitlet Videre arbeid har belyst noen aspekter vedrørende oppgaven som kan være verd å utvide mulighetsrommet med.

2 Metoder

Metoder jeg har brukt i denne oppgaven er å benytte formler for tap ved overføring av elektrisk energi i kobber, bronse og aluminiums ledere. Jeg har også benyttet formler for å beregne varmeutvikling i ledere når disse overfører elektrisk energi. For å se på kapasiteten til JBVs infrastruktur har jeg måttet innhente data fra JBVs database for infrastrukturen (JBV, 2015a) og JBVs ruteopplegg for togtrafikk (Vedlegg 10.1 – Vedlegg 10.8).

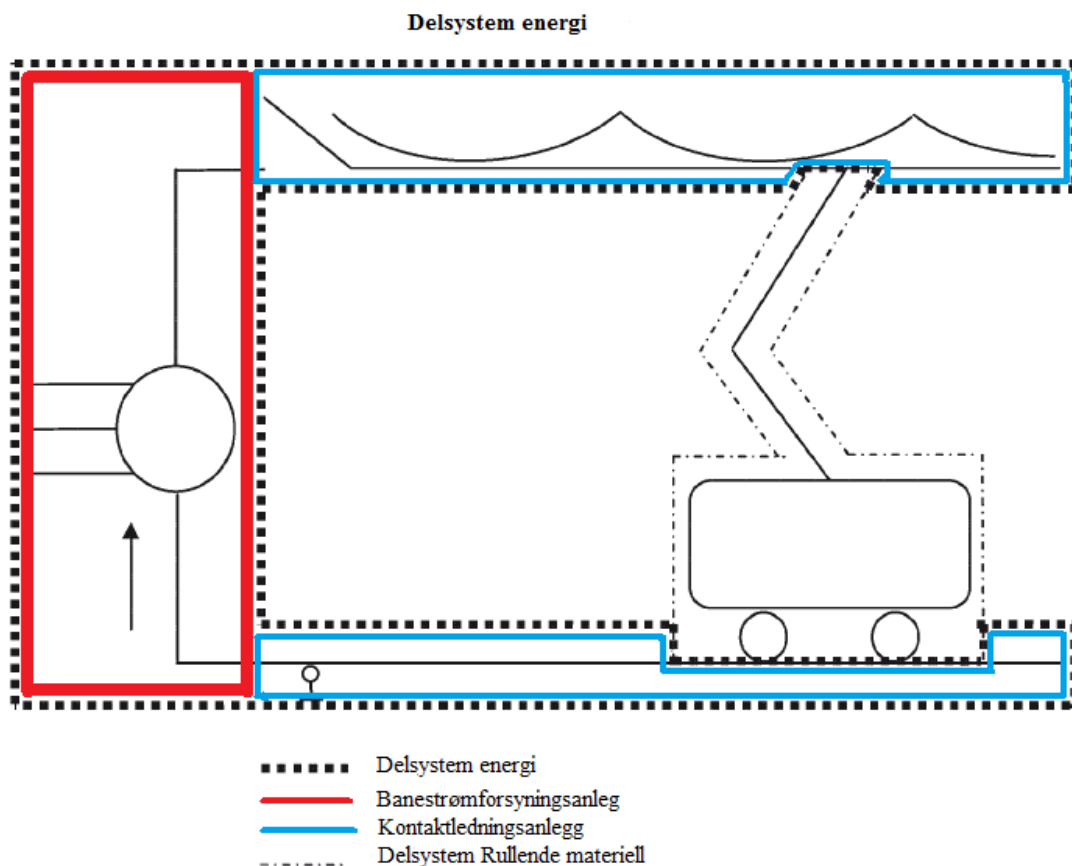
Jeg har valgt å regne ut strømføringssevnen til JBVs KL-anlegg etter de tre systemene som er bygget i infrastrukturen (BTRR, BTRC og ATRR) hver for seg da disse tre systemtypene har forskjellige egenskaper. Svakheter i disse beregningene er at KL-systemenes individuelle impedans er hentet fra teoretiske kilder, ikke fra egne målinger. Ved å utføre målingene selv kan det hende en kunne finne lokale variasjoner som ikke blir belyst i denne oppgaven.

Jeg har valgt å regne ut de forskjellige KL-systemenes strømføringssevne relatert til pålagte temperaturbegrensninger for vektinnspende ledere. Dette for å se om disse temperaturrestriksjonene legger begrensninger i hvilken strømføringssevne KL-systemene har. En svakhet her er at Norge har svært dårlige verdier for solinnstråling, så verdien her er helt avhengig av hva jeg tror er en relevant verdi for solinnstrålingen.

3 Teoretisk grunnlag, litteraturgjennomgang

3.1 Delsystemet Energi (ENE)

Delsystemet ENE definert i ENE TSI (ERA, 2014) består av i hovedsak to typer anlegg, banestrømforsyningsanlegg og KL-anlegg.



Figur 3.1 Delsystemet energi i henhold til ENE TSI CR (ERA, 2011)

3.1.1 Banestrømforsyningsanlegg

Banestrømforsyningsanlegg (JBV, 2015c) består av innmatingslinjer fra overliggende nasjonalt trefaseanlegg, matestasjoner, koblingsanlegg og utmatingslinjer til KL-anlegget. Samt krafttransformatorer for opp og ned transformering i forbindelse med matestasjoner.

3.1.2 Kontaktledningsanlegg

KL-anlegg (JBV, 2015f, JBV, 2015j, Sture, 1993) er i JBV's infrastruktur et 1-fase høyspennings, lavfrekvent distribusjonsnett fra produsent til forbruker. Dette driftes med en spenning på 15 kV og en frekvens på 16,7 Hz. Denne type driftsform ble vedtatt på den VIII

Internasjonale Jernbane Kongressen i Bern i 1910. Da Norge i 1912 vedtok elektrifisering av Drammenbanen uten å ha besluttet driftsform, ble det av NSB besluttet i 1916 å benytte 15 kV, 16,7 Hz som driftsform.

KL-anlegget består av fremleder og returleder.

3.1.2.1 Fremleder

Fremleder er fellesbegrep som benyttes for den/de lederne som aktivt bidrar til fremføring av energi fra matestasjon(er) til forbrukersted(er). Disse består i hovedsak av kontaktledning, forbigangsledning, forsterkningsledning og autotransformatorledning.

3.1.2.2 Returleder

Returleder er et fellesbegrep som benyttes for den/de lederne som aktivt bidrar til tilbakeføring av energi fra forbrukersted(er) til matestasjon(er). Disse består i hovedsak av kjøreskinner, returledning.

KL-anlegget består også av krafttransformatorer for den type system en har valgt å bygge på strekningen. I BT-system er det sugetransformatorer med utveksling 1:1 (15 kV) for å holde akseptabel spenningskvalitet på KL-en samt styre returstrømmen slik at denne følger kjøreskinnene eller returledningen tilbake til matestasjonen. Disse transformatorene er plassert ut i anlegget med en innbyrdes avstand på tre kilometer mellom hver. I AT-systemet er det auto transformatorer med utveksling 1:1 (30 kV) for overføringslinjene NL og PL samt utveksling 1:0,5 (15 kV) for mating ut på KL. Disse transformatorene er plassert ut i anlegget med en innbyrdes avstand på ti kilometer.

3.2 Kartlegging av togtyper med elektrisk traksjon

Dette er en kartlegging av togtyper med elektrisk traksjon som i dag trafikkerer JBV's elektrifiserte infrastruktur.

Typebetegnelse	Effekt	Maks. antall	Maks. effekt
NSB Type 69	1,188 MW	3	3,564 MW
NSB Type 70	1,720 MW	2	3,440 MW
GMB Type 71	0,882 MW	2	1,764 MW

Typebetegnelse	Effekt	Maks. antall	Maks. effekt
NSB Type 72	2,655 MW	2	5,310 MW
NSB Type 73	0,646 MW	2	1,292 MW
NSB Type 74	4,500 MW	2	9,000 MW
NSB Type 75	4,500 MW	2	9,000 MW

Tabell 3.1 Oversikt motorvognsett (Persontrafikk), (Jernbane.net, 2015)

Motorvognsettene brukes hovedsakelig som enheter sammenkoblet av to motorvognsett. Vi får da ett behov for en type strømbegrensning for disse for å unngå overoppheting av KL og overbelastning av matestasjon.

Typebetegnelse	Effekt	Maks. antall	Maks. effekt
El. 14	5,082 MW	2	10,164 MW
El. 15	5,406 MW	2	10,812 MW
El. 16	4,440 MW	2	8,880 MW
El. 17	3,000 MW	2	6,000 MW
El. 18	5,400 MW	2	10,800 MW
CE 119/TRAXX	5,600 MW	2	11,200 MW

Tabell 3.2 Oversikt lokomotiv (Godstrafikk), (Jernbane.net, 2015)

Lokomotivene brukes hovedsakelig som single enheter tilkoblet vognstamme, men kan avhengig av total vognstammes vekt ha behov for sammenkobling av to lokomotiv. Dette er hovedsakelig konfigurasjonen på Ofotbanen (malmtrafikk) hvor total vekt på vognstammen er høy.

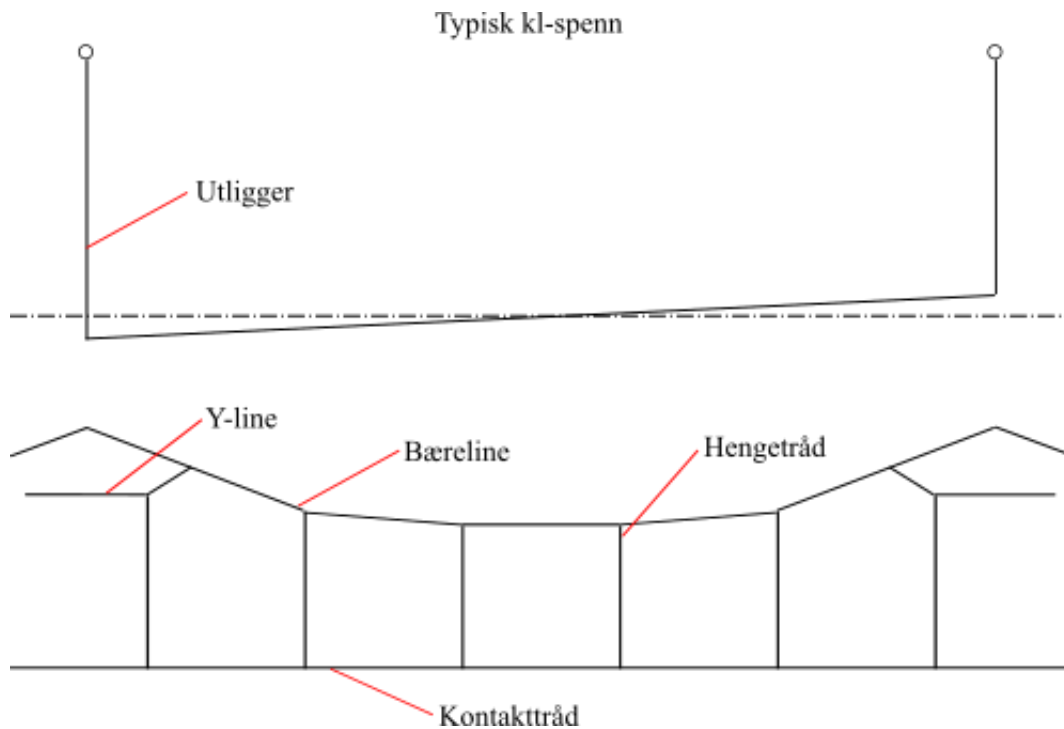
3.3 Kartlegging av kontaktledningsdesign

For å få en lettere oversikt av de forskjellige KL-designene organiseres (JBV, 2015f, JBV, 2015j, Sture, 1991), dataene på tabulær form.

Design	Kontinuerlig strømbelastning [A]	Innspenningskraft Bli/Kt [kN]	Maksimal kjørehastighet [km/h]
T54	360	4,91/6,13	80
S35MS	600	7,06/7,06	120
S35	600	7,06/7,06	140
S20A	600	10/10	200
S20B	600	10/10	160
S20C	600	13/13	200
S25	800	15/15	250

Tabell 3.3 Oversikt, JBV's eksisterende KL-design (JBV, 2015f, JBV, 2015o, Sture, 1991)

De forskjellige KL-designene som i dag er JBV's forsyningsanlegg til elektrisk drevne tog er som nevnt i (Tabell 3.1). T54 er KL-design innført i JBV 1950, S35 og S35MS er KL-design innført i JBV 1972 og S20A, B, C og S25 er KL-design innført i JBV 1990. Disse KL-designene består av forskjellige innspente liner og tråder i forskjellige arrangement for å oppnå best mulig strømvaktning under alle forhold opp til maksimal kjørehastighet. KL-designene T54, S35 og S35MS har ikke strømfaste hengertråder og benytter derfor strømsstige mellom Kt og Bli for hver 300 m. KL-designene S20A, B, C og S25 har strømfaste Hgtr og disse fungerer da som strømsstige mellom Kt og Bli. En KL-part er et line arrangement bestående av Bli, Hgtr, Kt og eventuelt Y-line som er vektavspent i hver ledningsende og avlåst på ledningspartens midtpunkt med en fix avspenning. Dette arrangementet sørger for å holde Kt i jevn høyde over skinnene slik at togets strømvaktner holdes i en så jevn høyde over sporet som mulig for å sikre god strømvaktning.



Figur 3.2 Typisk spennlengde for KL, med linereferanser

KL-anlegget er bygget opp med forskjellig konfigurasjon i JBV's infrastruktur ut i fra tilgjengelig teknologi på det tidspunkt KL-anlegget ble installert. De tre konfigurasjonene med tilhørende KL-design benyttet i JBV's infrastruktur er som følger.

3.3.1 Sugetransformator med retur i skinner (BTRR – Booster transformer – return rail)

Dette KL-systemet benytter i hovedsak KL som fremleder og kjøreskinner som returleder. I dette systemet kobles det inn sugetransformatorer for hver tredje kilometer som skal sørge for at returstrømmen holder seg i kjøreskinnene som hovedsak og ikke lekker ut i jordsmonnet. Sugetransformatoren kobles på primærsiden inn i KL-en og på sekundærsiden inn i kjøreskinnene. Over stasjoner monteres en parallellkoplede returledning som avhjelping grunnet signalanleggets utforming med kun en av kjøreskinnene som returleder for hvert spor. Som avhjelping for å kunne ha frakopling på stasjoner uten brudd i samkjøringen benyttes det en parallellkoplede forbigangsledning over stasjonsområdet. På strekninger med stort spenningsfall eller behov for ekstra effekt installeres en parallell forsterkningsledning fra matestasjon fram til det punktet på strekningen med ekstra behov for effekt.

T54: Bæreline (Bz) 50/7 mm², kontakttråd (Cu-ETP) Ri 100 mm², hengetråder (Cu-ETP) 12,6 mm² uten strømgjennomgang, strømtiger (Bz) 50/7 mm² hver 300 m, skinneprofil 49 kg/m.

S35: Bæreline (Cu-ETP) 50/7 mm², kontakttråd (Cu-ETP) Ri 100 mm², Y-line (Cu-ETP) 35/7 mm², hengertråder (Cu-ETP) 12,6 mm² uten strømgjennomgang, strømslige (Cu-ETP) 50/7 mm² hver 300 m, skinnprofil 49 kg/m.

3.3.2 Sugetransformator med returledere (BTRC – Booster transformer – return conductor)

Dette KL-systemet benytter i hovedsak KL som fremleder og returledning som returleder, samt kjøreskinner mellom hver nedføring fra returledning til kjøreskinne. I dette systemet kobles det inn sugetransformatorer for hver tredje kilometer som skal sørge for at returstrømmen holder seg i returledningen som hovedsak, samt kjøreskinnene mellom nedføring fra returledning til kjøreskinne og ikke lekker ut i jordsmonnet. Sugetransformatoren kobles på primærsiden inn i KL-en og på sekundærsiden inn i returledningen, midt mellom hver sugetransformator. Som avhjelping for å kunne ha frakopling på stasjoner uten brudd i samkjøringen benyttes det en parallellkøpelt forbigangsledning over stasjonsområdet. På strekninger med stort spenningsfall eller behov for ekstra effekt installeres en parallell forsterkningsledning fra matestasjon fram til det punktet på strekningen med ekstra behov for effekt.

S35: Bæreline (Cu-ETP) 50/7 mm², kontakttråd (Cu-ETP) Ri 100 mm², Y-line (Cu-ETP) 35/7 mm², hengertråder 12,6 mm² uten strømgjennomgang, strømsliger (Cu-ETP) 50/7 mm² hver 300 m, returleder (Al) 2 x 240/19 mm², skinnprofil 49 kg/m, 54 kg/m.

S20: Bæreline (BzII) 50/19 mm², kontakttråd (CuAg) Ri 100 mm², Y-line (BzII) 25/7 mm², hengertråder (BzII) 10/49 mm² med strømgjennomgang, returleder (Al) 2 x 240/37 mm², skinnprofil 49 kg/m, 54 kg/m, 60 kg/m.

S25: Bæreline (BzII) 70/19 mm², kontakttråd (CuAg) Ri 120 mm², Y-line (BzII) 35/7 mm², hengertråder (BzII) 10/49 mm² med strømgjennomgang, returleder (Al) 2 x 240/37 mm², skinnprofil 49 kg/m, 54 kg/m, 60 kg/m.

3.3.3 Autotransformator med retur i skinner (ATRR – Auto transformer – return rail)

Dette KL-systemet benytter i hovedsak autotransformatorledning som fremleder med innmating fra autotransformatorens positivleder (PL) til KL-en for hver femte kilometer. KL-en er seksjonert (ut isolert) midt mellom hver tilkopling fra PL til KL. I dette systemet kobles det inn autotransformatorer for hver tiende kilometer som har en spenning på 30 kV mellom

positivleder (PL) og negativleder (NL), kjøreskinnene tilkobles transformatorens midtuttak slik at spenning mellom KL og kjøreskinne er 15 kV. Dette sørger for at returstrømmen holder seg i PL som hovedsak, samt kjøreskinnene mellom tilkoblingene til autotransformatorene og ikke lekker ut i jordsmonnet.

S20: Bæreline (BzII) 50/19 mm², kontakttråd (CuAg) Ri 100 mm², Y-line (BzII) 25/7 mm², hengetråder (BzII) 10/49 mm² med strømgjennomgang, positivleder (Al) 400/37 mm², negativleder (Al) 400/37 mm², skinnprofil 49 kg/m, 54 kg/m, 60 kg/m.

S25: Bæreline (BzII) 70/19 mm², kontakttråd (CuAg) Ri 120 mm², Y-line (BzII) 35/7 mm², hengetråder (BzII) 10/49 mm² med strømgjennomgang, positivleder (Al) 400/37 mm², negativleder (Al) 400/37 mm², skinnprofil 49 kg/m, 54 kg/m, 60 kg/m.

3.4 Nominell spenning og frekvens

Type system	Nominell spenning U_n [kV]	Nominell frekvens [Hz]
BT-system	15,0	16,7
AT-system	30,0	16,7

Tabell 3.4 KL-systemenes nominelle spenning og frekvens

I AT-system kobles fasen PL til KL seksjonene hver femte kilometer og autotransformatorens midtuttak til returkretsen (kjøreskinne). På denne måten blir spenningen som forsyner togene via KL-en 15 kV, slik som for BT-system. Fordelen med AT-systemets høyere spenningsnivå er at overføringstapene blir lavere.

