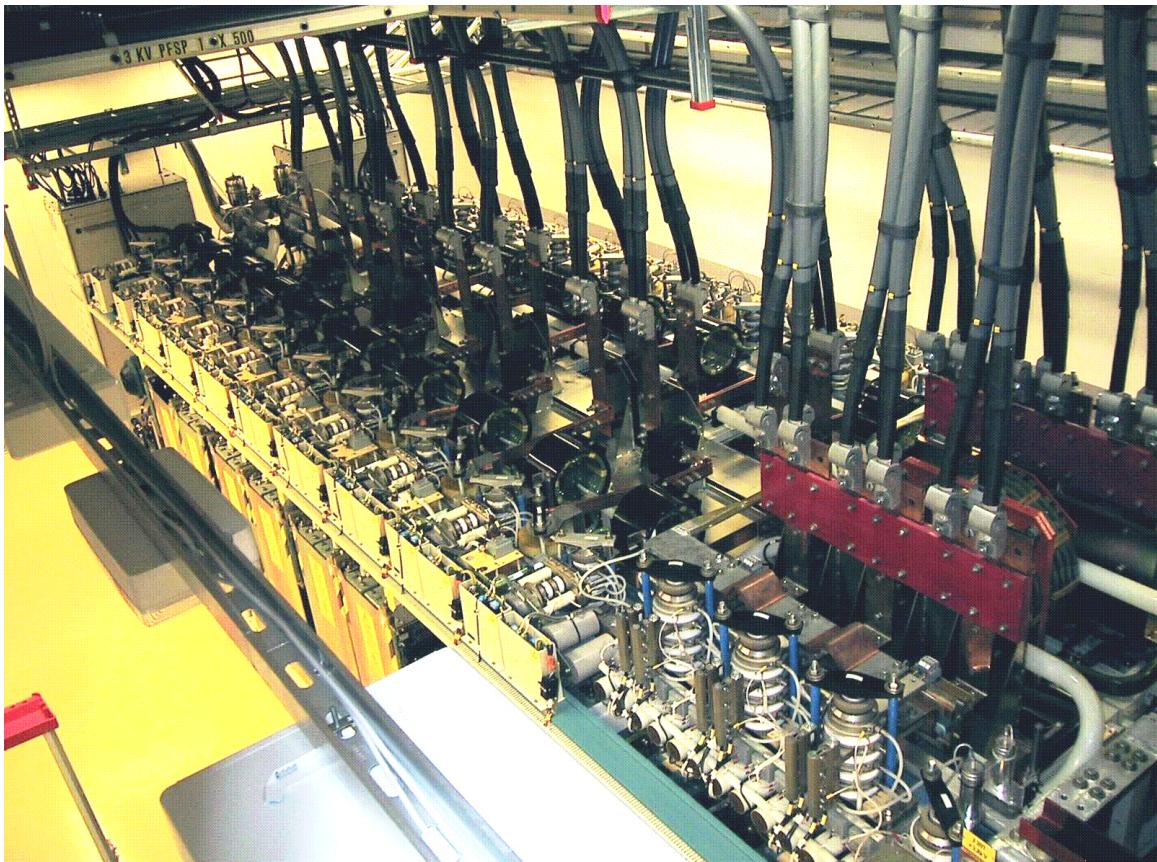




Jernbaneverket

Mobile statiske omformere

Hovedplan



001	Høringsutkast	22.03.11	Atkins	svioyv	anjan leder BEP		
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av		
Hovedplan Mobile statiske omformere		Ant. sider	Prosjekt nr	889086			
			Uarbeid. av	Øyvind Svilosen			
			Godkjent	Jan Andreassen			
		Produsent	Bane Energi / Atkins				
		Prod. dok. nr.					
		Erstatning for					
		Erstattet av					
			Dokument nr.				
				Rev.			
				001			

Forord

På oppdrag fra JBV Banedivisjonen legges med dette fram hovedplan for mobile statiske omformeranelegg. Hovedplanen er utarbeidet i henhold til PBB prosessen JD202, deriblant Jernbaneverkets krav til utarbeidelse av hovedplaner.

Hovedplanen beskriver bakgrunn for prosjektet, ulike tekniske løsninger, samt en anbefaling knyttet til videre prosess for prosjektet.

Prosjektansvarlig for arbeidene har vært Jan Andreassen (BEP) og Øyvind Svilosen (BEP) har vært prosjektleder. Øvrige deltagere i prosjektgruppen har vært Ingar Dalen (BEP), Arvid Grønning (BED) og Frank Flåm (BED). Fra forsyning har Ivar Hornslien bistått prosjektet. For å støtte prosjektet faglig og ressursmessig har man engasjert en rådgivergruppe fra Atkins AB i Vesterås, disse vil også bistå prosjektet med å utarbeide en kravspesifikasjon i neste fase.

Noe av teksten som er innarbeidet i dette dokumentet er skrevet på svensk. Av praktiske årsaker er dette ikke oversatt, ettersom det er fullt ut forståelig.

Arbeidet er gjennomført i perioden november 2010 til februar 2011.

Sammendrag

I forbindelse med utredningsarbeidet knyttet til fremtidig banestrømsforsyning i Oslo-området, er det gjennomført simuleringer [1] der det er avdekket et underskudd på energi ved implementering av ny ruteplan og nye togsett. For å møte disse behovene som inntreffer på relativt kort sikt har man i utredningsarbeid [2] vurdert en rekke alternativer, og anbefalt å bygge mobile omformeranlegg. Disse anleggene vil stå som midlertidige omformeranlegg inntil man har løst banestrømsforsyningen i Oslo-området på en mer permanent basis. Anlegget bygges mobilt, fortrinnsvis på vei, for å kunne inngå i Bane Energi Drift sin beredskap ved havarer eller større ombygginger. Det søkes å bygge anlegget på en slik måte at det er flyttbart innenfor en periode på ca 2 uker.