3.5 Fysiske egenskaper

Leder	Areal[mm ²]/ant. tråder	Materiale	Resistivitet [Ω *m]	Merknader
Bæreline	50/7	Bz	2,08*10-8	
Bæreline	50/7	Cu-ETP	1,72*10-8	
Bæreline	50/19	Bz II	2,77*10-8	
Bæreline	70/19	Bz II	2,77*10-8	

Leder	Areal[mm ²]/ant. tråder	Materiale	Resistivitet [Ω *m]	Merknader
Kontakttråd	100	Cu-ETP	1,72*10 ⁻⁸	Massiv Ri
Kontakttråd	100	CuAg0,1	1,72*10 ⁻⁸ /1,59*10 ⁻⁸	Massiv RiS
Kontakttråd	120	CuAg0,1	1,72*10 ⁻⁸ /1,59*10 ⁻⁸	Massiv RiS
Hengetråd	12,6	Cu-ETP	1,72*10 ⁻⁸	Massiv
Hengetråd	10/49	Bz II	2,77*10 ⁻⁸	
Returleder	240/19	Al	2,64*10 ⁻⁸	
Returleder	240/37	Al	2,64*10 ⁻⁸	
Positivleder	400/37	Al	2,64*10 ⁻⁸	
Negativleder	400/37	Al	2,64*10 ⁻⁸	
Kjøreskinne 49E1	6297	Stål	(10-50)69*10 ⁻⁸	Massiv
Kjøreskinne 54E3	6948	Stål		Massiv
Kjøreskinne 60E1	7670	Stål		Massiv

Tabell 3.5 De forskjellige ledernes fysiske egenskaper

Materiale	Resistivitet [Ω m]	Spesifikk varmekapasitet [J/(kg*K)]	Elektrisk ledningsevne [S/m]	Termisk ledningsevne [W/(m*K)]
Al	2,64*10 ⁻⁸	900	37,7*10 ⁶	237
Bz	2,08*10 ⁻⁸		48,1*10 ⁶	310
Bz II	2,77*10 ⁻⁸	320	36,1*10 ⁶	270
Cu-ETP	1,72*10 ⁻⁸	385	58*10 ⁶	401
CuAg0,1	1,72*10 ⁻⁸	386	58*10 ⁶ /62*10 ⁶	401/429

Materiale	Resistivitet [Ωm]	Spesifikk varmekapasitet [J/(kg*K)]	Elektrisk ledningsevne [S/m]	Termisk ledningsevne [W/(m*K)]
Stål	(10-50)*10 ⁻⁸		(2-10)*10 ⁶	

Tabell 3.6 Metallerens egenskaper

Verdier for resistivitet, spesifikk varmekapasitet, elektrisk ledningsevne og termisk ledningsevne er hentet fra boka «Contact Lines for Electric Railways» (Kiessling et al., 2009, pp. 115-117), datablader (Isodraht, 2014, NKT-Cables, 2014) og Wikipedia (Wikipedia, 2003, Wikipedia, 2004).

Resistansen finnes med følgende ligning:

$$R = \frac{\rho \times l}{A} \quad \text{Ligning 3.1}$$

Følgende betegnelser benyttes i Ligning 3.1

R = resistansen

ρ = resistivitet

l = lederens lengde

A = lederens tverrsnitt/areal

Fouriers lov om varmeledningsevne:

$$R_{\theta} = \frac{x}{A + k} \quad \text{Ligning 3.2}$$

Følgende betegnelser benyttes i Ligning 3.2

R_{θ} = absolutt termisk motstand

X = materialets lengde [m]

$A =$ materialets areal [m^2]

$k =$ materialets termiske konduktivitet [$\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$]

3.6 Litt elkraftteknikk

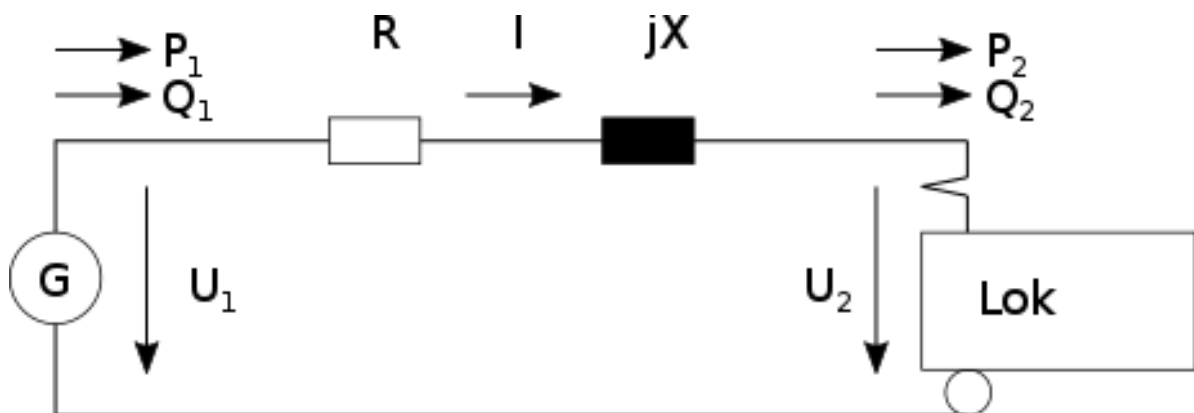
KL-anlegget som bygges i Jernbaneverket er et 1-fase forsyningsanlegg med spenning 15 kV, 16,7 Hz og avhengig av om byggemetoden er BT-system eller AT-system med seksjonert KL vil avstanden mellom matestasjoner som tidligere nevnt ligge på henholdsvis 40 – 60 km eller 100 – 120 km. Det vil si at lengste matestrekning fra matestasjon til forbrukersted (tog) vil være henholdsvis 20 – 30 km eller 50 – 60 km. Om vi ser på lengdens innvirkning på beregninger for spenningsfall og overføringstap vil disse behandles på forskjellig måte avhengig av lengden. Det er vanlig å dele disse i tre grupper på følgende måte, korte ledninger, mellomlange ledninger og lange ledninger (Franzén and Lundgren, 2002, pp. 181-194).

«Som korte ledninger regnes friledning med lengde < 50 km.»

«Ved beregning kan derfor ledningene representeres med følgende impedans $\bar{Z}_L = R_L + jX_L \Omega$.»

«Som mellomlange ledninger regnes friledninger $50 \text{ km} \leq l < 200 \text{ km}$.»

Ved beregning av disse ledningene får man tilstrekkelig nøyaktighet ved å forlegge hele driftskapasitansen C_d midt på ledningen eller halve kapasitansen i hver ende av ledningen. Det vanligste er å benytte den siste varianten og skjemaet kalles da ledningens π -ekvivalent.



Figur 3.3 Enfasebelastet generator G med ledningenes resistans og reaktans (Franzén and Lundgren, 2002, p. 186, Östlund, 2012)

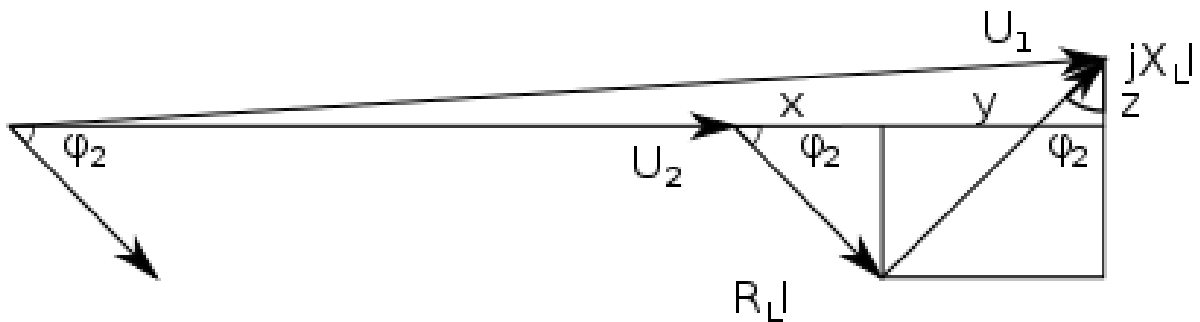
(Figur 3.3) gir oss følgende ligning:

$$\bar{U}_1 = \bar{U}_2 + \bar{I}R_L + \bar{I}jX_L$$

Ligning 3.3

Følgende betegnelser benyttes i (Figur 3.3) og (Figur 3.4)

- U_1 = Fasespenning generator ende
- U_2 = Fasespenning lokomotiv
- φ_2 = Faseforskyvning lokomotiv
- I = Strømmen i ledningen
- R_L = Ledningens totale resistans
- X_L = Ledningens totale reaktans (induktiv)
- P_1 = Innmatet aktiv effekt
- Q_1 = Innmatet reaktiv effekt
- P_2 = Uttatt aktiv effekt
- Q_2 = Uttatt reaktiv effekt



Figur 3.4 Viserdiagram (Franzén and Lundgren, 2002, p. 187)

I henhold til (Figur 3.4) blir spenningen i generatorenden U_1 lengden til hypotenusen i en rettvinklet trekant og kan da løses med følgende ligning:

$$U_1^2 = (U_2 + R_L I \cos \varphi_2 + X_L I \sin \varphi_2)^2 + (X_L I \cos \varphi_2 - R_L I \sin \varphi_2)^2$$

Ligning 3.4

Ettersom ledningslengden i JBV ikke overstiger 60 km benytter jeg regnemetoden for korte ledninger opp til denne distansen for å forenkle regnemetoden og unngå π -ekvivalenten for avstander mellom 50 og 60 km da disse forekommer svært sjelden.

4 Egne undersøkelser/beregninger/observasjoner

4.1 Krav stilt i ENE TSI

ENE TSI av 18. november 2014 (ERA, 2014) stiller krav til maksimal tillatt strøm I_{maks} med en ytelse på minimum 2 MW uten effekt- eller strømbegrensning.

Om vi betrakter dette for et BT-system med gjennomsnittlig utførelse i Jernbaneverkets infrastruktur vil resultatet bli som følger. Noen typiske verdier for denne type KL-anlegg angis her. Avstand mellom matestasjoner er typisk 40 – 60 km, permanent spenningsnivå mellom 17,25 – 12,00 kV (CENELEC, 2004), laveste ikke permanente spenningsnivå 11,00 kV, stigningsforhold (JBV, 2015a) på linjen er gjennomsnittlig $\pm 7,98 \text{ ‰}$ og maksimalt $\pm 27,30 \text{ ‰}$ for elektrifiserte baner med unntak av Flåms- og Ofotbanen. For Flåmsbanen som kun trafikkeres med persontog (turistbane) er stigningsforhold på linjen gjennomsnittlig $\pm 30,96 \text{ ‰}$ og maksimalt $\pm 55,00 \text{ ‰}$. For Ofotbanen som i hovedsak trafikkeres av tung godstrafikk (malmtog) er stigningsforhold på linjen gjennomsnittlig $\pm 12,69 \text{ ‰}$ og maksimalt $\pm 21,43 \text{ ‰}$.

Om vi betrakter dette for et AT-system med seksjonert KL og med utførelseskrav til Jernbaneverkets infrastruktur vil resultatet bli som følger. Noen typiske verdier for denne type KL-anlegg angis her. Avstand mellom matestasjoner er typisk 100 – 120 km, ellers samme spenningsnivå som for KL-anlegg med BT-system. Permanent spenningsnivå på overføringslinjene NL/PL er 30,00 kV, + 10 %, - 15 % (34,50 – 24,00 kV)(CENELEC, 2010, JBV, 2015c).

4.2 NTP 2014 – 2023

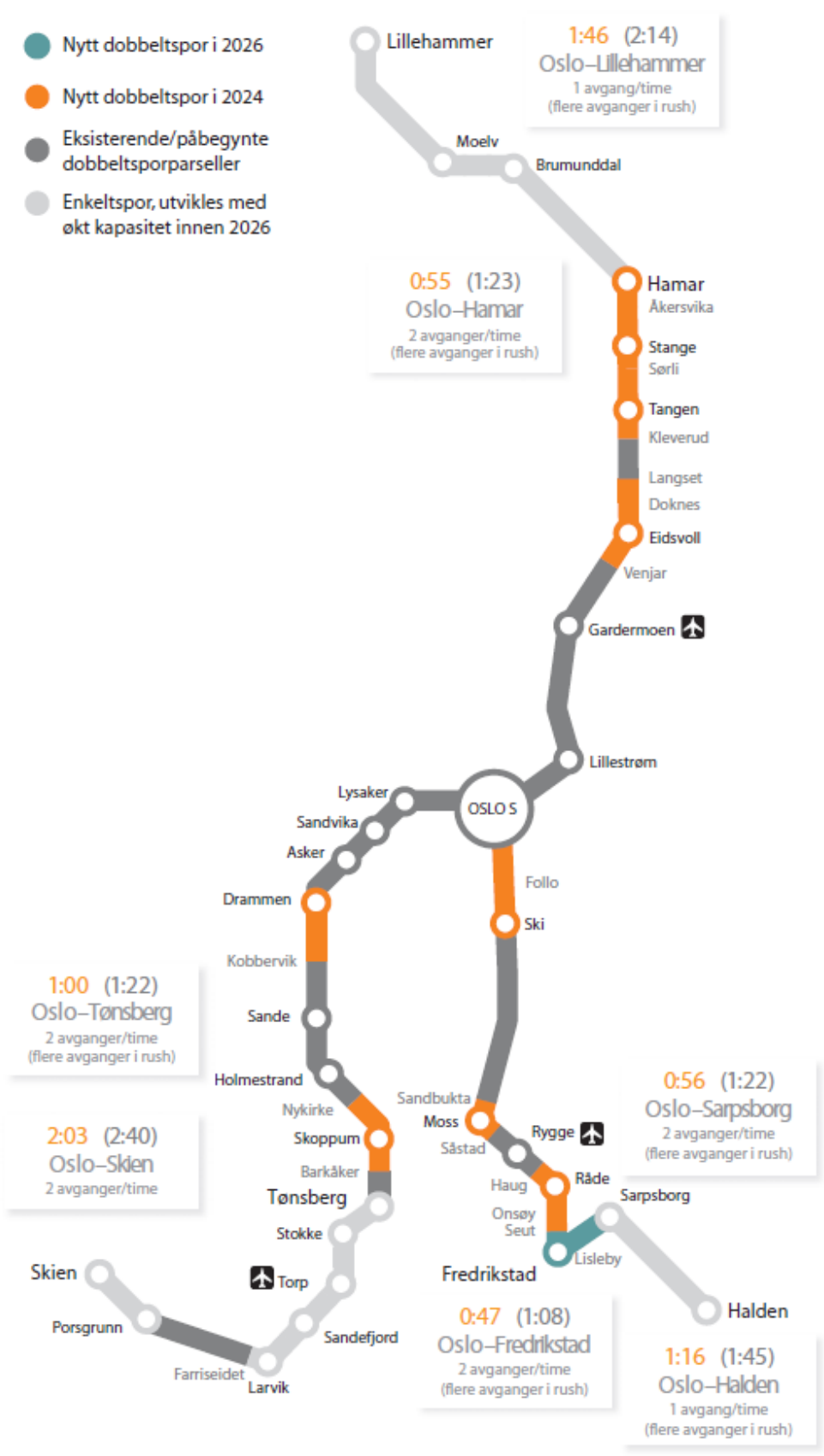
NTP (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013) for perioden 2014 – 2023 legger opp til en økning i togtrafikken i forhold til dagens rutetilbud. Denne økningen går i korthet ut på at økning i persontransport grunnet befolkningsvekst i perioden skal foregå ved økt kollektivtrafikk, sykkel og gange i storbyområdene.

Persontransporten skal økes med en setekapasitet på ca. 35 % i morgenrushet i Oslo området retning nordøst og ca. 24 % i retning vest, sammenlignet med 2012 for perioden 2012 -2017. NTP sier også «*Dersom etterspørselen etter transport øker i samme takt som befolkningsveksten, tilsvarer dette en økning på ca. 30 % fra 2010 til 2030.*» (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013, p. 140) Dette vil si at togtettheten må økes til fire

avganger for dagens tre avganger. En annen måte å løse økt setekapasitet kunne være å utvide hver tredje avgang med ett ekstra togsett. Dette er vanskelig gjennomførbart da en må kjøre med trippelsett, som tilsier at strømbegrensning må økes. Det må også investeres betydelige midler i utvidelse av plattform lengder for å kunne ta imot disse togsettene.

4.3 Kapasitet i jernbanenettet

NTP for perioden 2014 – 2023 legger opp til en økning i infrastrukturen til JBV rundt storbyområdene Oslo og Akershus, Bergen, Trondheim og Stavanger. Planene for perioden er bygging av nye dobbeltspor og oppgradering av ellers eksisterende infrastruktur for blant annet å redusere reisetid. (Figur 4.1) viser som et eksempel fra NTP for perioden 2014 – 2023 hvilke investeringer og utvikling Samferdselsdepartementet og JBV ser for seg i østlandsområdet for togtilbudet på IC-strekningene fram til 2026. Reduksjon av reisetid og bygging av dobbeltspor for å møte forventet økning i reiser grunnet økning i befolkningsvekst som følge av befolkningsvekst. Det er lignende planer for de andre storbyområdene nevnt over.



Figur 4.1 Investeringer i jernbanenettet og utvikling av togtilbudet på IC-strekningene (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013, p. 63)

4.4 Strømforsyningskapasitet i KL-anlegget

Noen formler til bruk for beregning av elektrisitet:

$$E^2 = (U_{Lok} \cos \varphi + RI_{Lok})^2 + (U_{Lok} \sin \varphi + jXI_{Lok})^2 \quad \text{Ligning 4.1}$$

$$P = U \times I \times \cos \varphi \quad \text{Ligning 4.2}$$

$$Q = U \times I \times \sin \varphi \quad \text{Ligning 4.3}$$

$$S = U \times I^{j\varphi} \quad \text{Ligning 4.4}$$

$$|S| = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{Ligning 4.5}$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{Ligning 4.6}$$

Følgende betegnelser benyttes i Ligning 4.1 - Ligning 4.6:

E = Spenning ved matestasjon [V]

U_{Lok} = Spenning ved tog [V]

I_{Lok} = Strøm ved tog [A]

R = Resistans i kretsen [Ω]

X = Reaktans i kretsen [Ω]

$\cos \varphi$ = Faseforskyvningsvinkel resistans

$\sin \varphi$ = Faseforskyvningsvinkel induktans

P = Aktiv effekt [W]

Q = Reaktiv effekt [VAr]

S = Kompleks effekt [VA]

$|S|$ = Tilsynelatende effekt

U = Spenning [V]

- I = Strøm [A]
 j = Imaginær enhet ($\sqrt{-1}$)
 φ = Faseforskyvning mellom strøm og spenning

Impedansen i kretsen beskrives på følgende måte $Z = R + jX \Omega/km$ hvor R er resistansen som en realdel og X er reaktansen som en imaginærdel.

Noen typiske verdier for impedansen til KL-anlegget (JBV, 2015j, Yared, 2009) er som følger:

KL-system	Resistans [R] Ω/km	Reaktans [X] Ω/km
BTRR	0,2204	j0,270
BTRC	0,1875	j0,189
ATTR	0,03895	j0,0485

Tabell 4.1 Typiske verdier for impedans i KL-anlegg

Faseforskyvning mellom strøm og spenning vil for togmateriellet som trafikkerer JBV's infrastruktur i dag ligge på verdier mellom 0,7 – 0,98 induktivt (Kiessling et al., 2009, p. 700).

Tar vi utgangspunkt i et KL-anlegg av typen BTRC og sier at spenningen i matestasjonen er 15 kV og spenningen ved togets strømvaktar er 12 kV, med en faseforskyvningsvinkel på 0,70 og med en avstand på 60 km mellom matestasjonene vil vi få en strøm ved toget som følger:

Benytter Ligning 4.1 som er en annen måte å skrive Ligning 3.4 på.

$$\begin{aligned}
E^2 &= \left(U_{Lok} \cos \varphi + \frac{R}{2} I_{Lok} \right)^2 + \left(U_{Lok} \sin \varphi + \frac{X}{2} I_{Lok} \right)^2 \\
\Rightarrow 15000^2 &= \left(12000 \times 0,7 + \frac{0,1875 \times 60}{2} \times I_{Lok} \right)^2 \\
&\quad + \left(12000 \times 0,714 + \frac{0,189 \times 60}{2} \times I_{Lok} \right)^2 \\
\Rightarrow 255 \times 10^6 &= (8,4 \times 10^3 + 5,6250 \times I_{Lok})^2 + (8,5697 \times 10^3 + 5,6700 \times I_{Lok})^2 \\
\Rightarrow 255 \times 10^6 &= (70,56 \times 10^6 + 94,50 \times 10^3 \times I_{Lok} + 31,6406 \times I_{Lok}^2) \\
&\quad + (73,44 \times 10^6 + 97,18 \times 10^3 \times I_{Lok} + 32,1489 \times I_{Lok}^2) \\
\Rightarrow 81 \times 10^6 &= 191,68 \times 10^3 \times I_{Lok} + 63,7895 \times I_{Lok}^2
\end{aligned}$$

For å løse denne annengrads ligningen kan vi benytte følgende Ligning 4.6:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{-191,7 \times 10^3 \pm \sqrt{(191,7 \times 10^3)^2 - 4 \times 63,8 \times (-81 \times 10^6)}}{2 \times 63,8} = 375,6 \text{ A}$$

Setter vi opp resultatene for variasjon av faseforskyvningsvinkel $\cos \varphi$ mellom ytterpunktene 0,7 og 1,0 i tabulær form for de tre typene KL-anlegg BTRR, BTRC og ATRR vil tilgjengelig strømverdi I_{maks} gi følgende resultater.

$\cos \varphi$	Avstand mellom matestasjoner [km]	KL-anl. BTRR [A]	KL-anl. BTRC [A]	KL-anl. ATRR [A]
0,70	40	431,8	563,4	N/A
0,75	40	435,0	564,4	N/A
0,80	40	440,7	568,3	N/A
0,85	40	449,9	576,0	N/A
0,90	40	464,8	590,1	N/A
0,95	40	491,4	616,8	N/A
1,00	40	600,2	731,5	N/A

cos φ	Avstand mellom matestasjoner [km]	KL-anl. BTRR [A]	KL-anl. BTRC [A]	KL-anl. ATRR [A]
0,70	60	287,9	375,6	N/A
0,75	60	290,0	376,3	N/A
0,80	60	293,8	378,8	N/A
0,85	60	299,9	384,0	N/A
0,90	60	309,8	393,4	N/A
0,95	60	327,6	411,2	N/A
1,00	60	400,1	487,6	N/A
0,70	100	N/A	N/A	968,3
0,75	100	N/A	N/A	976,0
0,80	100	N/A	N/A	989,2
0,85	100	N/A	N/A	1010,5
0,90	100	N/A	N/A	1044,6
0,95	100	N/A	N/A	1105,5
1,00	100	N/A	N/A	1353,7
0,70	120	N/A	N/A	807,0
0,75	120	N/A	N/A	813,3
0,80	120	N/A	N/A	824,4
0,85	120	N/A	N/A	842,0
0,90	120	N/A	N/A	870,5
0,95	120	N/A	N/A	921,3

cos φ	Avstand mellom matestasjoner [km]	KL-anl. BTRR [A]	KL-anl. BTRC [A]	KL-anl. ATRR [A]
1,00	120	N/A	N/A	1128,1

Tabell 4.2 Tilgjengelig I_{maks} ved forskjellig KL-anlegg og varierende faseforskyvningsvinkel cos φ

Tar vi utgangspunkt i kravet stilt i ENE TSI av 18. november 2014, punkt 4.2.4.1 som sier «*tog med en effekt lavere enn 2 MW skal kunne trafikkere systemet uten effekt eller strøm begrensninger*»(ERA, 2014, p. 14). Benytter da Ligning 4.2 og setter denne opp til å ta hensyn på I for å se hvilken størrelse I_{maks} har behov for gitt disse rammebetingelser.

$$P = U \times I \times \cos\varphi \Rightarrow I = \frac{P}{U \times \cos\varphi}$$

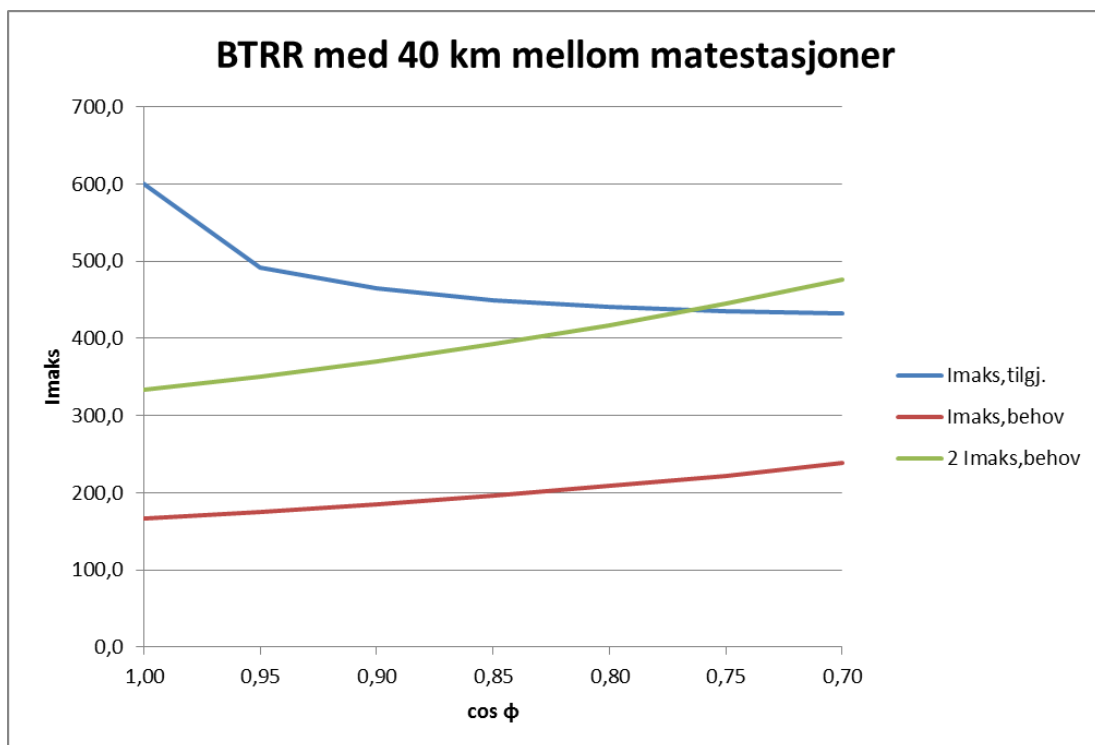
Setter verdien til P i henhold til grensen gitt i ENE TSI av 18. november 2014, 2 MW, verdien til spenningen ved toget U til den lavest tillatte permanente spenningen gitt i EN 50163, 12 kV og faseforskyvningsvinkelen cos φ til å variere mellom ytterpunktene 0,7 og 1,0.

cos φ	I_{maks}
0,70	238,10
0,75	222,22
0,80	208,33
0,85	196,08
0,90	185,19
0,95	175,44
1,00	166,67

Tabell 4.3 Nødvendig I_{maks} gitt av ENE TSI krav i punkt 4.2.4.1

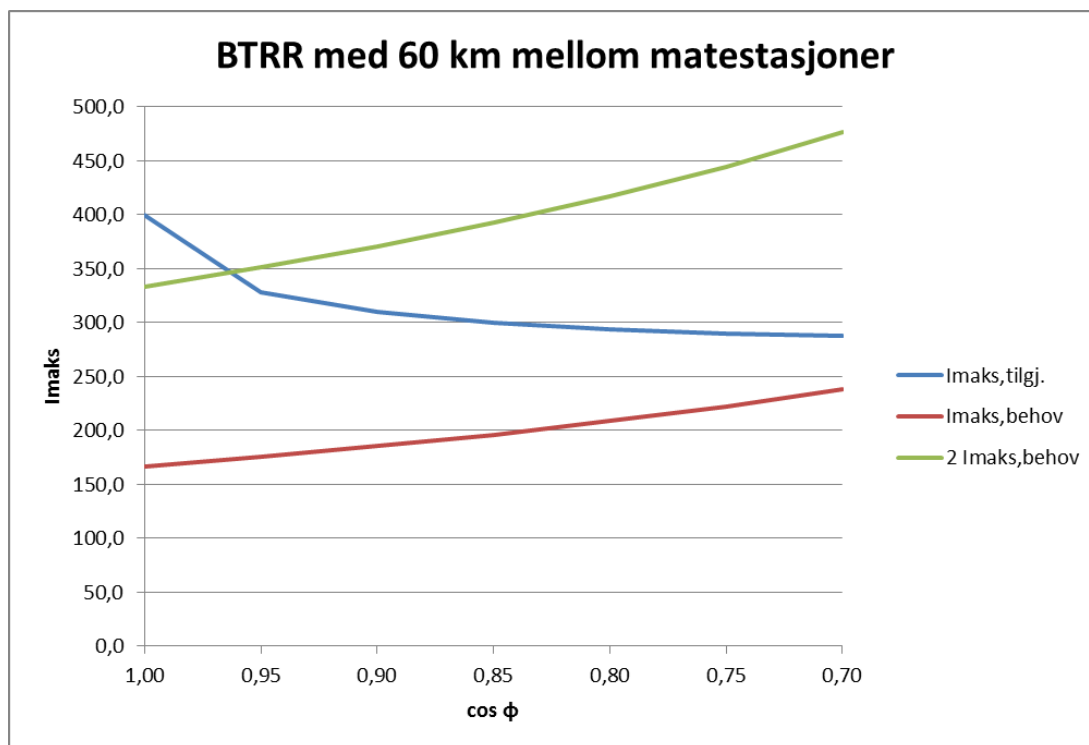
Verdiene angitt her er den strømmen trekraft materiellet trekker gitt de parametere som vi tok hensyn til i begynnelsen av dette kapitlet. Dette må mist kunne ytes av KL-anlegget for å tilfredsstill ENE TSI.

Om en setter verdier for nødvendig I_{maks} inn i et diagram sammen med verdiene for tilgjengelig I_{maks} ser vi på en enkel måte hva det angjeldende KL-anlegget kan levere og hvilket behov toget har. Dett gir os en god indikasjon på om anlegget er kapabelt til å yte mer eller om designet har møtt sin ytelses grense.



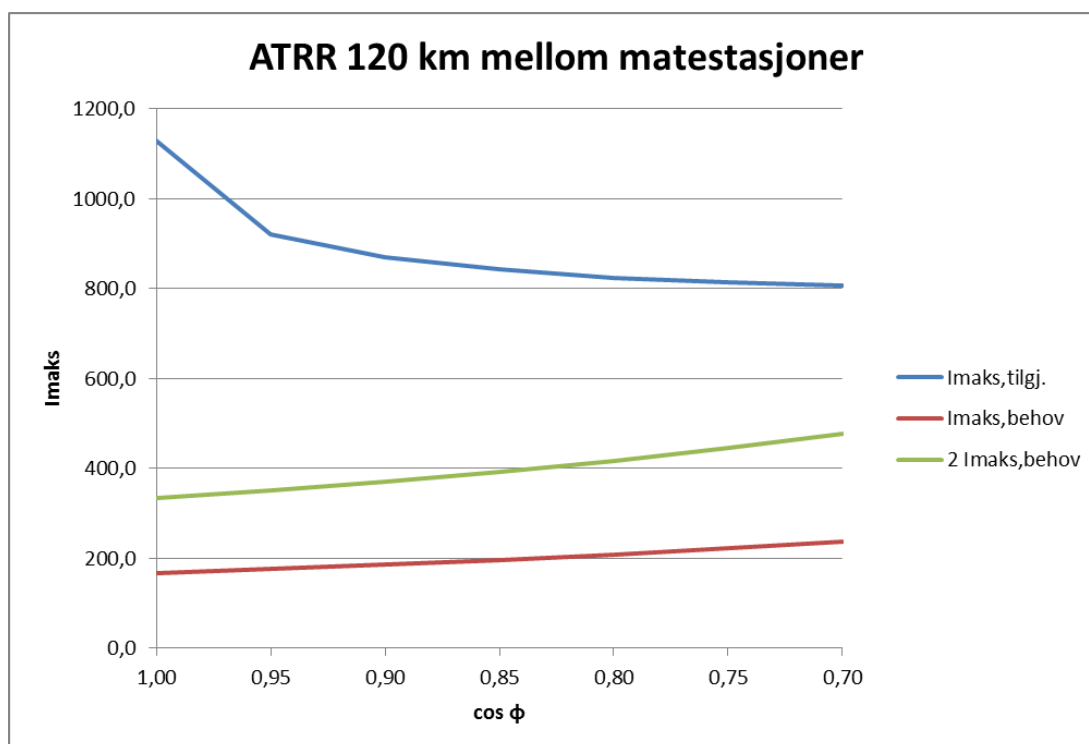
Figur 4.2 KL-system BTRR med 40 km avstand mellom matestasjoner

Vi ser her at denne konfigurasjonen gir mulighet for dobbeltraksjon ($2 I_{maks}$) for faseforskyvningsvinkler i området 0,77 – 1,0 uten at en trenger strømbegrensning for traksjonsenheter definert i ENE TSI med maksimal effekt på 2 MW.



Figur 4.3 KL-system BTRR med 60 km avstand mellom matestasjoner

Vi ser av (Figur 4.3) at denne konfigurasjonen hvor avstanden mellom matestasjoner er økt til maksimal lengde på 60 km er ganske ugunstig da det bare er mulig med enkel traksjon uten at en trenger strømbegrensning for traksjonsenheter definert i ENE TSI med maksimal effekt på 2 MW.



Figur 4.4 KL-system ATRR med 120 km avstand mellom matestasjoner

Om vi sammenligner med hvordan KL-anlegg skal bygges i dag som AT-system med seksjonert KL ser vi av (Figur 4.4) reserven er stor. En kan ha en verdi for I_{maks} på 800 A uten at traksjonsenheten må ha strømbegrensning om nettet skal trafikkeres med traksjonsmateriell som har så lav faseforskyvningsvinkel på 0,7.

4.5 Temperaturbegrensning i KL-anlegget

KL-anlegget som for fremleder består av KL som er vektinnspente ledere enten bestående av kobber med betegnelse Cu-ETP med renhet på 99,9 %, kobberlegering med kjemisk sammensetting CuAg0,1 hvor kobberet er tilsatt en mengde på 0,1 % sølv, bronse med betegnelse Bz II og kjemisk sammensetting CuMg0,5. Vektinnspenningen benyttes for å holde lederne i jevn høyde posisjon uavhengig av luft temperatur og leder temperatur. Rene kobber ledere som vektinnspennes kan ikke ha en ledertemperatur som overstiger 80 °C, bronse ledere og kobber/sølv legerete ledere som vektinnspennes kan derimot ikke ha en ledertemperatur som overstiger 100 °C. Det vil for KL-designene T54, S35 og S35MS si at ledertemperaturen er begrenset til 80 °C grunnet sin oppbygging av leder, for KL-designene S20 (A, B og C) og S25 er ledertemperaturen begrenset til 100 °C. De magnetiske tapene som øker ved økende ledertemperatur i forsterkede kabler og ledere med stålkjerne benyttet i luftledningen, kan for elementene i KL-parter neglisjeres (Kiessling et al., 2009, pp. 721-729).

Av denne grunn kan varme balanse relatert til lengden til en enkelt leder bli uttrykt på følgende måte.

$$m_C \times c \times \frac{dT}{dt} = N_J + N_S - N_R - N_C \quad \text{Ligning 4.7}$$

Hvor følgende betegnelser benyttes i Ligning 4.7

m_C = Lederens masse pr. lengdeenhet

c = Spesifikk varme

T = Ledertemperatur [C]

dt = tidsderiverte

Noen formler for strømførings kapasitet

$$N_J = R'_T \times I^2 \quad \text{Ligning 4.8}$$

$$R'_T = R'_{20} [1 + \alpha_R (T - 20)] \quad \text{Ligning 4.9}$$

$$N_S = k_a \times D \times N_{sh} \quad \text{Ligning 4.10}$$

$$N_R = k_s \times k_e \times D \times \pi \times (\theta^4 - \theta_{am}^4) \quad \text{Ligning 4.11}$$

$$N_C = \pi \times \lambda \times N_u \times (T - T_{am}) \quad \text{Ligning 4.12}$$

$$Nu = 0,65 \times Re^{0,2} + 0,23 \times Re^{0,61} \quad \text{Ligning 4.13}$$

$$Re = V \times D \times \frac{\gamma}{\eta} \quad \text{Ligning 4.14}$$

$$\gamma = \gamma_0 \left(\frac{288}{\theta_{am}} \right) \exp(-0,0001 h_{al}) \quad \text{Ligning 4.15}$$

$$I = \sqrt{\frac{(N_C + N_R - N_S)}{R'_T}} \quad \text{Ligning 4.16}$$

Hvor følgende brukes i Ligning 4.8 - Ligning 4.16

N_J	=	Joulsk varme
R'_T	=	Resistansen ved temperatur T
I	=	Effektiv strøm i [A]
R'_{20}	=	DC resistansen ved 20 °C [Ω/m]
α_R	=	Resistivitets temperaturkoeffisient [K^{-1}]
N_S	=	Solinnstråling
k_a	=	Absorpsjonskoeffisient
D	=	Lederdiameter
N_{sh}	=	Standard solinnstråling [W/m]
N_R	=	Energitap ved utstråling
k_s	=	Stefan-Boltzmann konstant [$W/(m^2K^4)$]
k_e	=	Utslippskoeffisient
θ	=	Lederens absolutt temperatur [K]
θ_{am}	=	Absolutt omgivelsestemperatur [K]
N_C	=	Energitap ved konveksjon
λ	=	Termisk konduktivitet for luft i [$W/(K \cdot m)$]
Nu	=	Nußelt nummer
T_{am}	=	Omgivelsestemperatur [C]
Re	=	Reynolds nummer
V	=	Vindhastighet [m/s]
γ	=	Spesifikk masse for luft [kg/m^3]

$$\eta = \text{Dynamisk viskositet [N}\cdot\text{s/m}^2\text{]}$$

$$\gamma_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3 \text{ ved havoverflaten}$$

Tar som regneeksempel utgangspunkt i en kontakttråd AC-100 og beregner med vindhastighet på 1,0 m/s og for ledertemperatur både 80 °C og 100 °C dette for å se på forskjell ved måten en kan designe KL på. Omgivelsestemperaturen antas å være 35 C. Solinnstrålingen er antatt å være 875 W/m². ut i fra at antatt maksimalverdi for solinnstråling ligger mellom 850 og 1350 W/m² avhengig av breddegrad, solas posisjon, luftforurensning og årstid eller dag.