Hovedplanen har vurdert fire teknologiske løsninger for den mobile omformerstasjonen:

- **Løsning 1.** Omformere bygget på IGBT-teknologi uten enfasetransformator
- **Løsning 2.** Omformere bygget på konvensjonell teknologi
- **Løsning 3.** Roterende omformere
- **Løsning 4.** Tilbakematen elektrisk lokomotiv

Av disse er løsning 1 og 2 ansett som de mest aktuelle løsningene, da man har lang erfaring med å bygge disse som stasjonære omformerstasjoner. Verken løsning 1 eller 2 er bygget som mobile anlegg, men leverandørene mener dette lar seg gjennomføre. Løsning 4 er mindre sannsynlige enn løsning 1 og 2, da denne løsningen kan kreve betydelig leverandørutvikling før det kan fungere som en omformerstasjon. For øvrig innebærer alle disse løsningene statiske omformere basert på kraftelektronikk.

Den siste, løsning 3, skiller seg klart fra de øvrige løsningene da både teknologien bak og virkemåte er vesentlig forskjellig. I stedet for kraftelektronikk er det her roterende omformere basert på en sammenkoblet motor og generator som ligger til grunn. I hovedplanen er løsning 3 vurdert som uaktuelt da dette krever at man frigjør eksisterende roterende omformere til ombygging. Dette kan ikke gjøres før man bygger erstatningsanlegg, da Bane Energi har knapphet på roterende omformere.

Det er gjennomført en usikkerhetsanalyse for prosjektet som viser at markedsforholdene gir den største usikkerhet for kostnadene i prosjektet, ikke tekniske forhold. For fremdriften har analysen avdekket at det er tekniske forhold, samt gjennomføring og produksjon som vil være de største usikkerhetselementene i prosjektet. Usikkerhetsanalysen for prosjektet har anslått en styringsramme (P50) på 188 MNOK, kostnadsramme (P85) på 219 MNOK og standardavvik på 16%.

Det er også gjennomført en RAMS-analyse i prosjektet, og utarbeidet et sikkerhetsplan. For neste fase vil det bli engasjert en egen RAMS-rådgiver til å følge opp denne planen i prosjektet.

I hovedplanene er det konkludert med at man bør lage en funsjonsbasert kravspesifikasjon basert på en totalentreprisemodell som åpner for flest mulig ulike løsninger og leverandører. Det vil i den forbindelse bli viktig å presisere utvelgelse- og tildelingsskriterier på en måte som sikrer den funksjonalitet, kvalitet og pålitelighet som kreves for et slikt anlegg. I videre planarbeid blir derfor funksjonalitetskrav utarbeidet uten direkte krav til teknologisk løsning, ut over at statisk omformerteknologi skal benyttes.

Innholdsfortegnelse

1. BAKGRUNN.....	6
1.1 BAKGRUNN/HENSIKT	6
1.2 SITUASJONSBESKRIVELSE	7
1.3 DRIFTSFORHOLD	9
2. FUNKSJONSKRAV OG TEKNISKE FORUTSETNINGER	11
2.1. SIKKERHET	11
2.2. MOBILITET.....	11
2.3. AREALBEHOV	11
2.4. YTELSE	12
2.5. RELEPLANER.....	13
2.6. FILTER	13
3. PLANLEGGINGSPROSESS	14
3.1. HOVEDPLANFASEN	14
3.2. DETALJPLANFASEN.....	14
3.3. ORGANISASJONSPLAN.....	15
4. MÅL MED TILTAKET.....	16
4.1. OVERORDNET MÅL	16
4.2. MÅL FOR TILTAKET	16
4.3. MÅL MED HOVEDPLANEN	16
5. FORHOLDET TIL ANDRE PLANER	17
6. BESKRIVELSE AV TILTAKET	18
6.1. LØSNING 1: OMRIKTARE BYGGT PÅ IGBT-TEKNOLOGI UTAN ENFASTRANSFORMATOR	19
6.2. LØSNING 2: OMRIKTARE BYGGT PÅ KONVENTIONELL TEKNOLOGI.....	20
6.3. LØSNING 3: ROTERANDE OMFOMMARE	22
6.4. LØSNING 4: "ÅTERMATANDE ELEKTRISKT LOK" TRAKTIONSOMRIKTARE	24
6.5. KRAV TIL TREFASETRANSFORMATOREN	25
6.6. ANSLUTNING TILL AT NÄT	26
6.6.1. ALTERNATIV 1 OMRIKTARE BYGGT PÅ IGBT-TEKNOLOGI UTAN ENFASTRANSFORMATOR	26
6.6.2. LØSNING 2 OMRIKTARE BYGGT PÅ KONVENTIONELL TEKNOLOGI.....	27
6.6.3. LØSNING 3 ROTERANDE OMFOMMARE	27
6.6.4. LØSNING 4 "ÅTERMATANDE ELEKTRISKT LOK" TRAKTIONSOMRIKTARE	27
6.6.5. BRYTARE/STÄLLVERK	27
6.6.6. STYRNING.....	28
6.7. LOKALISERING AV ANLEGG	28
6.8. OPPARBEIDELSE AV TOMT	28
6.9. TILKNYTNING TIL 3 FASE OG EN-FASE NETT.....	28
6.9.1. ALNABRU	28
6.9.2. HOLMLIA	29
6.9.3. LILLESTRØM	29
6.10. ANLEGGSFASE	29
6.11. VERNEHENNSYN ALNABRU OMFOMMER.....	30
7. SIKKERHETSVURDERINGER.....	31
7.1. SAMMENDRAG RAMS-ANALYSE.....	31
7.2. RAM OG SIKKERHETSPLAN	32
7.3. EMC (FRÄMST MAGNETFÄLT)	32
7.4. STØY.....	33
8. OVERSLAG OVER KOSTNADER.....	34
8.1. BASISESTIMAT	34
9. KONSEKVENSANALYSEN	37
10. ANBEFALING.....	39