Finner først resistansen ved 80 °C ved å benytte Ligning 4.9 med følgende verdier $\rho_{20} = 0,01777 \text{ }\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, $A = 100 \text{ mm}^2$ og $\alpha_R = 0,00393$

$$R'_{80} = \frac{0,01777}{100} \times [1 + 0,00393(80 - 20)] = 0,220 \times 10^{-3} \frac{\Omega}{m}$$

Solinnstråling regnes ut ved hjelp av Ligning 4.10 med $k_a = 0,75$ (sterkt oksidert)

$$N_S = 0,75 \times 0,012 \times 875 = 7,88 \frac{W}{m}$$

Energitap ved utstråling finnes ved hjelp av Ligning 4.11

$$N_R = 0,75 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 0,012 \times \pi(353^4 - 308^4) = 10,47 \frac{W}{m}$$

Reynolds nummer for vindhastighet på 1,0 m/s med γ og η verdier for 60 °C ved hjelp av Ligning 4.14

$$Re = 1,0 \times 0,012 \times \frac{1,06}{(0,203 \times 10^{-4})} = 626,6$$

Nußelt nummer finnes ved hjelp av Ligning 4.13

$$Nu = 0,65 \times (626,6)^{0,2} + 0,23 \times (626,6)^{0,61} = 14,05$$

Energitap ved konveksjon finnes ved hjelp av Ligning 4.12

$$N_C = \pi \times 0,0287 \times 14,06(80 - 35) = 57 \frac{W}{m}$$

Tillatt strømstyrke i ampere vil derfor bli slik i følge Ligning 4.16

$$I = \sqrt{\frac{(57 + 10,47 - 7,88)}{(0,22 \times 10^{-3})}} = 522,5 \text{ A}$$

Så gjentar vi dette for ledertemperatur på 100 °C, vi finner resistansen ved 100 °C ved igjen å benytte Ligning 4.9 med følgende verdier for $\rho_{20} = 0,01777 \text{ } \Omega\text{mm}^2/\text{m}$, $A = 100 \text{ mm}^2$, $\alpha_R = 0,00381$

$$R'_{100} = \frac{0,01777}{100} \times [1 + 0,00381(100 - 20)] = 0,23 \times 10^{-3} \frac{\Omega}{\text{m}}$$

Solinnstrålingen er den samme som for 80 °C

$$N_S = 7,88 \frac{W}{\text{m}}$$

Energitap ved utstråling finnes ved hjelp av Ligning 4.11

$$N_R = 0,75 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 0,012 \times \pi \times (373^4 - 308^4) = 16,6 \frac{W}{\text{m}}$$

Reynolds nummer for vindhastighet på 1,0 m/s med γ og η verdier for 70 °C ved hjelp av Ligning 4.14

$$Re = 1,0 \times 0,012 \times \frac{1,04}{(0,208 \times 10^{-4})} = 600,0$$

Nußelt nummer finnes ved hjelp av Ligning 4.13

$$Nu = 0,65 \times (600,0)^{0,2} + 0,23 \times (600,0)^{0,61} = 13,72$$

Energitap ved konveksjon finnes ved hjelp av Ligning 4.12

$$N_C = \pi \times 0,0301 \times 13,72 \times (100 - 35) = 82,39$$

Tillatt strømstyrke i ampere vil derfor bli slik i følge Ligning 4.16

$$I = \sqrt{\frac{(82,39 + 16,6 - 7,88)}{(0,23 \times 10^{-3})}} = 626,9 \text{ A}$$

Ved å utføre beregning i henhold til ovenstående Ligning 4.9 - Ligning 4.16 for alle ledere som kan opptre i KL-anlegget får vi følgende resultater for strømføringsvevnen til hver enkelt leder. (Tabell 4.4)

Ledertemperatur [°C]	Kontakttråd		Bæreline		RL/FL/ML Al	NL/PL/FL/ML Al
	Cu [100 mm ²]	CuAg0,1 [100 mm ²]	Cu [50 mm ²]	BzII [50 mm ²]		
80	520,9 A	522,5 A	270,1 A	271,7 A	335,4 A	1031,9 A
100	N/A	626,9 A	N/A	324,6 A	401,5 A	1248,0 A

Tabell 4.4 Strømføringsvevne for ledere i KL-anlegget med slutt temperatur 80 °C og 100 °C i ledere

5 Resultater

5.1 Resultater for kapasitet i jernbanenettet

Her må en ta utgangspunkt i hva NTP for perioden 2014 – 2023 (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013) legger opp til. I følge denne gjøres følgende forutsetning for perioden 2010 – 2030 «dersom etterspørselen etter transport øker i samme takt som befolkningsveksten, tilsvarer dette en økning på ca. 30 pst. fra 2010 til 2030». (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013, p. 140) En må da legge til grunn at det fram mot 2030 vil bli 30 % flere togbevegelser på jernbanenettet enn det er i dag. Hvis vi ser på jernbanestrekningen Østfoldbanen vestre linje (Oslo S – Moss – Kornsjø) som er en av jernbanenettets tettest trafikkerte strekning vil dette si en økning på 75 togbevegelser mellom Oslo S – Moss og 20 togbevegelser mellom Moss – Kornsjø i døgnet. Strekningen mellom Oslo S – Moss er dobbeltsporet så for retningen Oslo S – Moss vil økningen være 37 togbevegelser og for retningen Moss – Oslo S være 38 togbevegelser i døgnet. Se (Vedlegg 10.1 - Vedlegg 10.8), grafisk rutetabell for strekningen Oslo S – Kornsjø. Dette vil si at gjennomsnittlig tid mellom hver togbevegelse for strekningen Moss – Kornsjø går ned fra 22 minutter til 17 minutter og for dobbeltsporstrekningen Oslo S – Moss fra 11 minutter til 9 minutter.

Strekning	Dagens togbevegelser	Togbevegelse + 30 % økning	Dagens gjennomsnittlige tid mellom togbevegelser	Gjennomsnittlig tid mellom togbevegelser + 30 % økning
Oslo S – Moss	124	161	11,6 minutter	8,9 minutter
Moss – Oslo S	126	164	11,4 minutter	8,8 minutter
Moss - Kornsjø	65	85	22,2 minutter	16,9 minutter

Tabell 5.1 Endring i togbevegelser stipulert i NTP, Østfoldbanen vestre linje

5.2 Resultatet for strømforsyningskapasitet i KL-anlegget

Ved å se på resultatene en får ved å benytte Ligning 4.1 for å beregne KL-anleggets strømføringskapasitet gitt KL-systemtypene BTRR, BTRC og ATRR for

faseforskyvningsvinklens yttergrenser med verdier mellom $\cos \varphi = 0,7 - 1,0$ og avstand mellom mastestasjoners individuelle avstand gitt for BTRR og BTRC som avstander mellom 40 og 60 kilometer og for ATRR som avstander mellom 100 – 120 kilometer.

Vi finner da for KL-systemet BTRR at vi får en strømføringskapasitet som ligger mellom 287,9 – 600,2 A hvor laveste verdi er med en avstand på 60 kilometer mellom matesasjonene og høyeste verdi er med en avstand på 40 kilometer mellom matesasjonene. (ref. Tabell 4.2)

Vi finner da for KL-systemet BTRC at vi får en strømføringskapasitet som ligger mellom 375,6 – 731,5 A hvor laveste verdi er med en avstand på 60 kilometer mellom matesasjonene og høyeste verdi er med en avstand på 40 kilometer mellom matesasjonene. (ref. Tabell 4.2)

Vi finner da for KL-systemet ATRR at vi får en strømføringskapasitet som ligger mellom 807,0 – 1353,7 A hvor laveste verdi er med en avstand på 120 kilometer mellom matesasjonene og høyeste verdi er med en avstand på 100 kilometer mellom matesasjonene. (ref. Tabell 4.2)

Samtidig ser vi på resultatene en får ved å benytte Ligning 4.2 for å beregne togmateriellets behov for strøm I_{maks} gitt KL-systemtypene BTRR, BTRC og ATRR for faseforskyvningsvinklens yttergrenser med verdier mellom $\cos \varphi = 0,7 - 1,0$ og togmateriellets belastningspunkt midt mellom matesasjonene. Samtidig er spenningen ved belastningspunktet satt til laveste verdi gitt i EN 50163 på 12 kV og en belastning gitt ved ENE TSI punkt 4.2.4.1 på 2 MW uten strømbegrensning.

Vi finner da at togmateriellet har behov for en strøm I_{maks} ved belastningspunktet som ligger mellom 166,67 – 238,10 A, hvor høyeste verdi er for faseforskyvningsvinkelen $\cos \varphi = 0,7$ og laveste verdi er for faseforskyvningsvinkelen $\cos \varphi = 1,0$ (ref. Tabell 4.3).

Grafisk framstilling finnes i (Vedlegg 10.9 - Vedlegg 10.14).

5.3 Resultater for temperaturbegrensning i KL-anlegget

Ved å se på resultatene fra (Tabell 4.4) som angir strømføringssevne til lederne i KL-anlegget gitt en slutt temperatur i ledere på henholdsvis 80 °C og 100 °C ser vi følgende. For gamle typer KL-design med rene kobberledere i Kt og Bli kan ikke temperaturgrensen på 80 °C overstiges, kan ikke endre sitt designkrav for strømføringssevne på 600 A kontinuerlig belastning. Derimot kan det for KL-designene S20 og S25 som benytter CuAg0,1 legering i Kt og BzII legering i Bli og Hgtr kan designkravene for strømføringssevne endres, da denne type ledere som innspente ledere kan ha en slutt temperatur på 100 °C. Det betyr igjen at

designkravet til strømføringsevne for KL-design S20 kan økes fra dagens 600 A til 800 A og for KL-design S25 kan økes fra dagens 800 A til 1000 A kontinuerlig belastning.

6 Diskusjon

6.1 Diskusjon, kapasitet i jernbanenettet

Når en tar datagrunnlaget og resultatene fra dagens togtrafikk og sammenligner dette med ambisjonene gitt i NTP for perioden 2014 – 2023 (Det kongelige samferdselsdepartement, 2012-2013) med en økning av togtrafikken med 30 % ser det ut til at dagens infrastruktur kan takle en slik økning. Når en da legger til grunn foreslåtte investeringer til utvidelse (mer dobbeltspor) og fornyelse (modernisering) av infrastrukturen er det ikke grunn til å forvente annet enn muligheter for ytterligere økning av togtrafikken uten at kapasiteten blir sprengt. Om vi legger til grunn dagens infrastruktur for eksempel strekningen Østfoldbanen, vestre line fra Oslo S til Kornsjø med dobbeltspor mellom Oslo S og Moss og enkeltspor videre fra Moss til Kornsjø vil den gjennomsnittlige tiden mellom togbevegelser gå ned med 5,3 minutter fra 22,2 minutter til 16,9 minutter på enkeltspor strekningen Moss – Kornsjø. Tilsvarende vil den gjennomsnittlige tiden mellom togbevegelser gå ned med 2,7 minutter fra 11,6 minutter til 8,9 minutter på dobbeltspor strekningen Oslo S – Moss. (ref. Tabell 5.1) Dette er gode marginer til hva som legges til grunn for togfølgetid (JBV, 2015e, JBV, 2015j, Olsson and Veiseth, 2011) ved prosjektering av signal- og sikringsanlegg.

6.2 Diskusjon, strømforsyningskapasitet i KL-anlegget

For å kunne vurdere strømforsyningskapasitet i KL-anlegget må en se på hvilke typer KL-design som allerede finnes installert i JBV's infrastruktur. En må videre se hvilke KL-design som JBV har som dagens løsning for nybygging og oppgradering. Videre er det viktig å vite noe om hvordan matestasjoner er distribuert i JBV's infrastruktur og hvordan disse matestasjonen vil distribueres ved nybygging og oppgradering i JBV's infrastruktur. Et er tre hovedtyper KL-systemer benyttet i JBV's infrastruktur, BTRR som er det eldste systemet, BTRC som har vært alternativet fram til ca. 2009 og ATRR som er det nyeste systemet og som skal bygges ved nybygging og oppgradering. ATRR er det KL-system som har minst utstrekning i dagens infrastruktur og er i drift på Ofofbanen, ellers er strekningene Minnesund – Hamar, Holmestrand – Skien og Egersund – Sandnes for tiden under utbygging. BTRC er den type KL-system som er bygget fra ca. 1970 fram til ca. 2009, alle dobbeltspor strekninger rundt Oslo er installert med denne type KL-system. BTRR er den typen KL-anlegg som har størst utstrekning i JBV's infrastruktur. For å kunne vurdere strømføringskapasiteten må en også betrakte hvilken maksimal togstrøm I_{maks} ENE TSI legger opp til med sine krav

spesifisert i punkt 4.2.4.1 og vurdere dette kravet opp mot KL-systemenes individuelle strømføringskapasitet. (grafisk framstilling i Vedlegg 10.9 - Vedlegg 10.14)

KL-system BTRR er et system som har KL-parter bestående utelukkende av ledere med rent kobber (Cu-ETP 99,9 %) (CENELEC, 2012, DIN, 1981a), har en ledningsimpedans $Z = 0,2204 + j0,270 \Omega/\text{km}$, (JBV, 2015j) en avstand mellom matestasjoner på 40 – 60 km, kan trafikkeres av togmateriell med en faseforskyvning mellom strøm og spenning i området mellom $\cos \varphi = 0,7$ – $\cos \varphi = 0,98$ induktivt. Regneteknisk setter jeg da verdiene for faseforskyvningen mellom strøm og spenning til å ligge mellom grensene $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. Gitt disse rammebetingelsene ser vi ut fra resultatene presentert i (Tabell 4.2) og (Tabell 4.3) at tilgjengelig strømføringssevne for KL-anlegget i belastningspunktet ligger mellom 287,9 A og 600,2 A. Samtidig er behovet for strøm ved trekkraftmateriellet I_{maks} mellom 166,7 A og 238,1 A etter ENE TSI punkt 4.2.4.1. Vi ser også ut av disse tallverdiene i (Tabell 4.2) at den beste konfigurasjonen er når den minste rammebetingelsen for avstand mellom matestasjoner inntreffer dvs. 40 km og den dårligste konfigurasjonen er når den største rammebetingelsen for avstand mellom matestasjoner inntreffer dvs. 60 km. Tallverdiene i (Tabell 4.1) viser at trekkraftmateriellets behov for strøm I_{maks} gitt rammebetingelsen i ENE TSI er lavest når faseforskyvningen mellom strøm og spenning er $\cos \varphi = 1,0$ og at behovet for strøm I_{maks} er høyest når faseforskyvningen mellom strøm og spenning er $\cos \varphi = 0,7$.

KL-system BTRC er et system som har KL-parter bestående utelukkende av ledere med rent kobber (Cu-ETP 99,9 %) (CENELEC, 2012, DIN, 1981a) KL-designene S35 og S35MS for KL-anlegg ble bygget i tidsrommet 1970 – 1990. Etter 1990 har det blitt bygget, et system som har KL-parter bestående utelukkende av legert kobber (CuAg0,1) (CENELEC, 2012) og bronse (BzII) (DIN, 1981d) i kombinasjon KL-designene S20 og S25. Dette systemet har en ledningsimpedans $Z = 0,1875 + j0,189 \Omega/\text{km}$, (Yared, 2009) en avstand mellom matestasjoner på 40 – 60 km, kan trafikkeres av togmateriell med en faseforskyvning mellom strøm og spenning i området mellom $\cos \varphi = 0,7$ – $\cos \varphi = 0,98$ induktivt. Regneteknisk setter jeg da verdiene for faseforskyvningen mellom strøm og spenning til å ligge mellom grensene $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. Gitt disse rammebetingelsene ser vi ut fra resultatene presentert i (Tabell 4.2) og (Tabell 4.3) at tilgjengelig strømføringssevne for KL-anlegget i belastningspunktet ligger mellom 375,6 A og 731,5 A. Samtidig er behovet for strøm ved trekkraftmateriellet I_{maks} mellom 166,7 A og 238,1 A etter ENE TSI punkt 4.2.4.1. Vi ser også ut av disse tallverdiene i (Tabell 4.2) at den beste konfigurasjonen er når den minste rammebetingelsen

for avstand mellom matestasjoner inntreffer dvs. 40 km og den dårligste konfigurasjonen er når den største rammebetingelsen for avstand mellom matestasjoner inntreffer dvs. 60 km. Tallverdiene i (Tabell 4.1) viser at trekraftmateriellets behov for strøm I_{maks} gitt rammebetingelsen i ENE TSI er lavest når faseforskyvningen mellom strøm og spenning er $\cos \varphi = 1,0$ og at behovet for strøm I_{maks} er høyest når faseforskyvningen mellom strøm og spenning er $\cos \varphi = 0,7$.

KL-system ATRR er et system som har energioverføringen i et separat ledningsnett bestående av NL og PL bestående utelukkende av ledere med aluminium og ett spenningsnivå på 30 kV. Parallellkoblet til dette systemets PL er KL-parter bestående utelukkende av legert kobber (CuAg0,1) (CENELEC, 2012) og bronse (BzII) (DIN, 1981d) i kombinasjon. Disse KL-partene er elektrisk adskilt fra hverandre for hver femte kilometer (seksjonsfelt). Dette systemet har en ledningsimpedans $Z = 0,03895 + j0,0485 \Omega/\text{km}$, (Yared, 2009) en avstand mellom matestasjoner på 100 – 120 km, kan trafikkeres av togmateriell med en faseforskyvning mellom strøm og spenning i området mellom $\cos \varphi = 0,7$ – $\cos \varphi = 0,98$ induktivt. Regneteknisk setter jeg da verdiene for faseforskyvningen mellom strøm og spenning til å ligge mellom grensene $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. Gitt disse rammebetingelsene ser vi ut fra resultatene presentert i (Tabell 4.2) og (Tabell 4.3) at tilgjengelig strømføringsevne for KL-anlegget i belastningspunktet ligger mellom 807,0 A og 1353,7 A. Samtidig er behovet for strøm ved trekraftmaterialet I_{maks} mellom 166,7 A og 238,1 A etter ENE TSI punkt 4.2.4.1. Vi ser også ut av disse tallverdiene i (Tabell 4.2) at den beste konfigurasjonen er når den minste rammebetingelsen for avstand mellom matestasjoner inntreffer dvs. 100 km og den dårligste konfigurasjonen er når den største rammebetingelsen for avstand mellom matestasjoner inntreffer dvs. 120 km. Tallverdiene i (Tabell 4.1) viser at trekraftmateriellets behov for strøm I_{maks} gitt rammebetingelsen i ENE TSI er lavest når faseforskyvningen mellom strøm og spenning er $\cos \varphi = 1,0$ og at behovet for strøm I_{maks} er høyest når faseforskyvningen mellom strøm og spenning er $\cos \varphi = 0,7$.

6.3 Diskusjon, for temperaturbegrensning i KL-anlegget

KL-parter er et sett av ledere som er bevegelig innspent for å ha en jevn høyde over kjøreskinnene uavhengig av luft temperatur for å sikre en god strømvaktning for togmateriellets strømvaktaker. Enkelt sagt kan en si at jo høyere innspenningskraft jo høyere hastighet kan KL-en trafikkeres med. Disse ledernes materiale er avhengig av hvilket KL-design en velger å bygge og består av følgende materialer rent kobber Cu-ETP, CuAg0,1, CuMg0,5, bronse (Bz), CuMg0,5 (BzII) (CENELEC, 2012, DIN, 1981d, DIN, 1981a). Disse

kan kombineres som bestående av rent kobber, rent kobber og bronse eller legert kobber og bronse. Andre ledere i KL-anlegget er gjerne i materialet rent kobber (Cu-ETP) eller aluminium (Al). Om en benytter ledere av rent kobber (Cu-ETP) som er vektavspent, kan disse ikke utsettes for elektriske påkjenninger som resulterer i at lederens temperatur overstiger 80 °C (Kiessling et al., 2009). Benyttes derimot ledere av legert kobber (CuAg_{0,1} eller CuMg_{0,5}) eller ledere av bronse kan disse ikke utsettes for elektriske påkjenninger som resulterer i at lederens temperatur overstiger 100 °C (Kiessling et al., 2009).

Ved å se på resultatene fra (Tabell 4.4) finner vi at KL-design som benytter en eller flere ledere av rent kobber (Cu-ETP) gjør temperaturbegrensningen til lederne på maksimalt 80 °C at strømføringsvevnen til designet får en begrensning på 600 A. Om vi tar KL-design som benytter ledere av legert kobber (CuAg_{0,1} eller CuMg_{0,5}) og bronse (BzII – CuMg_{0,5}) gjør temperaturbegrensningen til lederne på maksimalt 100 °C at strømføringsvevnen til designet får en begrensning på 800 A for S20 og 1000 A for S25. For energi overføring i vanlig høyspent transmisjonslinje uten vektavspente ledere kan vi se bort fra temperaturbegrensningen men for enkelthets skyld setter jeg for denne typen energioverføring samme temperaturbegrensning som for legert kobber og bronse 100 °C. Dette gir at strømføringsvevnen får en begrensning på 1100 A.

7 Konklusjon og anbefaling

7.1 Konklusjon

JBVs infrastruktur består i hovedsak av to forskjellige KL-systemer, BT-system og AT-system. BT-system har sugetransformatorer med tre kilometers innbyrdes avstand og energioverføringen skjer gjennom KL og overføringsspenningen er 15 kV, 16,7 Hz. AT-system har autotransformatorer med ti kilometers innbyrdes avstand og energioverføringen skjer på egen dedikert linje montert på toppen av KL-mastene og fem kilometers KL-parter parallell kobles til PL slik at togmateriellet har maksimalt to og en halv kilometer energioverføring via KL. Overføringsspenningen for AT-lederne er 30 kV, 16,7 Hz og overføringsspenningen i den parallell koblede KL-en er 15 kV, 16,7 Hz.

Ved å betrakte BT-systemene BTRR og BTRC som benytter KL til overføring av energi fra materstasjon til forbrukerpunkt ser vi at strømføringssevnen varierer med hvilke randbetingelser som opptrer på driftstidspunktet. BTRR med 40 kilometer mellom matestasjoner har en variasjon på 28,1 % i strømføringssevnen for fasevinkel mellom strøm og spenning varierende mellom $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. BTRC med 40 kilometer mellom matestasjoner har en variasjon på 23,0 % i strømføringssevnen for fasevinkel mellom strøm og spenning varierende mellom $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. BTRR med 60 kilometer mellom matestasjoner har en variasjon på 28,0 % i strømføringssevnen for fasevinkel mellom strøm og spenning varierende mellom $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. BTRC med 60 kilometer mellom matestasjoner har en variasjon på 23,0 % i strømføringssevnen for fasevinkel mellom strøm og spenning varierende mellom $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. BTRR har den laveste strømføringssevnen med en verdi på 287,9 A ved en avstand på 60 kilometer mellom matestasjonene. BTRC har den laveste strømføringssevnen med en verdi på 375,6 A ved en avstand på 60 kilometer mellom matestasjonene. Det vil da være BTRR-system med 60 kilometer avstand mellom matestasjonene som vil være den begrensende faktoren for hvilken verdi som kan legges i RINF.

Ved å betrakte AT-systemet som har egen dedikert overføringslinje for energi og henter ut energi via KL kun for den delen hvor belastningen skjer ser vi at strømføringssevnen varierer med hvilke randbetingelser som opptrer på driftstidspunktet. ATRR med 100 kilometer mellom matestasjoner har en variasjon på 28,5 % i strømføringssevnen for fasevinkel mellom strøm og spenning varierende mellom $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. ATRR med 120 kilometer

mellom matestasjoner har en variasjon på 28,5 % i strømføringsvevnen for fasevinkel mellom strøm og spenning varierende mellom $\cos \varphi = 0,7$ og $\cos \varphi = 1,0$. ATRR har den laveste strømføringsvevnen med en verdi på 807,0 A ved en avstand på 120 kilometer mellom matestasjonene. ATRR-system med 120 kilometer avstand mellom matestasjonene som vil være den begrensende faktoren for verdier som kan legges i RINF i framtiden.

$\cos \varphi$	Avstand mellom matestasjoner [km]	KL-anl. BTRR [A]	KL-anl. BTRC [A]	KL-anl. ATRR [A]
0,70	40	431,8	563,4	N/A
1,00	40	600,2	731,5	N/A
0,70	60	287,9	375,6	N/A
1,00	60	400,1	487,6	N/A
0,70	100	N/A	N/A	968,3
1,00	100	N/A	N/A	1353,7
0,70	120	N/A	N/A	807,0
1,00	120	N/A	N/A	1128,1

Tabell 7.1 Maksimal og minimal strømføringsvevne for BTRR, BTRC og ATRR

Behovet for strøm I_{maks} varierer med hvordan konstruksjonen til trekkraftmateriellet er utformet med hensyn på fasevinkel mellom strøm og spenning og ved å legge til grunn hva som må oppfylles i henhold til ENE TSI punkt 4.2.4.1 isteden for å betrakte alle typer togmateriell som trafikkerer JBV's infrastruktur. I følge (Tabell 4.3) er behovet for strøm ved trekkraftmateriellet I_{maks} mellom 166,7 A og 238,1 A etter ENE TSI punkt 4.2.4.1. Det vil si at vi må ta hensyn til det trekkraftmateriellet som har størst fasevinkel mellom strøm og spenning på $\cos \varphi = 0,7$ og et behov for strømmen $I_{maks} = 238,1$ A. Verdiene for strømføringsvevne i de forskjellige KL-systemene er konservativt regnet, all den tid det ikke tas hensyn til mating fra begge sider og at spenningen i forbrukerpunktet konsekvent er lagt til laveste tillatte spenning på 12 kV. (CENELEC, 2004)

7.2 Anbefaling

Det anbefales å melde inn strømverdien 260 A til EUs RINF. Dette er en verdi som ligger mellom den laveste strømføringsvevnen KL-anlegget har og den høyeste strømverdien I_{maks} EU krever skal tilbys operatørselskaper uten at togmateriellet skal utstyres med tiltak for strømbegrensning. Videre er det sterk anbefalelsesverdig å følge opp JBV's implementeringsplan for oppfyllelse av ENE TSIs krav til kontaktledningsanlegg. Denne implementeringsplanen skal oversendes EU innen desember 2015 og vil vær et viktig verktøy for å kunne revidere data i RINF i følge EU revisjonsplaner.

8 Videre arbeid

8.1 Muligheter som finnes i framtidig signal og sikringssystem ERTMS/ETCS.

I det framtidige signal og sikringssystemet ERTMS/ETCS ligger det inne moduler for hvilke datakommunikasjon som skal være en del av systemet. Det vil si at signal og sikringssystemet gir toget instruksjoner om forskjellige forhold ved infrastrukturen. Mest vanlig informasjon vil være signalinformasjon stopp eller kjør (rødt/grønt), neste signals informasjon om stopp eller kjør, hastighetsinformasjon. En parameter som er lagt inn i «datapakken» som kan gi informasjon til toget er I_{maks} . Det vil si at en her kan gi toget informasjon via signal og sikringssystemet om tilgjengelig I_{maks} til en hver tid. Om dette systemet benyttes kan informasjon om I_{maks} gis med forskjellig verdi uavhengig av verdier innlagt i RINF. RINF vil da ha en ren informasjons verdi når nye aktører (togselskaper) ønsker å søke om tilgang til å trafikere JBV's infrastruktur. Hvilken I_{maks} en kan belaste vil være avhengig av infrastrukturens oppbygging og togettheten på den angjeldende strekningen og kommuniseres direkte til toget under drift.

Dette bør analyseres i en egen oppgave ettersom en kan få et mer fleksibelt og dynamisk styrbart system for begrensning av I_{maks} .

8.2 Evaluering av energisparende strategier i trafikkerte jernbanenett ved å implementere et integrert sanntids ruteomleggings system

I boka «Power Supply, Energy Management and Catenary Problems» (Pilo, 2010) er det skrevet et kapittel om energisparende strategier i trafikkerte jernbanenett ved å implementere et integrert sanntids ruteomleggings system som kan gi noen løsninger på sanntids styring av I_{maks} .

Dette bør analyseres i en egen oppgave ettersom en kan få et mer fleksibelt og dynamisk styrbart system for begrensning av I_{maks} .

9 Referanser

- Author (2004) *EN 50163:2004: Railway applications - Supply voltages of traction systems*. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization (Accessed: 14/08/2014).
- Author (2010) *EN 50160:2010: Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization (Accessed: 08/01/2015).
- Author (2012) *EN 50149:2012: Railway applications - Fixed installations - Electric traction - Copper and copper alloy grooved contact wires*. Brussels: European Committee for Electrotechnical Standardization (Accessed: 25/09/2014).
- Det kongelige samferdselsdepartement, Samferdselsdepartementet (2012-2013) *Nasjonal transportplan 2014 – 2023* (Meld. St. 26).
- Author (1981a) *DIN 48201-1:1981-04: Leitungsseile - Seile aus Kupfer*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- Author (1981d) *DIN 48201-2:1981-04: Leitungsseile - Seile aus Kupfer-Knetlegierungen (Bz)*. Berlin: Deutsches Institut für Normung.
- ERA (2011) *COMMISSION DECISION of 26 April 2011 concerning a technical specification for interoperability relating to the 'energy' subsystem of the trans-European conventional rail system*. Brussels: The european commission (2011/274/EU).
- ERA (2014) *COMMISSION REGULATION (EU) No 1301/2014 of 18 November 2014 on the technical specifications for interoperability relating to the 'energy' subsystem of the rail system in the Union*. Brussel: The european commission.
- Franzén, T. and Lundgren, S. (2002) *Elkraftteknikk*. Lund, Sweden: Studentlitteratur.
- Isodraht (2014) *Stranded Conductors Copper and Bronze*. Co, I.G., 30/03/2015.
- JBV (2015a) 'BaneData - Løfteskjema', (Accessed 13/04/2015).
- JBV (2015c) *Jernbaneverket Teknisk regelverk - Banestrømforsyning*. trv.jbv.no: Jernbaneverket. Available at: <https://trv.jbv.no/wiki/Banestr%C3%B8mforsyning> (Accessed: 29/04 2015).
- JBV (2015e) *Jernbaneverket Teknisk regelverk - Hovedside*. trv.jbv.no: Jernbaneverket. Available at: <https://trv.jbv.no/wiki/Forside> (Accessed: 29/04 2015).
- JBV (2015f) *Jernbaneverket Teknisk regelverk - Kontaktledning*. trv.jbv.no: Jernbaneverket. Available at: <https://trv.jbv.no/wiki/Kontaktledning> (Accessed: 29/04 2015).
- JBV (2015j) *Lærebøker i jernbaneteknikk*. jernbanekompetanse.no: Jernbaneverket. Available at: <http://www.jernbanekompetanse.no/wiki/Hovedside> (Accessed: 29/04 2015).
- JBV (2015o) *Lærebøker i jernbaneteknikk - Kontaktledning*. jernbanekompetanse.no: Jernbaneverket. Available at: <http://www.jernbanekompetanse.no/wiki/Kontaktledningsanlegg> (Accessed: 02/05 2015).

- JBV (2015p) *Network Statement 2015*. jernbaneverket.no: Jernbaneverket. Available at: <http://hdl.handle.net/11250/227070> (Accessed: 29/04 2015).
- Jernbane.net (2015) *Elektriske motorvognsett og lokomotiver*. WEB: Jernbane.net. Available at: <http://jernbane.net/phorum/> (Accessed: 24/03 2015).
- jernbane.net and Olsen, B. I. 2015. El. 18. In: togstrøm.png, M. (ed.) *Inkscape 0.91*.
- Kiessling, F., Puschmann, R., Schmieder, A. and Schneider, E. (2009) *Contact Lines for Electric Railways*. 2nd edn. Erlangen, Germany: Publicis Publishing.
- NKT-Cables (2014) *Products for Overhead Catenary Systems (OCS) – more than just a contact wire*. 30/03/2015.
- Olsson, N. and Veiseth, M. (2011) *Jernbanetraffikk*. 1ste edn. Trondheim: Tapir akademisk forlag, p. 104.
- Pilo, E. (2010) *Power Supply, Energy Management and Catenary Problems*. 1st edn. Southampton, UK: WIT Press.
- Sture, P. (1991) *Lærebok i Kontaktledningsanlegg*. Oslo: NSB Baneteknisk kontor.
- Sture, P. (1993) *Lærebok for kontaktledningsingeniører*. (II vols). Oslo: NSB Baneteknisk kontor.
- Wikipedia (2003) *Kobber*. WEB: Wikipedia. Available at: <http://no.wikipedia.org/wiki/Kobber> (Accessed: 27/04 2015).
- Wikipedia (2004) *Aluminium*. WEB: Wikipedia. Available at: <http://no.wikipedia.org/wiki/Aluminium> (Accessed: 27/04 2015).
- Yared, S. (2009) *Utredning av banestrømforsyning. Vestfoldbanen med dobbelspor og fremtidig trafikk. Fase 2: Lang sikt*, Oslo.
- Östlund, S. (2012) *Electric Railway Traction*. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology.

10 Vedlegg

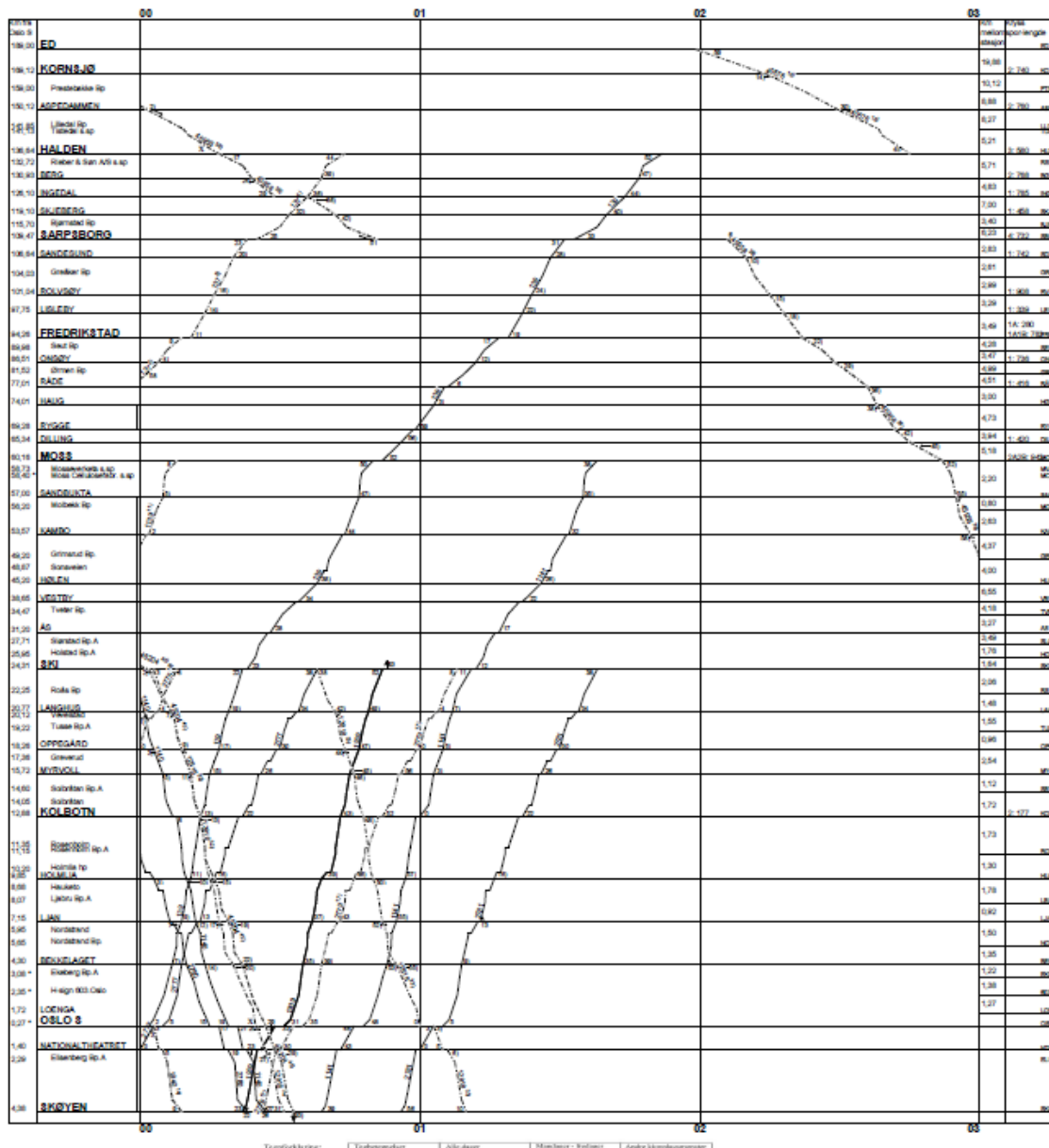
Liste over vedlegg

Vedlegg 10.1 Vedlegg A1 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 00:00-03:00	10-2
Vedlegg 10.2 Vedlegg A2 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 03:00-06:00	10-3
Vedlegg 10.3 Vedlegg A3 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 06:00-09:00	10-4
Vedlegg 10.4 Vedlegg A4 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 09:00-12:00	10-5
Vedlegg 10.5 Vedlegg A5 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 12:00-15:00	10-6
Vedlegg 10.6 Vedlegg A6 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 15:00-18:00	10-7
Vedlegg 10.7 Vedlegg A7 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 18:00-21:00	10-8
Vedlegg 10.8 Vedlegg A8 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 21:00-24:00	10-9
Vedlegg 10.9 Vedlegg B1 – Strømføringskapasitet BTRR 40 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}	10-10
Vedlegg 10.10 Vedlegg B2 – Strømføringskapasitet BTRR 60 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}	10-11
Vedlegg 10.11 Vedlegg B3 – Strømføringskapasitet BTRC 40 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}	10-12
Vedlegg 10.12 Vedlegg B4 – Strømføringskapasitet BTRC 60 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}	10-13
Vedlegg 10.13 Vedlegg B5 – Strømføringskapasitet ATRR 100 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}	10-14
Vedlegg 10.14 Vedlegg B6 – Strømføringskapasitet ATRR 120 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}	10-15

10.1 Vedlegg A1 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 00:00-03:00



BLAD NR. 3 SKØYEN-OSLO - KORNSJØ (V.L) 1) 136, 138, 140, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444, 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464, 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 578, 580, 582, 584, 586, 588, 590, 592, 594, 596, 598, 600, 602, 604, 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 622, 624, 626, 628, 630, 632, 634, 636, 638, 640, 642, 644, 646, 648, 650, 652, 654, 656, 658, 660, 662, 664, 666, 668, 670, 672, 674, 676, 678, 680, 682, 684, 686, 688, 690, 692, 694, 696, 698, 700, 702, 704, 706, 708, 710, 712, 714, 716, 718, 720, 722, 724, 726, 728, 730, 732, 734, 736, 738, 740, 742, 744, 746, 748, 750, 752, 754, 756, 758, 760, 762, 764, 766, 768, 770, 772, 774, 776, 778, 780, 782, 784, 786, 788, 790, 792, 794, 796, 798, 800, 802, 804, 806, 808, 810, 812, 814, 816, 818, 820, 822, 824, 826, 828, 830, 832, 834, 836, 838, 840, 842, 844, 846, 848, 850, 852, 854, 856, 858, 860, 862, 864, 866, 868, 870, 872, 874, 876, 878, 880, 882, 884, 886, 888, 890, 892, 894, 896, 898, 900, 902, 904, 906, 908, 910, 912, 914, 916, 918, 920, 922, 924, 926, 928, 930, 932, 934, 936, 938, 940, 942, 944, 946, 948, 950, 952, 954, 956, 958, 960, 962, 964, 966, 968, 970, 972, 974, 976, 978, 980, 982, 984, 986, 988, 990, 992, 994, 996, 998, 1000.	RUTEORD. NR. 14.2 12) 1805, 1822 Sandager - Fredager, Kjørs like sandager i tiden 8. juli - 10. august 2014. 13) 1803 Alle dager - Kjørs like sandager - Fredager i tiden 30. juni - 8. august 2014. 14) 1840 Skj - Oslo S Sandager - Fredager, Kjørs like i tiden 30. juni - 10. august 2014. Oslo S - Skøyen Mandager - lørdager, Kjørs like i tiden 1. juli - 11. august 2014. 15) 2755, 2758 Alle dager, Kjørs like i tiden 30. juni - 10. august 2014. 16) 2770 Skøyen - Oppgård Sandager - Fredager, Kjørs like i tiden 30. juni - 10. august 2014. Oppgård - Skj Mandager - lørdager, Kjørs like i tiden 1. juli - 11. august 2014. 17) 2779 Mandager - lørdager, Kjørs like i tiden 1. juli - 11. august 2014. 18) 4804, 4807, 4807, 4808 Fredager. 19) 4803, 4807 Sandager. 20) 4800 Fredager, onsdager og torsdager, unntatt helligdager. 21) 4801 Fredager, onsdager og fredager, unntatt helligdager. 22) 4802 Mandager - Sarpsborg Torsdager og fredager, unntatt helligdager. Sarpsborg - Lorange Mandager, lørdager og fredager, unntatt helligdager. Sarpsborg - Heiden Fredager, unntatt helligdager. 23) 4804 Lorange - Sarpsborg Torsdager og fredager, unntatt helligdager. Sarpsborg - Heiden Fredager, unntatt helligdager. 24) 4803 Lorange - Sarpsborg Torsdager og fredager, unntatt helligdager. Sarpsborg - Heiden Fredager, unntatt helligdager. 25) 4804 Lorange - Sarpsborg Torsdager og fredager, unntatt helligdager. Sarpsborg - Heiden Fredager, unntatt helligdager. 26) 4805 Onsdager, unntatt helligdager.	GJELDER FRA OG MED Søndag 15. juni 2014 27) 4807 Lorange - Sarpsborg Mandager - torsdager, unntatt helligdager. Sarpsborg - Heiden Torsdager, unntatt helligdager. 28) 4808 Heiden - Sarpsborg Torsdager, unntatt dag før helligdag. Sarpsborg - Lorange Onsdager og torsdager, unntatt dag før helligdag. 29) 4800 Fredager, unntatt helligdager. 30) 4804, 4805 Mandager - fredager, unntatt helligdager. Kjørs bare etter særskilt kortlagt tid. 31) 4805 Mandager - fredager, unntatt helligdager. Kjørs like i tiden 20. juni - 5. september 2014. 32) 12018 Lorange, unntatt dag etter helligdag. Kjørs like i tiden 5. juli - 8. august 2014. 33) 12018 Mandager - fredager, unntatt helligdager. Kjørs like i tiden 1. juli - 11. august 2014. 34) 4804, 4807, 4808 Fredager. 35) 4803, 4807 Sandager. 36) 4800 Torsdager, onsdager og fredager, unntatt helligdager. 37) 4801 Mandager, fredager, onsdager og fredager. 38) 4802 Mandager - Sarpsborg Mandager - lørdager, Aspedalen - Lorange Mandager - fredager. 39) 47004 Sandager. 40) 4804 Kornsjø - Skj Torsdager, Skj - Skøyen Onsdager. 41) 4807 Mandager og onsdager.
--	---	---