10.1.	KONKLUSJON.....	40
11.	VIDERE PLANLEGGING OG GJENNOMFØRING.....	41
11.1.	VIDERE PLANARBEID	41
11.2.	FINANSIERING.....	41
11.3.	FREMDRIFTSPLAN	41
12.	VEDLEGGSDOKUMENTER.....	43
	VEDLEGG 1. RAPPORT USIKKERHETSANALYSE	43
	VEDLEGG 2. RAMS ANALYSE RAPPORT.....	43
	VEDLEGG 3. RAM OG SIKKERHETSPLAN	43
	VEDLEGG 4. TEGNINGER	43
13.	REFERANSER	44

1. Bakgrunn

1.1 Bakgrunn/hensikt

I årene fremover er det forventet nytt togmateriell, nye jernbanestrekninger og store trafikkøkninger i Oslo-området. Det har vært usikkerhet angående hvilket effektbehov de nye forutsetningene vil kreve, og hvorvidt banestrømforsyningen i Oslo-området har kapasitet nok til å gi denne effekten. Lav togspenning kan føre til forsinkelser, og i verste fall kan manglende elektrisk kapasitet medføre systemkollaps og lamme togtrafikken. En simuleringsrapport [1] er utarbeidet, som dokumenterer konsekvensene av både normal og unormal driftsituasjon i Oslo-området under gitte forutsetninger i år 2012. Et tillegg til denne simuleringsrapporten vurderer forholdene også frem til år 2017.

I eller kort tid etter år 2012 innføres den nye ruteplanen R2012 i Oslo-området, i tillegg til at 50 nye tog med høy installert ytelse blir satt i drift. I perioden frem til år 2017 kan ytterlige tog bli erstattet med nytt materiell. Simuleringer [1] som er utført, tyder på at belastningen i Oslo-området vil øke betraktelig som et resultat av dette. Tiltak i form av fallende statikk, redusert tverreaktans på statiske omformerstasjoner og endring i omsetningsforhold på transformator i Asker blir forutsatt i simuleringsrapporten. Anslag ut ifra simuleringsresultater, indikerer et ytterligere behov for 10-20 MVA ny installert effekt innen år 2013 og 30-40 MVA ved innføring av ytterligere tog frem til 2017. Etter år 2017 forventes enda høyere belastning når Follobanen åpner, og ytterligere behov for økninger kan ikke ses bort ifra.

På bakgrunn av simuleringene er en teknisk-økonomisk utredningsrapport [2] utarbeidet, som evaluerer en rekke investeringsalternativer for banestrømforsyningen i Oslo-området frem til år 2017. På bakgrunn av det estimerte kapasitetsbehovet anbefaler utredningen med å investere i transportable statiske omformerenheter med en total minimumsyttelse på 30 MVA. Valget av transportable omformerenheter er gjort både på bakgrunn av en forventet kort leveringstid relativ til en permanent omformerstasjon, samt de mange fordeler i fleksibiliteten som løsningen kan gi.

Det er et stort usikkerhetsmoment forbundet med omformerplassering, da det som i planfasen virker som en optimal løsning er avhengig av mange variabler. Fremtidig trafikk er en slik variabel, og det er alltid en risiko for at den resulterende fremtidige belastningen ikke blir som forventet. Ved fremtidige systemutredninger hvor optimal omformerplassering endres fra hva en tidligere har beregnet, kan transportable omformere flyttes til en relativt lav kostnad.

Det ligger også en stor fleksibilitet i at en slik transportabel omformer kan flyttes dit det er behov ved havarer og andre særskilte situasjoner, uten å ta hensyn til stasjonsbygg og andre lokale forhold. Dette vil styrke påliteligheten og oppetiden til kraftsystemet som en helhet. En transportabel omformer som opprinnelig blir idriftssatt i Oslo-området kan flyttes til perifere plasseringer ved behov. Det må likevel være en overkapasitet i Oslo-området for at en transportabel omformer installert her kan flyttes, slik at dette ikke går ut over redundansen i banestrømforsyningen.

Nesten samtlige av JBV sine roterende aggregater står på vogner og er derfor transportable. Disse har likevel begrensninger som en statisk omformer ikke vil ha. Roterende aggregater må flyttes på jernbaneskinner ved lav hastighet. De kan heller ikke stå utendørs og er avhengige av en fast stasjon eller omformerhall. Den store fordelen med en transportabel statisk omformer er nettopp at den kan settes opp uavhengig av dagens stasjonsplasseringer. Det er mulig at et konsept for en ”transportabel omformerhall” kan utvikles for roterende aggregater, men per i dag er det ingen tilgjengelige roterende aggregater som kan benyttes i et slikt konsept. Den transportable omformeren vurdert i utredningen er derfor statisk.

Utredningen [2] anbefaler at de transportable omformerenhetene skal stå midlertidig i Oslo-området frem til år 2017. Omformerne må dimensjoneres for å ta høyde for usikkerheten i tidspunktet for når den simulerte maksimalbelastningen vil inntreffe. Forsinkelser i innføring av togsett eller ny ruteplan vil gi økte marginer for banestrømforsyningen inntil innføringen blir implementert, men er ikke avgjørende for anbefalingene i utredningen i den grad belastningsøkningen uansett inntreffer innen 2017.