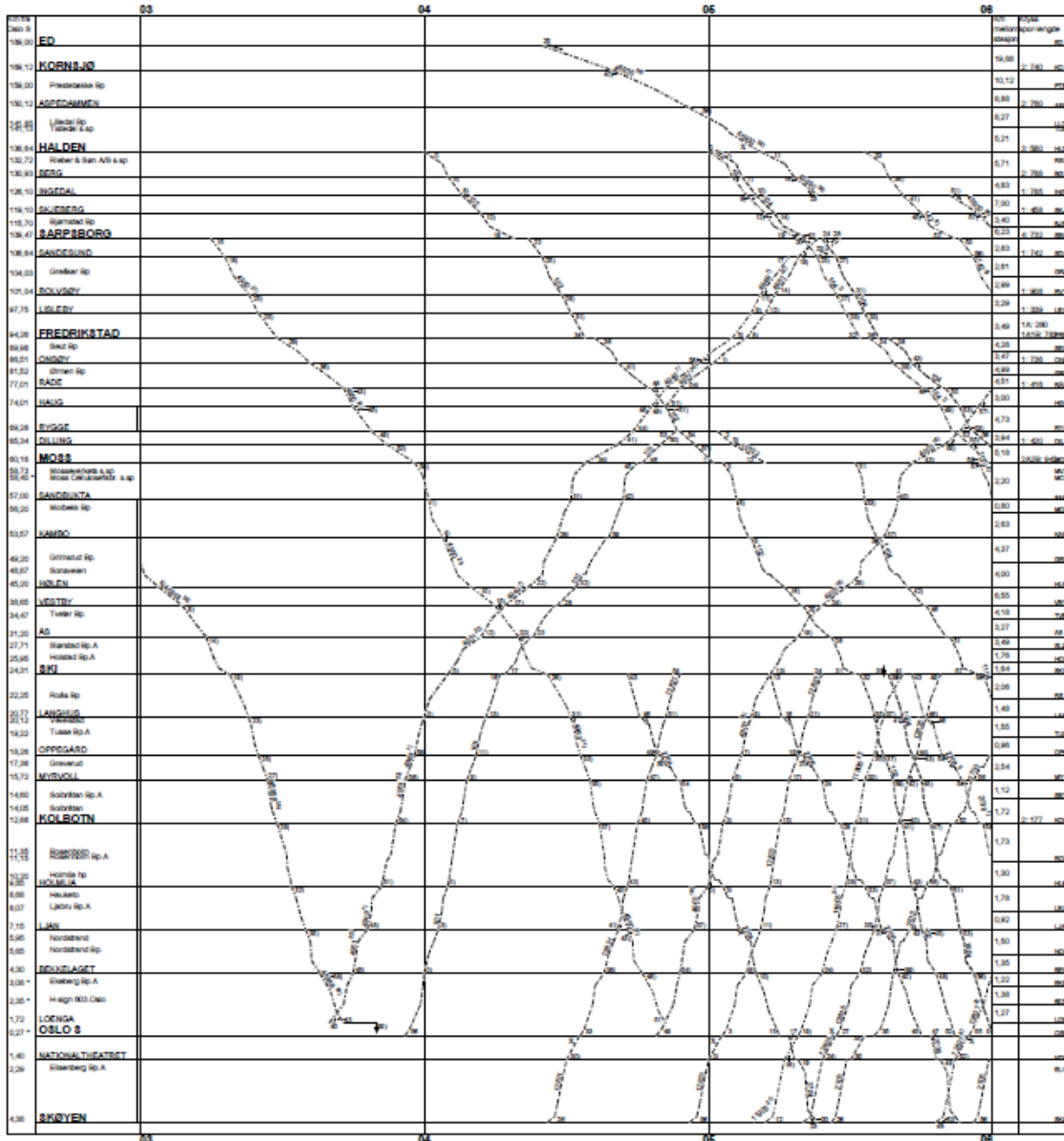


Vedlegg 10.1 Vedlegg A1 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 00:00-03:00

10.2 Vedlegg A2 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 03:00-06:00



BLAD NR. 3 SKØYEN-OSLO - KORNSJØ (V.L)	ROUTEID. NR. 14.2	GJELDER FRA OG MED Søndag 15. juni 2014
1) 136, 138, 142, 144, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444, 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464, 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 578, 580, 582, 584, 586, 588, 590, 592, 594, 596, 598, 600, 602, 604, 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 622, 624, 626, 628, 630, 632, 634, 636, 638, 640, 642, 644, 646, 648, 650, 652, 654, 656, 658, 660, 662, 664, 666, 668, 670, 672, 674, 676, 678, 680, 682, 684, 686, 688, 690, 692, 694, 696, 698, 700, 702, 704, 706, 708, 710, 712, 714, 716, 718, 720, 722, 724, 726, 728, 730, 732, 734, 736, 738, 740, 742, 744, 746, 748, 750, 752, 754, 756, 758, 760, 762, 764, 766, 768, 770, 772, 774, 776, 778, 780, 782, 784, 786, 788, 790, 792, 794, 796, 798, 800, 802, 804, 806, 808, 810, 812, 814, 816, 818, 820, 822, 824, 826, 828, 830, 832, 834, 836, 838, 840, 842, 844, 846, 848, 850, 852, 854, 856, 858, 860, 862, 864, 866, 868, 870, 872, 874, 876, 878, 880, 882, 884, 886, 888, 890, 892, 894, 896, 898, 900, 902, 904, 906, 908, 910, 912, 914, 916, 918, 920, 922, 924, 926, 928, 930, 932, 934, 936, 938, 940, 942, 944, 946, 948, 950, 952, 954, 956, 958, 960, 962, 964, 966, 968, 970, 972, 974, 976, 978, 980, 982, 984, 986, 988, 990, 992, 994, 996, 998, 1000.	1) 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400.	2) 1007, 1008, 1009, 1010, 1011, 1012, 1013, 1014, 1015, 1016, 1017, 1018, 1019, 1020, 1021, 1022, 1023, 1024, 1025, 1026, 1027, 1028, 1029, 1030, 1031, 1032, 1033, 1034, 1035, 1036, 1037, 1038, 1039, 1040, 1041, 1042, 1043, 1044, 1045, 1046, 1047, 1048, 1049, 1050, 1051, 1052, 1053, 1054, 1055, 1056, 1057, 1058, 1059, 1060, 1061, 1062, 1063, 1064, 1065, 1066, 1067, 1068, 1069, 1070, 1071, 1072, 1073, 1074, 1075, 1076, 1077, 1078, 1079, 1080, 1081, 1082, 1083, 1084, 1085, 1086, 1087, 1088, 1089, 1090, 1091, 1092, 1093, 1094, 1095, 1096, 1097, 1098, 1099, 1100, 1101, 1102, 1103, 1104, 1105, 1106, 1107, 1108, 1109, 1110, 1111, 1112, 1113, 1114, 1115, 1116, 1117, 1118, 1119, 1120, 1121, 1122, 1123, 1124, 1125, 1126, 1127, 1128, 1129, 1130, 1131, 1132, 1133, 1134, 1135, 1136, 1137, 1138, 1139, 1140, 1141, 1142, 1143, 1144, 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151, 1152, 1153, 1154, 1155, 1156, 1157, 1158, 1159, 1160, 1161, 1162, 1163, 1164, 1165, 1166, 1167, 1168, 1169, 1170, 1171, 1172, 1173, 1174, 1175, 1176, 1177, 1178, 1179, 1180, 1181, 1182, 1183, 1184, 1185, 1186, 1187, 1188, 1189, 1190, 1191, 1192, 1193, 1194, 1195, 1196, 1197, 1198, 1199, 1200, 1201, 1202, 1203, 1204, 1205, 1206, 1207, 1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219, 1220, 1221, 1222, 1223, 1224, 1225, 1226, 1227, 1228, 1229, 1230, 1231, 1232, 1233, 1234, 1235, 1236, 1237, 1238, 1239, 1240, 1241, 1242, 1243, 1244, 1245, 1246, 1247, 1248, 1249, 1250, 1251, 1252, 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260, 1261, 1262, 1263, 1264, 1265, 1266, 1267, 1268, 1269, 1270, 1271, 1272, 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279, 1280, 1281, 1282, 1283, 1284, 1285, 1286, 1287, 1288, 1289, 1290, 1291, 1292, 1293, 1294, 1295, 1296, 1297, 1298, 1299, 1300, 1301, 1302, 1303, 1304, 1305, 1306, 1307, 1308, 1309, 1310, 1311, 1312, 1313, 1314, 1315, 1316, 1317, 1318, 1319, 1320, 1321, 1322, 1323, 1324, 1325, 1326, 1327, 1328, 1329, 1330, 1331, 1332, 1333, 1334, 1335, 1336, 1337, 1338, 1339, 1340, 1341, 1342, 1343, 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352, 1353, 1354, 1355, 1356, 1357, 1358, 1359, 1360, 1361, 1362, 1363, 1364, 1365, 1366, 1367, 1368, 1369, 1370, 1371, 1372, 1373, 1374, 1375, 1376, 1377, 1378, 1379, 1380, 1381, 1382, 1383, 1384, 1385, 1386, 1387, 1388, 1389, 1390, 1391, 1392, 1393, 1394, 1395, 1396, 1397, 1398, 1399, 1400.

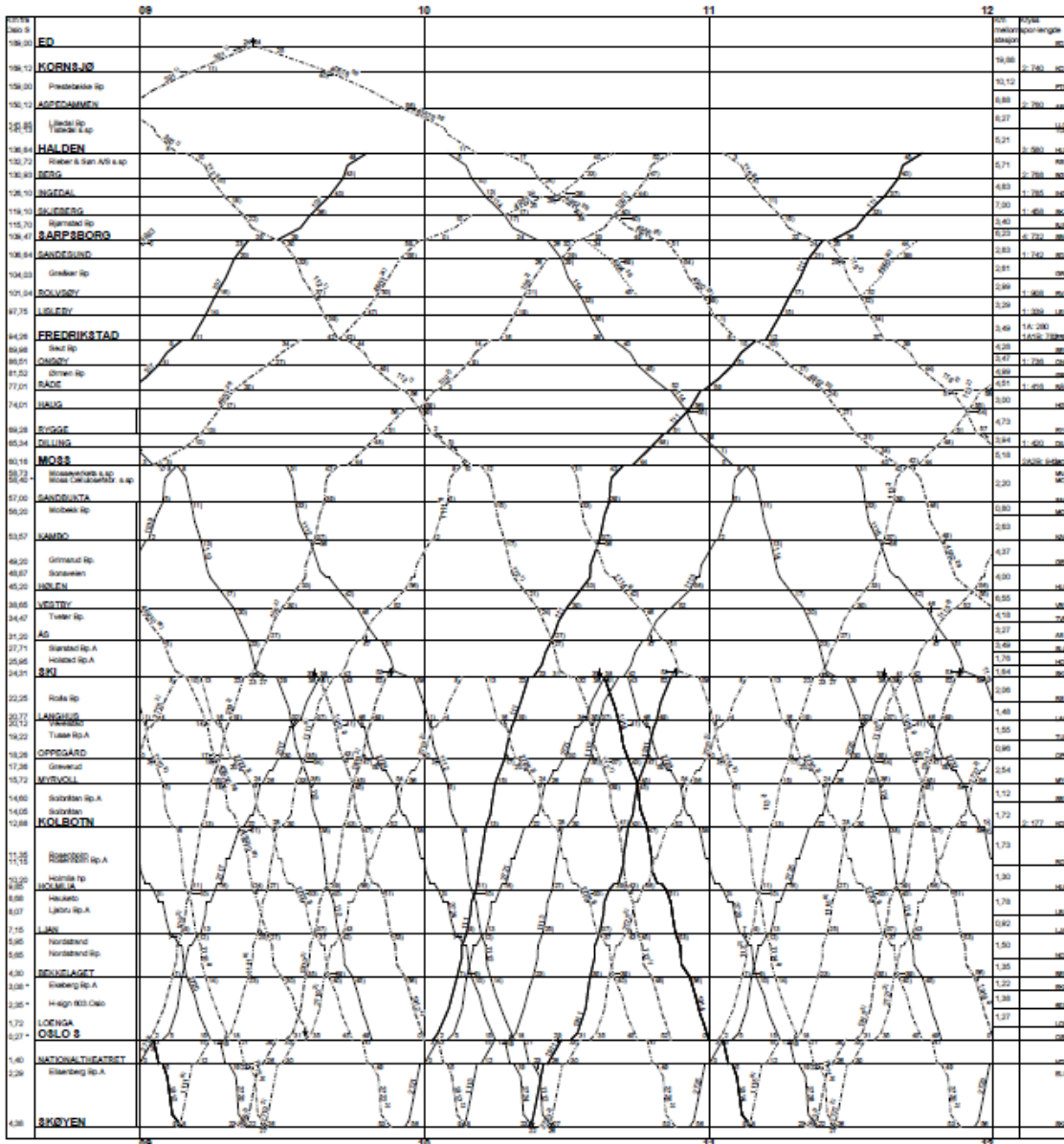


Vedlegg 10.2 Vedlegg A2 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 03:00-06:00

10.4 Vedlegg A4 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 09:00-12:00



BLAD NR. 3 SKØYEN-OSLO - KORNSJØ (V.L.)	RUTEORD. NR. 14.2	GJELDER FRA OG MED: Søndag 15. juni 2014
1) 108, 109, 111, 260, 261, 1108, 1109, 2708, 2709 Mandager - lørdager unntatt helligdager. 108, 109, 110, 110, 260, 261, 1108, 1109, 2708, 2709, 2710, 2711, 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718, 2719, 2720, 2721, 2722, 2723, 2724 Mandager - lørdager unntatt helligdager. Kjøre ikke lørdager i løn 5. jul - 8. august 2014. 2) 120, 121, 122, 123, 1917, 1921, 1924, 1928, 2730, 2731, 2740, 2741, 2746, 2747, 2750, 2751, 2754 Alle dager. Kjøre ikke lørdager og søndager i løn 5. jul - 10. august 2014. 3) 136, 137, 138, 139, 1920, 1923, 1925, 1927, 2752, 2753, 2760, 2761, 2770, 2771, 2774, 2775 Søndager - fredager. Kjøre ikke i løn 30. juni - 10. august 2014. 4) 137 Oslo S - Østby Sandager - fredager. Kjøre ikke i løn 30. juni - 10. august 2014. Østby - Halden Mandager - lørdager. Kjøre ikke i løn 1. jul - 11. august 2014. 5) 141, 142, 143, 144, 1150, 1154, 1161, 1163, 2804, 2805, 2806, 2807, 2808, 2810, 2811, 2854, 2855, 2856, 12820, 12821, 12824, 12827, 12828, 12831, 12835, 12837, 12838, 12842, 12843, 12844 Mandager - fredager unntatt helligdager. Kjøre ikke i løn 30. juni - 8. august 2014. 6) 154, 4854 Lørdager unntatt helligdager. 7) 156 Helligdager. 8) 1115, 1117, 1114, 1115 Alle dager. Kjøre ikke søndager i løn 5. jul - 10. august 2014. 9) 1130, 1131, 1134, 1135, 1138, 1908 Alle dager. Kjøre ikke lørdager i løn 5. jul - 9. august 2014. 10) 1130, 1131, 1134, 1135, 1138, 1908 Alle dager. Kjøre ikke lørdager i løn 5. jul - 9. august 2014. 11) 1108 Skøyen - Kambo Alle dager. Kjøre ikke lørdager i løn 5. jul - 9. august 2014. Kambo - Moss Alle dager. Kjøre ikke lørdager i løn 5. jul - 10. august 2014. 12) 1625, 1622 Søndager - fredager. Kjøre ikke søndager i løn 5. jul - 10. august 2014. 13) 1630 Alle dager. Kjøre ikke mandager - fredager i løn 30. juni - 8. august 2014. 14) 1940 Skj - Oslo S Sandager - fredager. Kjøre ikke i løn 30. juni - 10. august 2014. Oslo S - Skøyen Mandager - lørdager. Kjøre ikke i løn 1. jul - 11. august 2014. 15) 2755, 2758 Alle dager. Kjøre ikke i løn 30. juni - 10. august 2014. 16) 2775 Skøyen - Opplysningsvesenetsveien - fredager. Kjøre ikke i løn 30. juni - 10. august 2014. 17) 2779 Mandager - lørdager. Kjøre ikke i løn 1. jul - 11. august 2014. 18) 2779 Mandager - lørdager. Kjøre ikke i løn 1. jul - 11. august 2014. 19) 4854, 4857 Søndager. 20) 4854 Søndager unntatt dag før helligdag. 21) 4857 Fredager unntatt helligdager. 22) 4857 Fredager, søndager og fredager unntatt helligdager. 23) 4857 Mandager - lørdager og fredager unntatt helligdager. 24) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 25) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 26) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 27) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 28) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 29) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 30) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 31) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 32) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 33) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 34) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 35) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 36) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 37) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 38) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 39) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 40) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 41) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 42) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 43) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 44) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 45) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 46) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 47) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 48) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 49) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 50) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 51) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 52) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 53) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 54) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 55) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 56) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 57) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 58) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 59) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 60) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 61) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 62) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 63) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 64) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 65) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 66) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 67) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 68) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 69) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 70) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 71) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 72) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 73) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 74) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 75) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 76) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 77) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 78) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 79) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 80) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 81) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 82) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 83) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 84) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 85) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 86) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 87) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 88) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 89) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 90) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 91) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 92) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 93) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 94) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 95) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 96) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 97) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 98) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 99) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 100) 4857 Lørdager - søndager og fredager unntatt helligdager. 		

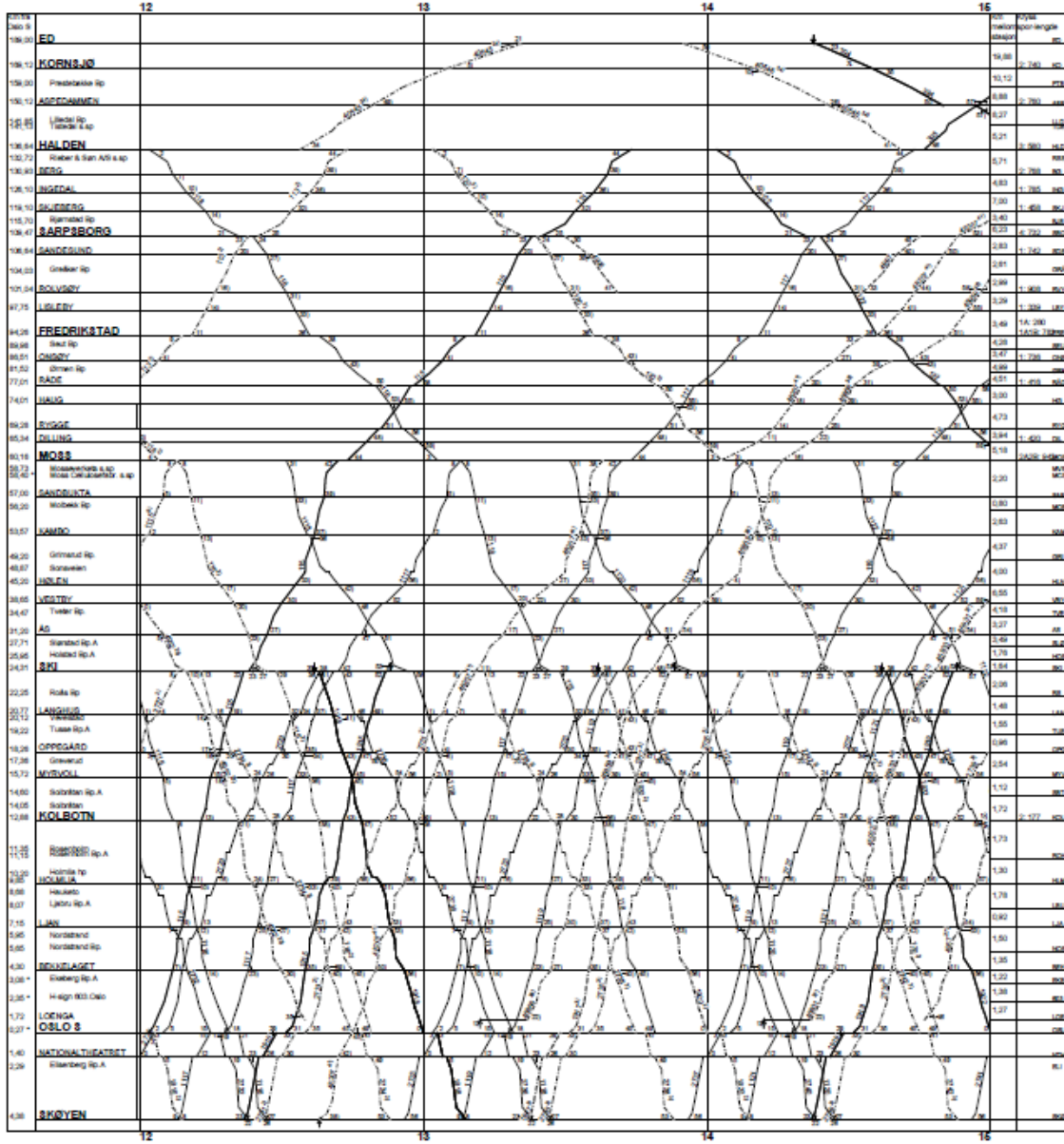


Vedlegg 10.4 Vedlegg A4 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 09:00-12:00

10.5 Vedlegg A5 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 12:00-15:00



BLAD NR. 3 SKØYEN-OSLO - KORNSJØ (V.L)	RUTEORD. NR. 14.2	GJELDER FRA OG MED: Søndag 15. juni 2014
13) 135, 138, 141, 143, 145, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444, 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464, 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 578, 580, 582, 584, 586, 588, 590, 592, 594, 596, 598, 600, 602, 604, 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 622, 624, 626, 628, 630, 632, 634, 636, 638, 640, 642, 644, 646, 648, 650, 652, 654, 656, 658, 660, 662, 664, 666, 668, 670, 672, 674, 676, 678, 680, 682, 684, 686, 688, 690, 692, 694, 696, 698, 700, 702, 704, 706, 708, 710, 712, 714, 716, 718, 720, 722, 724, 726, 728, 730, 732, 734, 736, 738, 740, 742, 744, 746, 748, 750, 752, 754, 756, 758, 760, 762, 764, 766, 768, 770, 772, 774, 776, 778, 780, 782, 784, 786, 788, 790, 792, 794, 796, 798, 800, 802, 804, 806, 808, 810, 812, 814, 816, 818, 820, 822, 824, 826, 828, 830, 832, 834, 836, 838, 840, 842, 844, 846, 848, 850, 852, 854, 856, 858, 860, 862, 864, 866, 868, 870, 872, 874, 876, 878, 880, 882, 884, 886, 888, 890, 892, 894, 896, 898, 900, 902, 904, 906, 908, 910, 912, 914, 916, 918, 920, 922, 924, 926, 928, 930, 932, 934, 936, 938, 940, 942, 944, 946, 948, 950, 952, 954, 956, 958, 960, 962, 964, 966, 968, 970, 972, 974, 976, 978, 980, 982, 984, 986, 988, 990, 992, 994, 996, 998, 1000.	13) 135, 138, 141, 143, 145, 146, 148, 150, 152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168, 170, 172, 174, 176, 178, 180, 182, 184, 186, 188, 190, 192, 194, 196, 198, 200, 202, 204, 206, 208, 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240, 242, 244, 246, 248, 250, 252, 254, 256, 258, 260, 262, 264, 266, 268, 270, 272, 274, 276, 278, 280, 282, 284, 286, 288, 290, 292, 294, 296, 298, 300, 302, 304, 306, 308, 310, 312, 314, 316, 318, 320, 322, 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338, 340, 342, 344, 346, 348, 350, 352, 354, 356, 358, 360, 362, 364, 366, 368, 370, 372, 374, 376, 378, 380, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394, 396, 398, 400, 402, 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418, 420, 422, 424, 426, 428, 430, 432, 434, 436, 438, 440, 442, 444, 446, 448, 450, 452, 454, 456, 458, 460, 462, 464, 466, 468, 470, 472, 474, 476, 478, 480, 482, 484, 486, 488, 490, 492, 494, 496, 498, 500, 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 526, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540, 542, 544, 546, 548, 550, 552, 554, 556, 558, 560, 562, 564, 566, 568, 570, 572, 574, 576, 578, 580, 582, 584, 586, 588, 590, 592, 594, 596, 598, 600, 602, 604, 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618, 620, 622, 624, 626, 628, 630, 632, 634, 636, 638, 640, 642, 644, 646, 648, 650, 652, 654, 656, 658, 660, 662, 664, 666, 668, 670, 672, 674, 676, 678, 680, 682, 684, 686, 688, 690, 692, 694, 696, 698, 700, 702, 704, 706, 708, 710, 712, 714, 716, 718, 720, 722, 724, 726, 728, 730, 732, 734, 736, 738, 740, 742, 744, 746, 748, 750, 752, 754, 756, 758, 760, 762, 764, 766, 768, 770, 772, 774, 776, 778, 780, 782, 784, 786, 788, 790, 792, 794, 796, 798, 800, 802, 804, 806, 808, 810, 812, 814, 816, 818, 820, 822, 824, 826, 828, 830, 832, 834, 836, 838, 840, 842, 844, 846, 848, 850, 852, 854, 856, 858, 860, 862, 864, 866, 868, 870, 872, 874, 876, 878, 880, 882, 884, 886, 888, 890, 892, 894, 896, 898, 900, 902, 904, 906, 908, 910, 912, 914, 916, 918, 920, 922, 924, 926, 928, 930, 932, 934, 936, 938, 940, 942, 944, 946, 948, 950, 952, 954, 956, 958, 960, 962, 964, 966, 968, 970, 972, 974, 976, 978, 980, 982, 984, 986, 988, 990, 992, 994, 996, 998, 1000.	27) 487 Løvege - Sarpsborg Mandag - torsdag unntatt helligdager. Sarpsborg - Halden Torsdag - unntatt helligdager. 28) 488 Halden - Sarpsborg Torsdag unntatt dag før helligdag. Sarpsborg - Løvege Onsdag og torsdag unntatt dag før helligdag. 29) 489 Fredag unntatt helligdager. 30) 490, 491 Mandag - Fredag unntatt helligdager. Kjøres bare etter særskilt kunngjøring. 31) 1168 Mandag - Fredag unntatt helligdager. Kjøres ikke i løren 20. juni - 5. september 2014. 32) 1218 Lørdag unntatt dag etter helligdag. Kjøres ikke i løren 5. juli - 8. august 2014. 33) 1219 Mandag - Fredag unntatt helligdager. Kjøres ikke i løren 1. juli - 11. august 2014. 34) 4245, 4251, 4258 Torsdag. 35) 4252, 4253, 4258 Torsdag. 36) 4254, 4255 Mandag - Fredag. 37) 4256 Mandag, torsdag og fredag unntatt helligdager. 38) 4257, 4258, 4259 Mandag - torsdag, Aspeidstinnen - Løvege Mandag - Fredag. 39) 4259 Mandag. 40) 4264 Kjøring - SK Torsdag - SK - Skøyen Onsdag. 41) 4267 Mandag og onsdag.

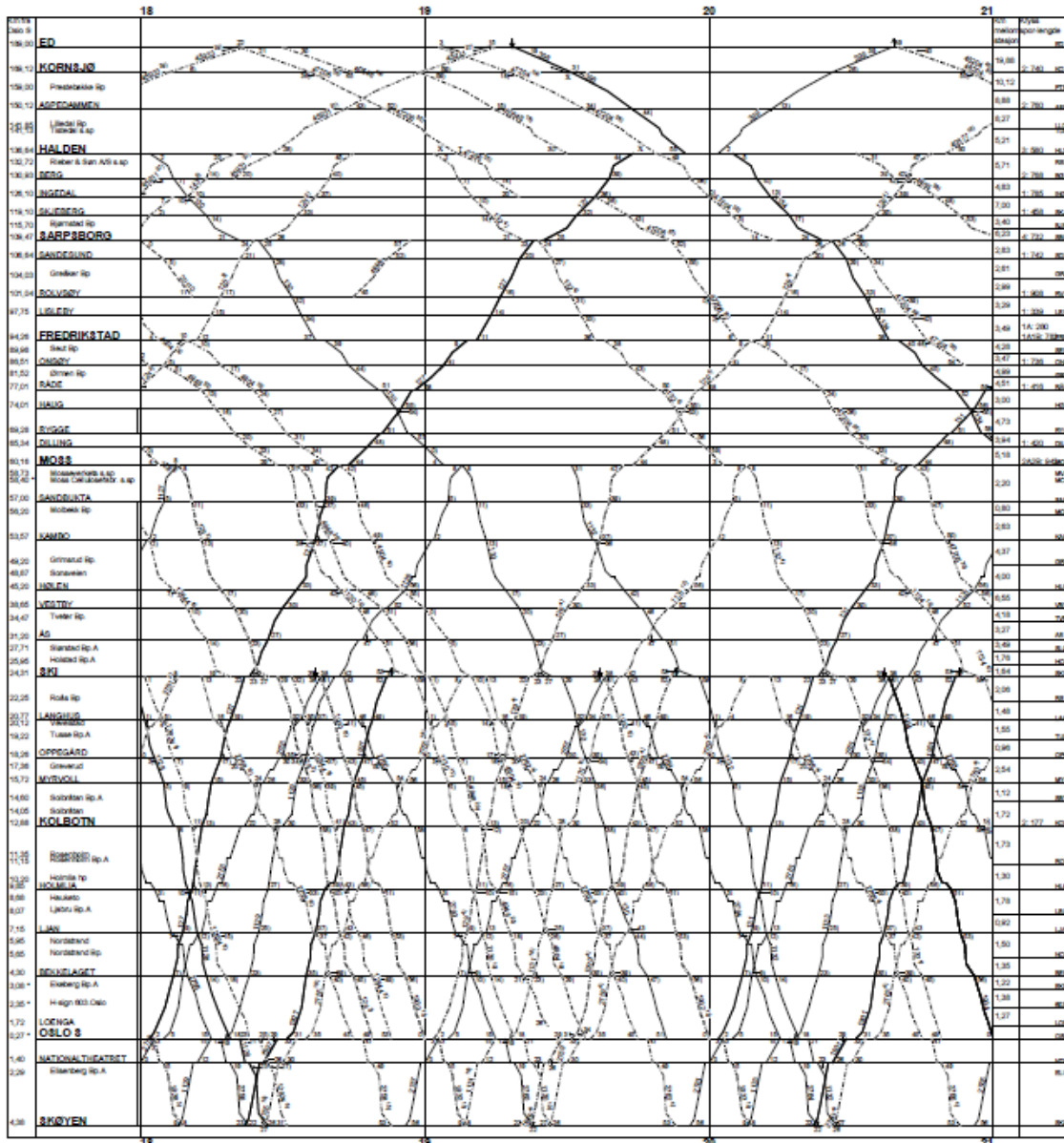


Vedlegg 10.5 Vedlegg A5 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 12:00-15:00

10.7 Vedlegg A7 – Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 18:00-21:00

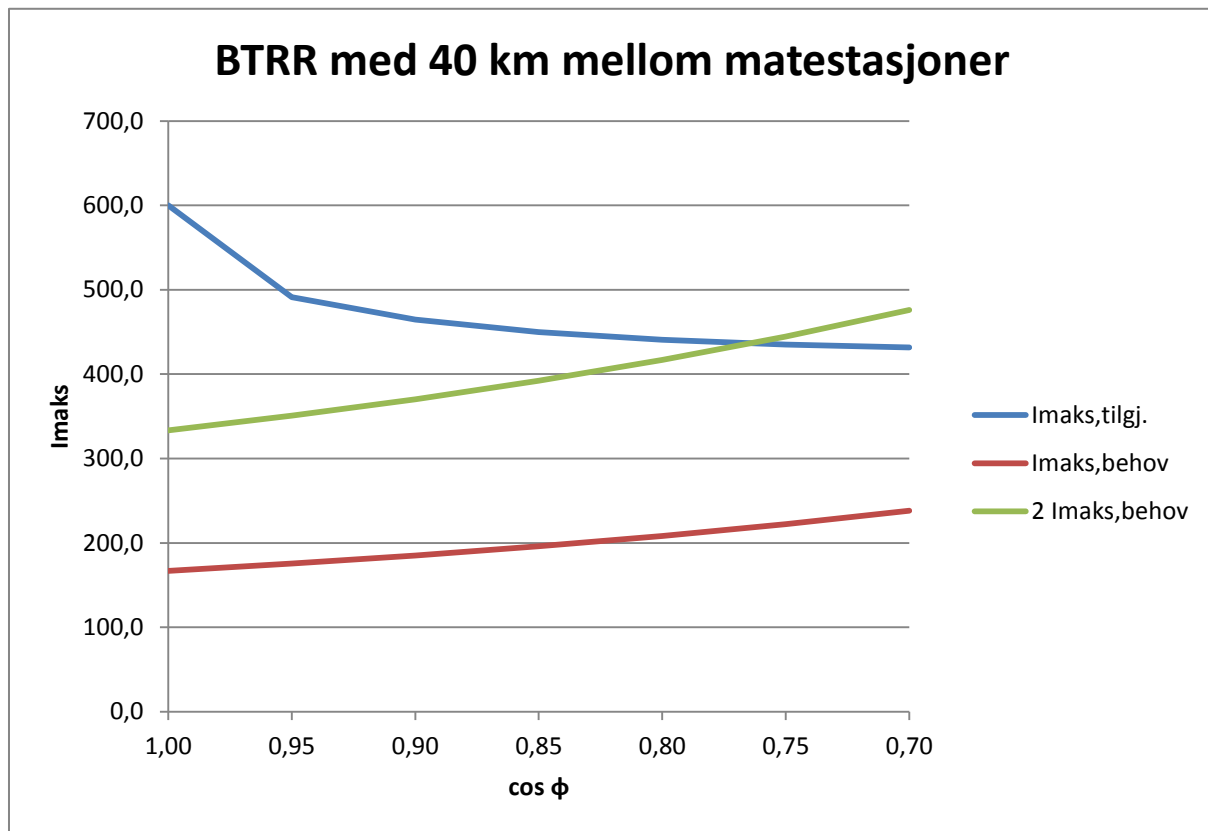


BLAD NR. 3	RUTEORD. NR.	GJELDER FRA OG MED
SKØYEN-OSLO - KORNSJØ (V.L)	14.2	Søndag 15. juni 2014
17 135, 136, 137, 202, 203, 1138, 1139, 1140, 2138, 2139 Mandager - søndager unntatt helligdager. 18 138, 139, 113, 114, 1605, 1606, 1607, 1613, 1614, 1620, 2140, 2141, 2148, 2149, 2152, 2153, 2156, 2157, 2158, 2159 Mandager - søndager unntatt helligdager. Kjørte ikke søndag i tiden 5. juli - 8. august 2014. 19 120, 121, 122, 123, 1917, 1921, 1924, 1928, 2156, 2158, 2159, 2140, 2141, 2148, 2149, 2152, 2153, 2156, 2157, 2158 Alle dager. Kjørte ikke søndag og søndager i tiden 5. juli - 10. august 2014. 20 126, 132, 133, 134, 1926, 1923, 1929, 1937, 2156, 2162, 2163, 2166, 2167, 2171, 2174, 2178, 2179 Søndager - fredager. Kjørte ikke i tiden 30. juni - 10. august 2014. 21 137 Oslo S - Ormsøy Søndager - fredager. Kjørte ikke i tiden 30. juni - 10. august 2014. Ormsøy - Halden Mandager - søndager. Kjørte ikke i tiden 1. juli - 11. august 2014. 22 142, 143, 144, 1150, 1154, 1151, 1163, 2084, 2085, 2086, 2087, 2094, 2091, 2091, 2094, 2086, 2088, 12620, 12621, 12624, 12627, 12628, 12631, 12635, 12637, 12638, 12641, 12643, 12644 Mandager - fredager unntatt helligdager. Kjørte ikke i tiden 30. juni - 8. august 2014. 23 154, 486 Søndager unntatt helligdager. 24 159 Helligdager. 25 1115, 1111, 1114, 1115 Alle dager. Kjørte ikke søndag i tiden 5. juli - 10. august 2014. 26 1130, 1131, 1134, 1135, 1138, 1808 Alle dager. Kjørte ikke søndag i tiden 5. juli - 9. august 2014. 27 1138 Skøyen - Karbo Alle dager. Kjørte ikke søndag i tiden 5. juli - 8. august 2014. Karbo - Moss Alle dager. Kjørte ikke søndag i tiden 5. juli - 10. august 2014.	13 1605, 1622 Søndager - fredager. Kjørte ikke søndag i tiden 5. juli - 10. august 2014. 14 1940 Alle dager. Kjørte ikke søndag - fredager i tiden 30. juni - 8. august 2014. 15 1940 Skj - Oslo S Søndager - fredager. Kjørte ikke i tiden 30. juni - 10. august 2014. Oslo S - Skøyen Mandager - søndager. Kjørte ikke i tiden 1. juli - 11. august 2014. 16 2155, 2158 Alle dager. Kjørte ikke i tiden 30. juni - 10. august 2014. 17 2173 Skøyen - Opplysningsvesenetsvesen Mandager - fredager. Kjørte ikke i tiden 30. juni - 10. august 2014. 18 2179 Mandager - søndager. Kjørte ikke i tiden 1. juli - 11. august 2014. 19 4843, 4871 Søndager. 20 4844, 4847, 4877, 4854 Søndager. 21 4845 Søndager unntatt dag før helligdag. 22 4846 Søndager unntatt dag før helligdag. 23 4847 Halden - Sarpsborg Tirsdager og fredager unntatt helligdager. Sarpsborg - Løngta Mandager, tirsdager og fredager unntatt helligdager. 24 4851 Løngta - Sarpsborg Tirsdager og fredager unntatt helligdager. Sarpsborg - Halden Fredager unntatt helligdager. 25 4854 Søndager unntatt helligdager. 26 4855 Søndager unntatt helligdager.	27 4857 Løngta - Opplysningsvesenetsvesen Søndager unntatt helligdager. Sarpsborg - Halden Søndager unntatt helligdager. 28 4858 Halden - Sarpsborg Tirsdager unntatt dag før helligdag. Sarpsborg - Løngta Onsdager og søndager unntatt dag før helligdag. 29 4860 Fredager unntatt helligdager. 30 4861, 4862 Mandager - fredager unntatt helligdager. Kjørte ikke etter uersatt kursplaning. 31 11605 Mandager - fredager unntatt helligdager. Kjørte ikke i tiden 20. juni - 5. september 2014. 32 12018 Søndager unntatt dag etter helligdag. Kjørte ikke i tiden 5. juli - 8. august 2014. 33 12018 Mandager - fredager unntatt helligdager. Kjørte ikke i tiden 1. juli - 11. august 2014. 34 4874, 4879, 4854 Søndager. 35 4879, 4854, 4720 Søndager. 36 4879, 4854 Mandager - fredager. 37 4879, 4854 Mandager, tirsdager, onsdager og fredager. 38 4879, 4854 Mandager, tirsdager, onsdager og fredager. 39 4879, 4854 Mandager - fredager. 40 4879, 4854 Mandager - fredager. 41 4879, 4854 Mandager - fredager. 42 4879, 4854 Mandager - fredager. 43 4879, 4854 Mandager - fredager. 44 4879, 4854 Mandager - fredager. 45 4879, 4854 Mandager - fredager. 46 4879, 4854 Mandager - fredager. 47 4879, 4854 Mandager - fredager. 48 4879, 4854 Mandager - fredager. 49 4879, 4854 Mandager - fredager. 50 4879, 4854 Mandager - fredager. 51 4879, 4854 Mandager - fredager. 52 4879, 4854 Mandager - fredager. 53 4879, 4854 Mandager - fredager. 54 4879, 4854 Mandager - fredager. 55 4879, 4854 Mandager - fredager. 56 4879, 4854 Mandager - fredager. 57 4879, 4854 Mandager - fredager. 58 4879, 4854 Mandager - fredager. 59 4879, 4854 Mandager - fredager. 60 4879, 4854 Mandager - fredager. 61 4879, 4854 Mandager - fredager. 62 4879, 4854 Mandager - fredager. 63 4879, 4854 Mandager - fredager. 64 4879, 4854 Mandager - fredager. 65 4879, 4854 Mandager - fredager. 66 4879, 4854 Mandager - fredager. 67 4879, 4854 Mandager - fredager. 68 4879, 4854 Mandager - fredager. 69 4879, 4854 Mandager - fredager. 70 4879, 4854 Mandager - fredager. 71 4879, 4854 Mandager - fredager. 72 4879, 4854 Mandager - fredager. 73 4879, 4854 Mandager - fredager. 74 4879, 4854 Mandager - fredager. 75 4879, 4854 Mandager - fredager. 76 4879, 4854 Mandager - fredager. 77 4879, 4854 Mandager - fredager. 78 4879, 4854 Mandager - fredager. 79 4879, 4854 Mandager - fredager. 80 4879, 4854 Mandager - fredager. 81 4879, 4854 Mandager - fredager. 82 4879, 4854 Mandager - fredager. 83 4879, 4854 Mandager - fredager. 84 4879, 4854 Mandager - fredager. 85 4879, 4854 Mandager - fredager. 86 4879, 4854 Mandager - fredager. 87 4879, 4854 Mandager - fredager. 88 4879, 4854 Mandager - fredager. 89 4879, 4854 Mandager - fredager. 90 4879, 4854 Mandager - fredager. 91 4879, 4854 Mandager - fredager. 92 4879, 4854 Mandager - fredager. 93 4879, 4854 Mandager - fredager. 94 4879, 4854 Mandager - fredager. 95 4879, 4854 Mandager - fredager. 96 4879, 4854 Mandager - fredager. 97 4879, 4854 Mandager - fredager. 98 4879, 4854 Mandager - fredager. 99 4879, 4854 Mandager - fredager. 100 4879, 4854 Mandager - fredager.