Det er videre anbefalt å investere i en større permanent omformerstasjon, som idriftsettes før Follobanen ferdigstilles, antatt år 2018. Den vil kunne erstatte de transportable omformerenhetene, og eventuelt også eldre omformerstasjoner i Oslo-området, slik at aggregatene her blir frigjort for nye plasseringer. Den foreslalte permanente omformerstasjonen er ikke en del av denne hovedplanen, og vil bli vurdert i prosjektet ”Utredning av fremtidig banestrømforsyning i Oslo-området, Fase 3”. Hovedplanen forutsetter for øvrig at større tiltak er ferdigstilte innen Follobanen idriftsettes, og at de transportable omformerenhetene da flyttes ut fra Oslo-området.

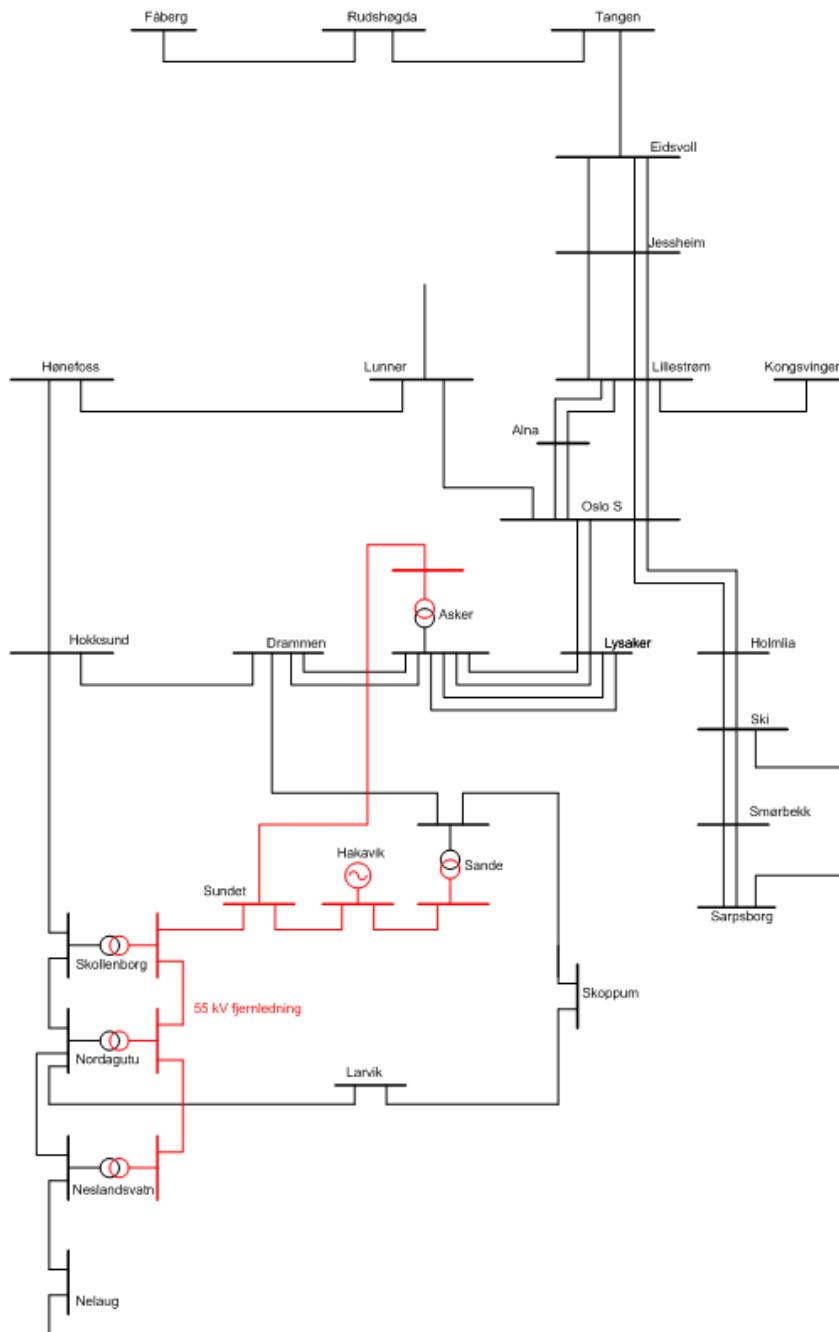
1.2 Situasjonsbeskrivelse

Det sentrale Oslo-området med omegn omfatter i denne sammenheng jernbanestrekningene mellom Oslo Sentralstasjon forbi Asker, Holmlia og Lillestrøm, samt mot Lunner. Dette er området hvor de transportable omformerne først skal idriftsettes, og være i drift frem til eventuelle andre tiltak i banestrømforsyningen er ferdigstilte. Området er vist i Figur 1, hvor jernbanestrekninger er gitt i rødt.



Figur 1 – Utredningsområdet [Jernbaneinfrastruktur i Norge, JBV, 2005]

I år 2011 anses det hovedsakelig å være minst 17 omformerstasjonene og ett kraftverk som utveksler effekt med det sentrale Oslo-området. Disse kraftstasjonene dekker et mye større område enn det sentrale Oslo-området, men må inkluderes i simuleringer grunnet den tette elektriske koblingen mellom stasjonene. Omformerstasjonene er elektrisk sammenkoblet igjennom kontaktledning (KL), og en 55 kV fjernledning (FL) tilknytter kraftverket til KL på 5 forskjellige steder. Dagens strømforsyning i det utvidede Oslo-området er illustrert ved enlinjeskjema i Figur 2. Svarte linjer symboliserer KL og røde linjer symboliserer FL.



Figur 2 – Banestrømforsyningen i det utvidede Oslo-området, år 2011

Matestasjonene i det sentrale Oslo-området, med tilhørende nominell installert ytelse, byggeår og avstand fra Oslo sentralstasjon er vist i Tabell 1. Av matestasjonene i tabellen, er det kun Lillestrøm som er statisk.