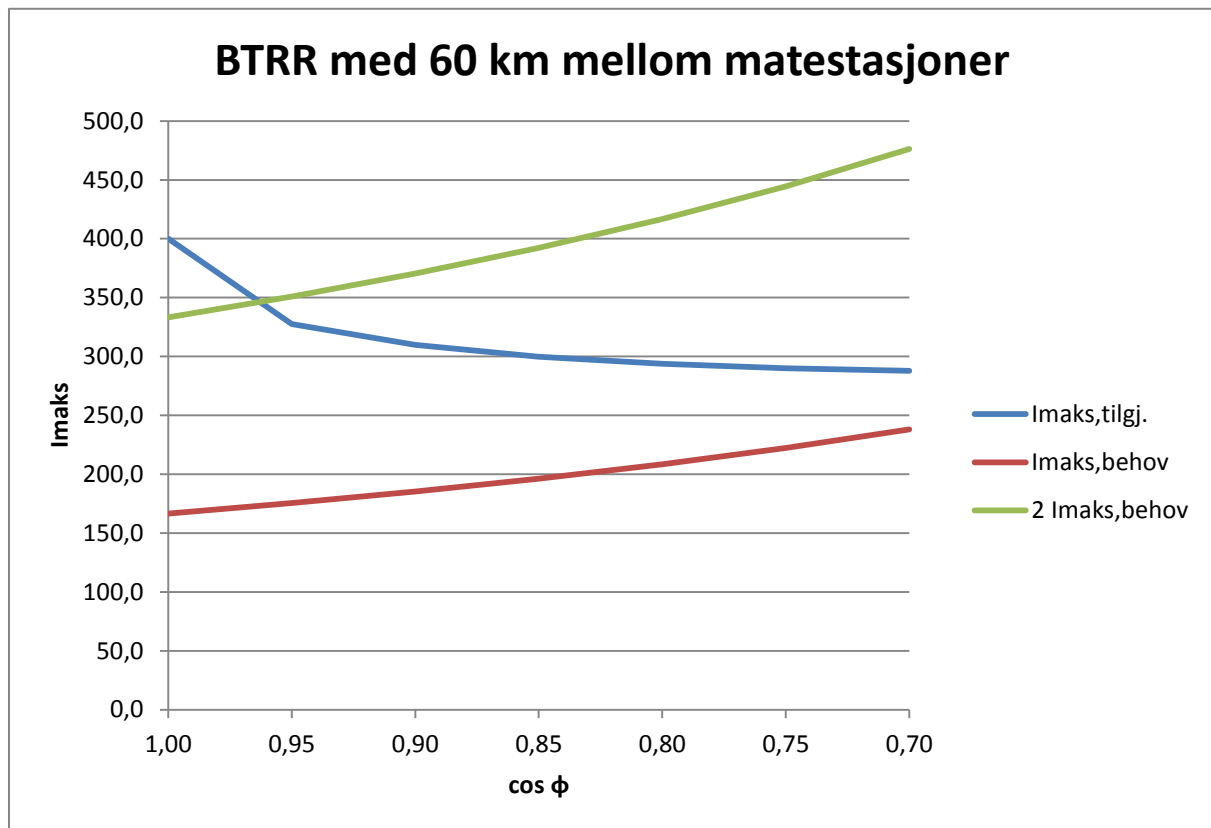
Vedlegg 10.7 Vedlegg A7 - Grafisk rutetabell Oslo S – Kornsjø 18:00-21:00

10.9 Vedlegg B1 – Strømføringskapasitet BTRR 40 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}



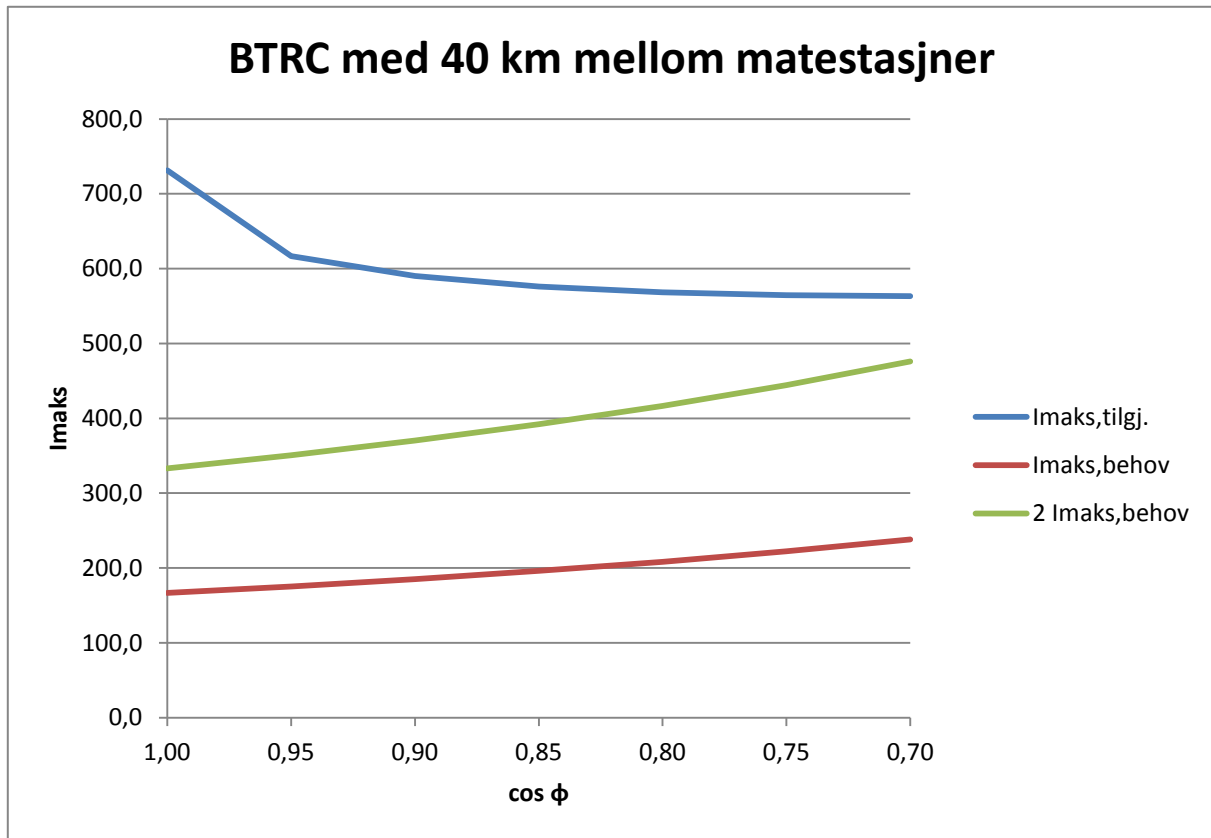
Vedlegg 10.9 Vedlegg B1 – Strømføringskapasitet BTRR 40 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}

10.10 Vedlegg B2 – Strømføringskapasitet BTRR 60 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}



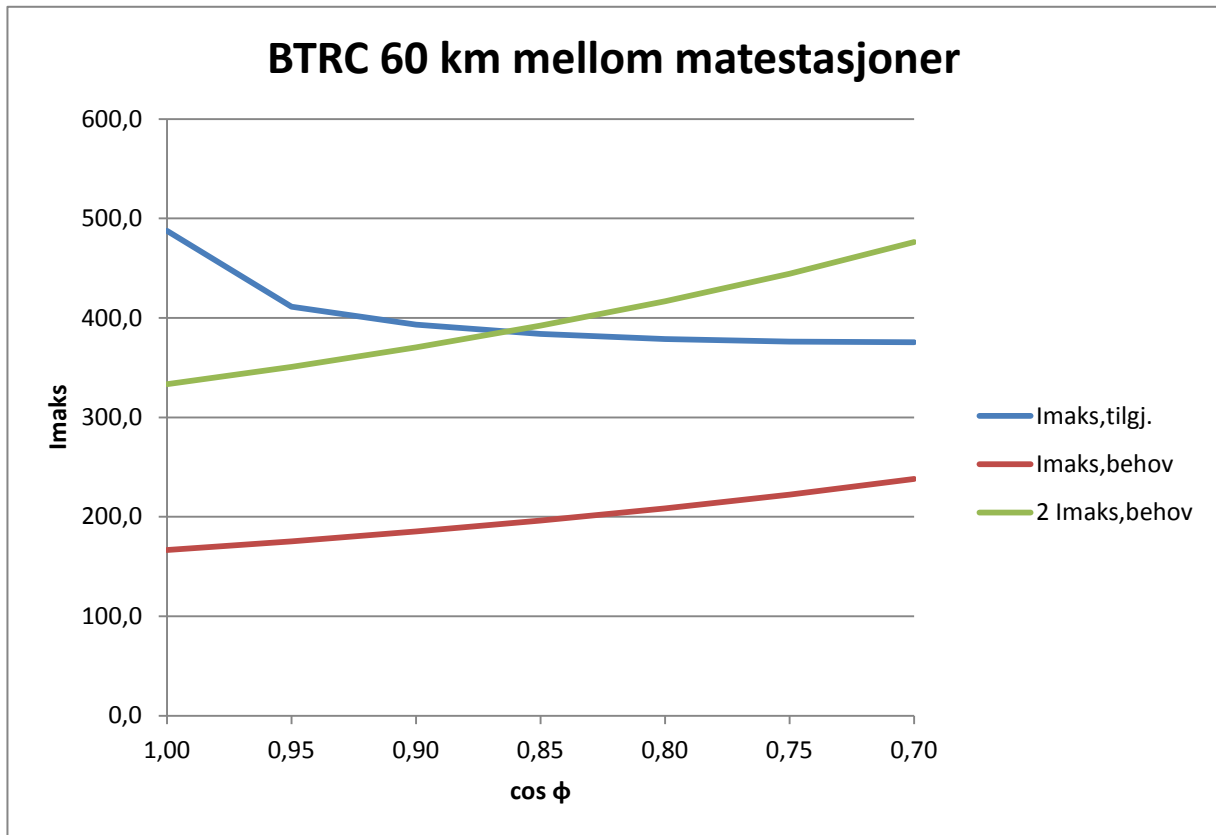
Vedlegg 10.10 Vedlegg B2 – Strømføringskapasitet BTRR 60 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}

10.11 Vedlegg B3 – Strømføringskapasitet BTRC 40 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}



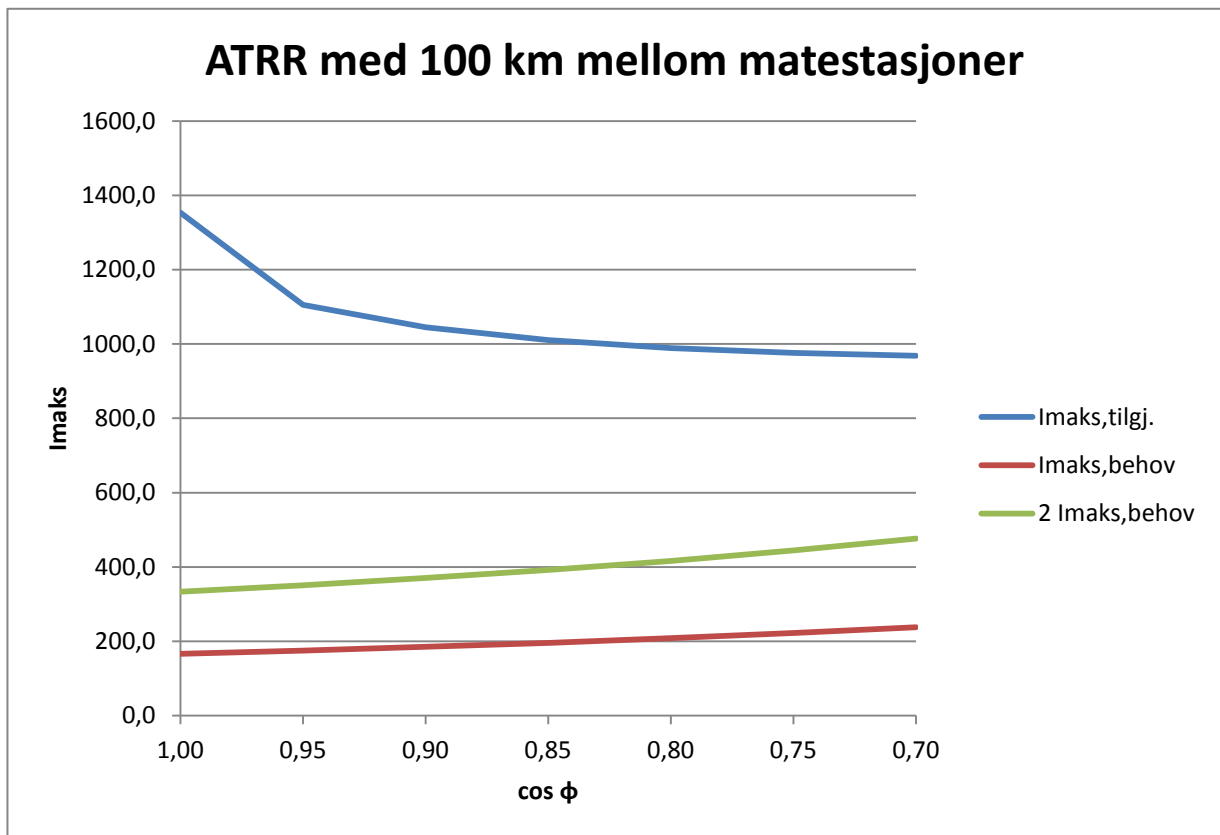
Vedlegg 10.11 Vedlegg B3 – Strømføringskapasitet BTRC 40 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}

10.12 Vedlegg B4 – Strømføringskapasitet BTRC 60 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}



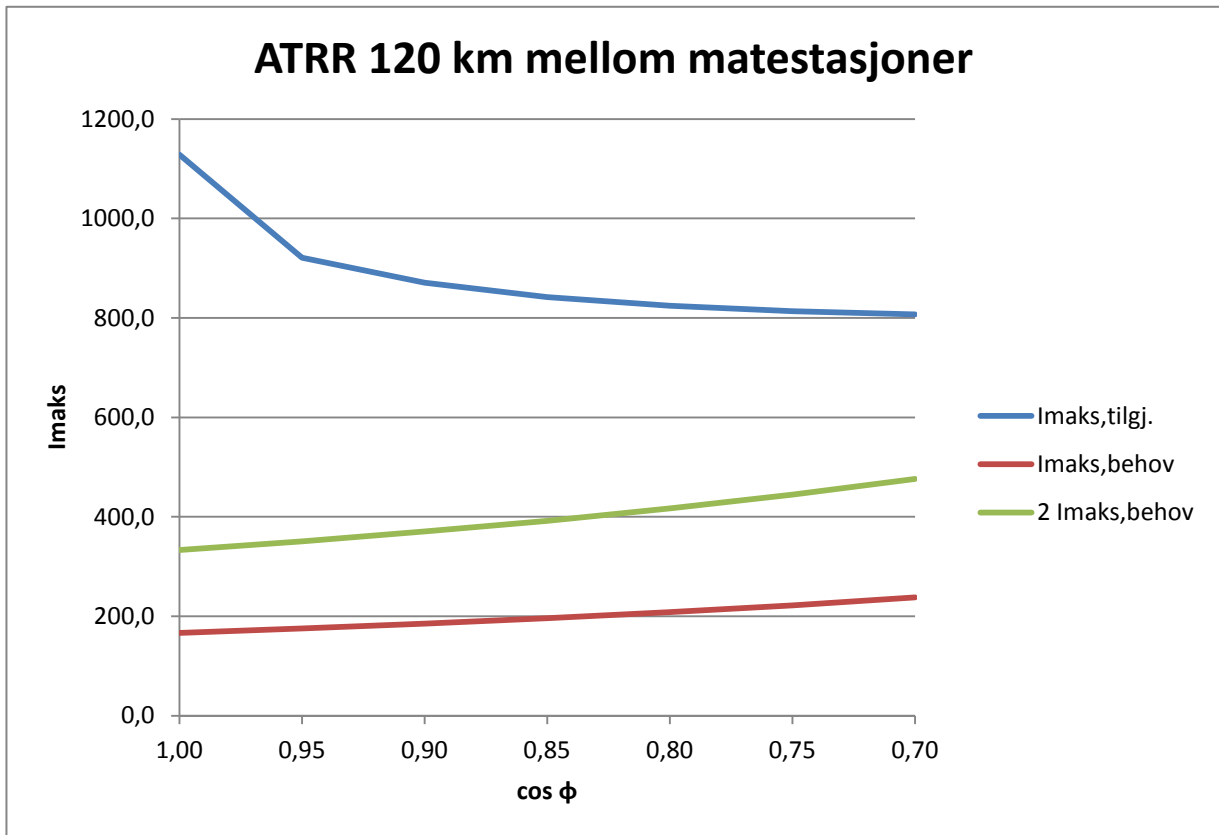
Vedlegg 10.12 Vedlegg B4 – Strømføringskapasitet BTRC 60 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}

10.13 Vedlegg B5 – Strømføringskapasitet ATRR 100 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}



Vedlegg 10.13 Vedlegg B5 – Strømføringskapasitet ATRR 100 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}

10.14 Vedlegg B6 – Strømføringskapasitet ATRR 120 km mellom matetasjoner og behovet for I_{maks}



Vedlegg 10.14 Vedlegg B6 – Strømføringskapasitet ATRR 120 km mellom matetasjoner og behov I_{maks}