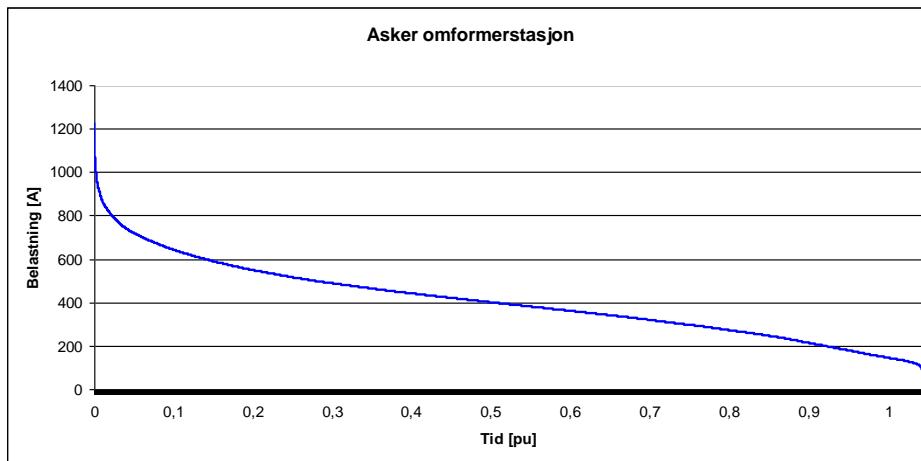
Tabell 1 – Matestasjoner sentralt i Oslo-området

Plassering	Byggeår/ombyggingsår	Km	Bestykning [MVA]
Asker	1965	24	3 x 10
Alnabru	1969/1995	6	2 x 10
Holmlia	1980	11	2 x 10
Lillestrøm	1998	20	3 x 12

Når de transportable omformerne antas flyttet fra Oslo-området i år 2018, skal de kunne flyttes etter behov. De vil da kunne inkluderes som tilgjengelig ytelse, i det minste som en beredskapsløsning, for øvrige utredninger av banestrømforsyning på jernbanestrekninger over hele landet.

1.3 Driftsforhold

Banestrømforsyningen brukes på enkelte steder til oppvarming av hensatte tog, sporvekselvarme og annen hjelpekraft. Den klart største belastningen er likevel effektforbruket til togtrafikken. Grunnet høye lokale belastningsvariasjoner er banestrømforsyningen i Norge effektdimensjonert, normalt etter den høyeste gjennomsnittlige belastningen over 2-3 sekunder. Dette er tydelig i Figur 3, som viser en varighetskurve for døgnbelastning en hverdag i Asker omformerstasjon. Den årlige energiproduksjonen er derfor av mindre interesse enn maksimal momentaneffekt.

**Figur 3 – Varighetskurve for målt belastning i Asker omformerstasjon 27.04-28.04.2010**

Varighetskurven viser at installert ytelse i omformerstasjonene blir dårlig utnyttet. Gjennomsnittlig belastning for omformerstasjoner i det sentrale Oslo-området ligger på 33-37 % av maksimalbelastning, og referert til en stasjon med kun ett 10 MVA aggregat er gjennomsnittlig utnyttelsesgrad på 34-38 %. Likevel er maksimal målt belastning i begge stasjonene over utløseverdien for overstrømsvern på et slikt aggregat. Dette viser at strømforsyningen må dimensjoneres etter høyeste kortvarige toppbelastning, og er dermed effektdimensjonert.

I henhold til teknisk regelverk [3] og avklaringer beskrevet i [2] skal det i Oslo-området være 15 % margin mot overbelastning ved maksimal last og to samtidige omformerutfall. Dette kravet er ikke tilfredsstilt i to av de tre avvikssimuleringene som er utført for 50 nye tog og R2012.

Mellan år 2012 og 2017 er det ukjent hvor mange ytterligere Tp74/75 tog som vil bli levert til Norge og det er ikke bestemt hvor disse eventuelt vil bli satt i trafikk. Det må anses å være en økende usikkerhet både i togmateriell og ruteplan i denne perioden. En tilleggssimulering [4] for den estimerte togtrafikken i siste halvdel av perioden 2012 til 2017 er utført, og simuleringensresultatene tyder på at systemsvikt vil inntrefte dersom to aggregater samtidig er ute av drift i rushperioden. Resultatene viser en sannsynlighet for at systemsvikt kan inntrefte selv ved ett aggregatutfall. Når 15 % margin legges til disse resultatene blir situasjonen vesentlig mer alvorlig.

For å bekrefte nytteverdien av de transportable omformerne denne hovedplanen omhandler, er det utført ytterlige simuleringer [5] for Oslo-området hvor disse er lagt inn. Dette simuleringarsarbeidet har konkludert med at to omformerenheter, med 15 MVA toppytelse hver, er tilstrekkelig for å forbedre forholdene. Plassering av en omformer på hver av plasseringene Alnabru og Holmlia blir anbefalt.

2. Funksjonskrav og tekniske forutsetninger

Funktionskrav och tekniska förutsättningar specificeras i enlighet med valda delar ur JD_546 projekteringskrav.

Grundläggande funktionskrav på mobil matningsstation med statisk omriktare kan indelas i följande:

- Sikkerhet, anlegget skal være beröringssikkert, ha høy opptid, ivareta høy sikkerhet mot brann, eksplosjoner og innbrudd, se for øvrig kapittel 7
- Mobilitet, 2 uker (nedrigg og opprigg)
- Ytelse
- Grensesnitt (strøm:kabler, spenningsnivå, signal:internt, fjernt)

2.1. Sikkerhet

All utrustning skall så anpassas att den på säkert sätt kan transporteras samt är så uppbyggd att den med enkla instruktioner kan demonteras och monteras.

Målsättningen är, i möjligaste mån att konstruera anläggningen så beröringsskyddad mot el uppnås. Se også sikkerhetsvurderinger i kap 7.

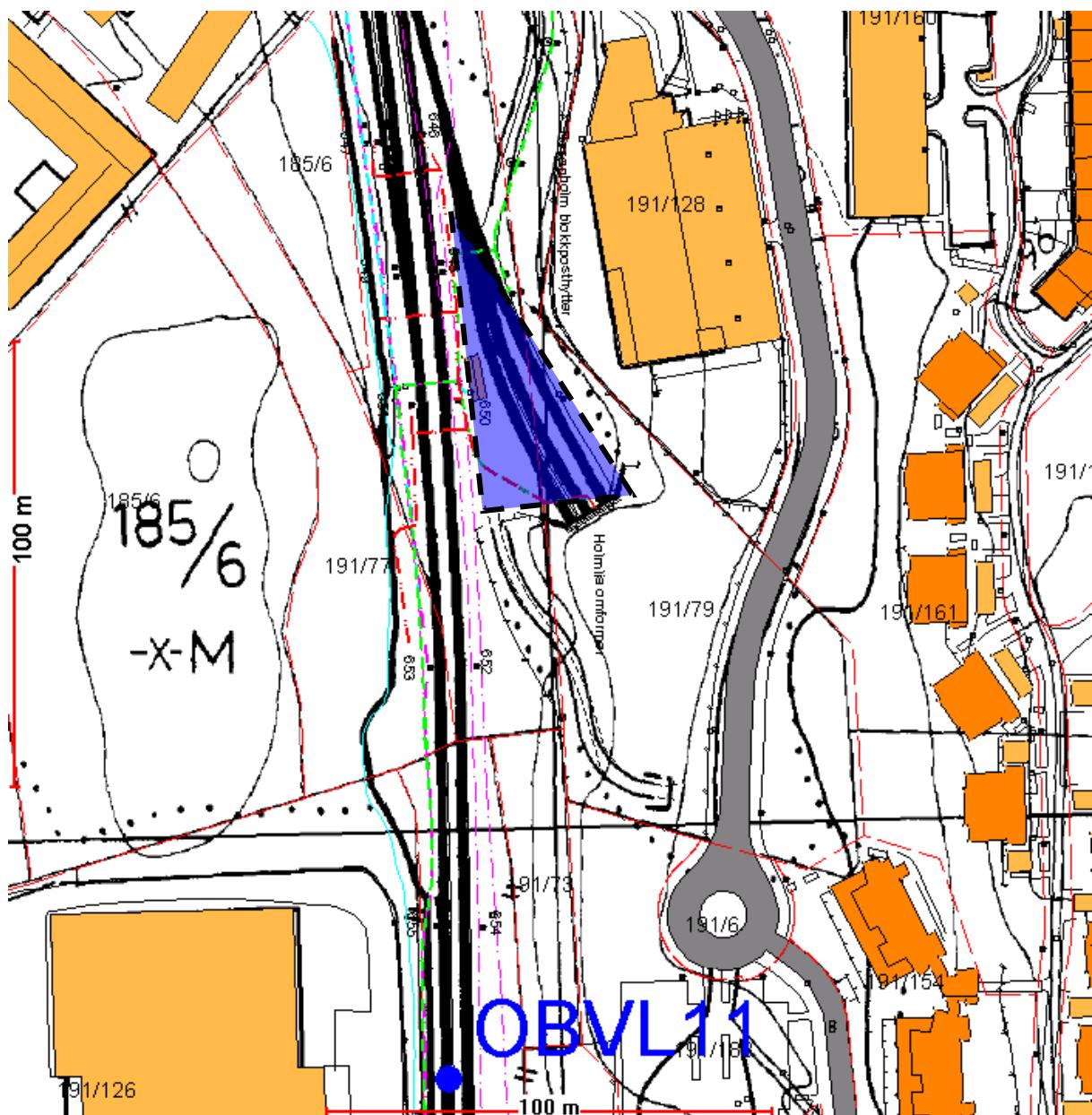
2.2. Mobilitet

Mobiliteten är ett av de viktigaste grundkravene. Anläggningen skall vara så konstruerad att den från full idrift nedmonteras, transporteras till ny plats och monteras till full drift på två veckors tid. Anlegget skal bygges slik at opp og nedrigg skal kunne utføres av eget driftspersonell.

Bakgrunnen for mobilitetskravet er hensynet til fleksibilitet i forhold til å flytte anlegget ved f.eks havarer eller større ombygginger. Mobiliteten er fortrinnsvis tenkt på vanlig vei, men med spesialtransport. Anlegget bør også vurderes å kunne transporteres på jernbane.

2.3. Arealbehov

Av hensyn til begrenset arealtilgang på de tiltenkte plasseringene i Oslo-området, vil det i detaljplanfasen bli vurdert hvor stort maksimalt arealbehov for anlegget kan ha. Arealbehovet vil blant annet avhenge av hvor stort areal på de tiltenkte plasseringene det vil være mulig å disponere. Eventuell vernehensyn må vurderes i denne sammenhengen, sannsynligvis vil plassering på Holmlia være dimensjonerende. En oversikt over Holmlia omformerstasjon er vist under, med et anslått areal, merket blått, på ca 900 m². Det er dog usikkert hvorvidt hele dette arealet kan disponeres.



Nøyaktig arealtilgang er derfor ikke vurdert nærmere i denne fasen, men det ansees tilstrekkelig å spesifisere dette i detaljplanfasen.

2.4. Ytelse

Effektmässiga krav är att varje station kan leverera minst 15 MVA uteffekt.

Effekt kontinuerlig, minst 10 MVA pr omformer, men hvor selve omformerenheten skal være dimensjonert for 15 MVA.

Effekt overlast 15MVA pr omformer i 10 min en gang pr halv time, girde krav til transformatorer.

De fyra alternativa lösningarna finns beskrivna under kapittel 6. Alla anlegg ska tillfredsstilla gjeldende tekniska krav i teknisk regelverk, FEF, samt øvrig norsk lov etc.

2.5. Releplaner

Det må utarbeides releplaner dersom det nye mobile anlegget ikke tilkobles samleskinne på eksisterende stasjoner. Dersom det blir nye linjeavganger, skal disse dimensjoneres med vern. Benyttelse av eksisterende samleskinne vil bety at også eksisterende enfase koblingsanlegg kan benyttes.

2.6. Filter

Leverandør må tilfredsstille krav til kompatibilitet med trefasenettet og kontaktledningsnettet som anlegget skal tilknyttes. Dette innebærer at det må prosjekteres et anlegg som kan takle ulike matende nett. For Oslo-området vil leverandør måtte dokumentere at de tilfredsstiller Hafslund Nett sine krav, derav forskrift om leveringsskvalitet (FOL). For kontaktledningsnettet sin del innebærer dette krav til en kompatibilitetsanalyse i henhold til EN 50388.

3. Planleggingsprosess

3.1. Hovedplanfasen

I hovedplanfasen har det vært besluttet å benytte ekstern kompetanse for å utarbeide hovedplanen. Det er flere grunner til dette:

- BE har i øyeblikket begrenset intern kapasitet til å utarbeide hovedplaner
- Det er ønskelig å dra nytte av kompetansen som finnes på konsulentensiden innenfor disse områdene
- Prosjektet skal utvikle et helt nytt konsept innenfor omformeranlegg der det er nødvendig med ekstern kompetanse.

Det er i tillegg etablert en intern gruppe som består både av BEP og BED ressurser, disse trekkes inn og bidrar med både innspill i form av krav og retningslinjer, samt kvalitetssikring av de løsninger som blir lagt frem. Alle involverte i prosjektet produserer tekst inn mot hovedplanen, dette for at alle skal få et eierskap til prosjektet.

Gjennom denne måten å organisere prosjektet på, mener vi at det er større sannsynlighet for å lykkes med å utvikle gode løsninger for mobile statiske omformere.

Arbeidsformen i denne fasen har vært oppstartseminar, noen prosjekteringsmøter, telefonkontakt, mail samt at alle dokumenter har vært samlet på et web-hotell, www.projectplace.no slik at alle involverte i prosjektet har innsyn i forhold til hvilke dokumenter etc som er produsert til enhver tid.

3.2. Detaljplanfasen

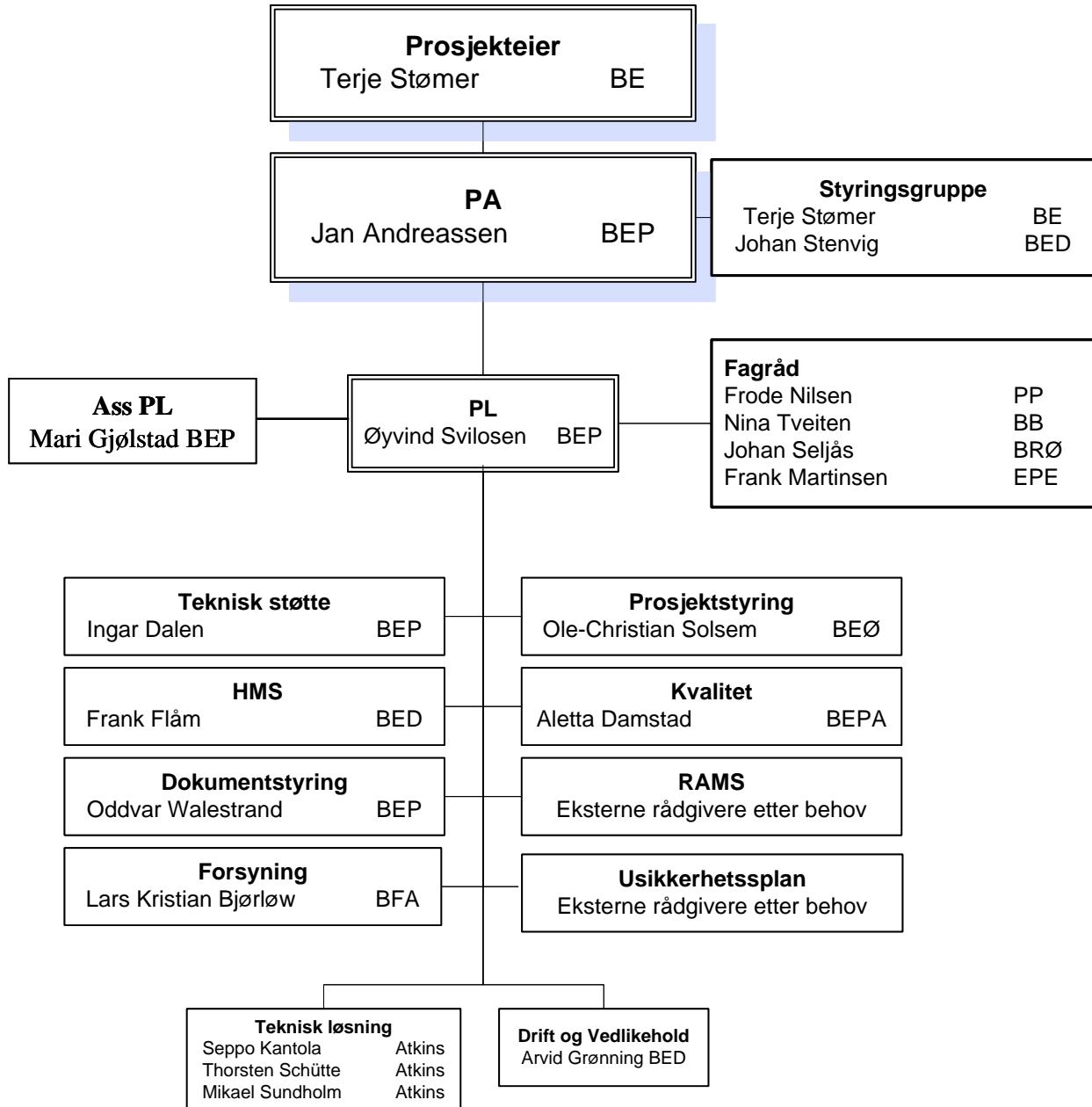
Arbeidet med detaljplanen vil i prinsippet foregå på samme måte som for hovedplanen. Istedentfor behovsstyrte møter vil det legges opp til en møtestruktur, og en plan for hva som skal være avklart og behandlet til hvert møte. Denne planen vil i utgangspunktet være en overordnet plan, og bli spesifisert gjennom prosjekteringsmøtene, som vil ha mer konkrete og spesifikke punkter som skal behandles.

Organiseringen av detaljplanfasen vil bli den samme som for hovedplanen, med unntak av at prosjektet vil tilknytte seg en fast ressurs fra forsyningsavdelingen for å sikre at kravspesifikasjon og tilbudsdocumenter blir utarbeidet i henhold til forskrift om offentlige anskaffelser og etter Jernbaneverket sine øvrige retningslinjer om innkjøp.

Målet med detaljplanen er å utarbeide en kravspesifikasjon og en tilbudsforespørsel tilpasset totalentreprise utifra behovene avdekket i hovedplan.

3.3. Organisasjonsplan

Figuren under viser hvordan prosjektet er planlagt organisert for detaljplanfasen.



4. Mål med tiltaket

4.1. Overordnet mål

Det overordnede målet med prosjektet er å finne det kostnadsoptimale tiltaket som gir en teknisk akseptabel banestrømsforsyning i Oslo-området, frem til Follobanens forventede idriftsettelse i 2018.

Målet er videre at anlegget skal være en viktig del av Jernbaneverkets totale beredskap ved havari, eller større rehabiliteringer, i banestrømsforsyningen.

4.2. Mål for tiltaket

Tiltaket skal ivareta banestrømforsyningen i Oslo-området frem til Follobanen er ferdig, dvs 2018. Anlegget skal bygges som et mobilt anlegg, med en total responstid for komplett flytting ned mot 2 uker. Det skal legges vekt på enkle og funksjonelle løsninger, som gjør nedrigg og opprigg rasjonelt og enkelt.

Anlegget skal i full drift kunne levere minst 15 MVA pr enhet, og det skal leveres minst 2 enheter. Begge enhetene skal være fullt ut autonome, men også tilpasset for samkjøring, og kunne plasseres på forskjellige lokasjoner. Anlegget skal kunne flyttes på vei, alternativ på bane.

Det skal i utarbeidelsen av detaljplanen vurderes hvorvidt anlegget bør eller skal tilpasses AT-system.

4.3. Mål med hovedplanen

Målet med hovedplanen er å utarbeide et beslutningsgrunnlag for videre planarbeid med to stk mobile omformerstasjoner. Hovedplanen skal inneholde en teknisk vurdering av alternative tekniske løsninger, i tillegg skal det lages et kostnadsestimat for prosjektet. Planen skal gi en endelig anbefaling for videre prosess.

Planen skal legge føringer for detaljplanen, og foreslå en videre fremdrift.

5. Forholdet til andre planer

Det er gjennomført trafikksimuleringer av trafikksituasjonen for ruteplan 2012 samt for innfasing av nye togsett, type 74/75 mot år 2018. Konklusjonen fra disse simuleringene blir benyttet for dimensjonering av disse anleggene.

Permant banestrømsforsyning etter 2018 blir vurdert i en egen utredningsrapport for Oslo-området. Planen er at dette anlegget skal bli erstattet av andre permanente tiltak, avhengig av hva utredningsrapporten konkluderer med.

6. Beskrivelse av tiltaket

I tidligere utredningsarbeid [2] er alternativer for forsterkning av banestrømforsyningen evaluert, hvor valgte alternativ er 2 stk mobile omformerstasjoner på 15 MVA hver. I hovedplanarbeidet er fire tekniske løsninger for det valgte alternativet vurdert. Två med för matningsstationer oboprövd teknik och två med beprövd. Disse er som följer:

- | | |
|------------|---|
| Lösning 1: | Omriktare byggt på IGBT-teknologi utan enfastransformator |
| Lösning 2: | Omriktare byggt på konventionell teknologi |
| Lösning 3: | Roterande omformare |
| Lösning 4: | ”Återmatande elektriskt lok” traktionsomriktare |

Gemensamt för lösning 1,2 och 4 är att all utrustning byggs om möjligt in i containrar, gäller eventuellt inte trefas och enfas transformatorer som är tunga och relativt stora, fysiskt. Disse lösningarna forutsetter statiske omformare basert på kraftelektronikk. Lösning 3, som baserar sig på roterande omformare och dermed skiller sig vesentlig från övriga lösningar, har också blitt vurdert. Förutom omformarna inklusive transformatorvagn med enfastrafo byggs all utrustning i containrar, alternativt trailer. Omformarnavagnar transporteras på järnväg.

Tre-fastransformator	Container alternativt trailer
Tre-fas ställverk inkl filter	Container
Omriktare 2x7,5 eller 1x15MVA	Container
Kontrollrum med dc-system	Container
En-fas ställverk inkl filterreaktorer	Container

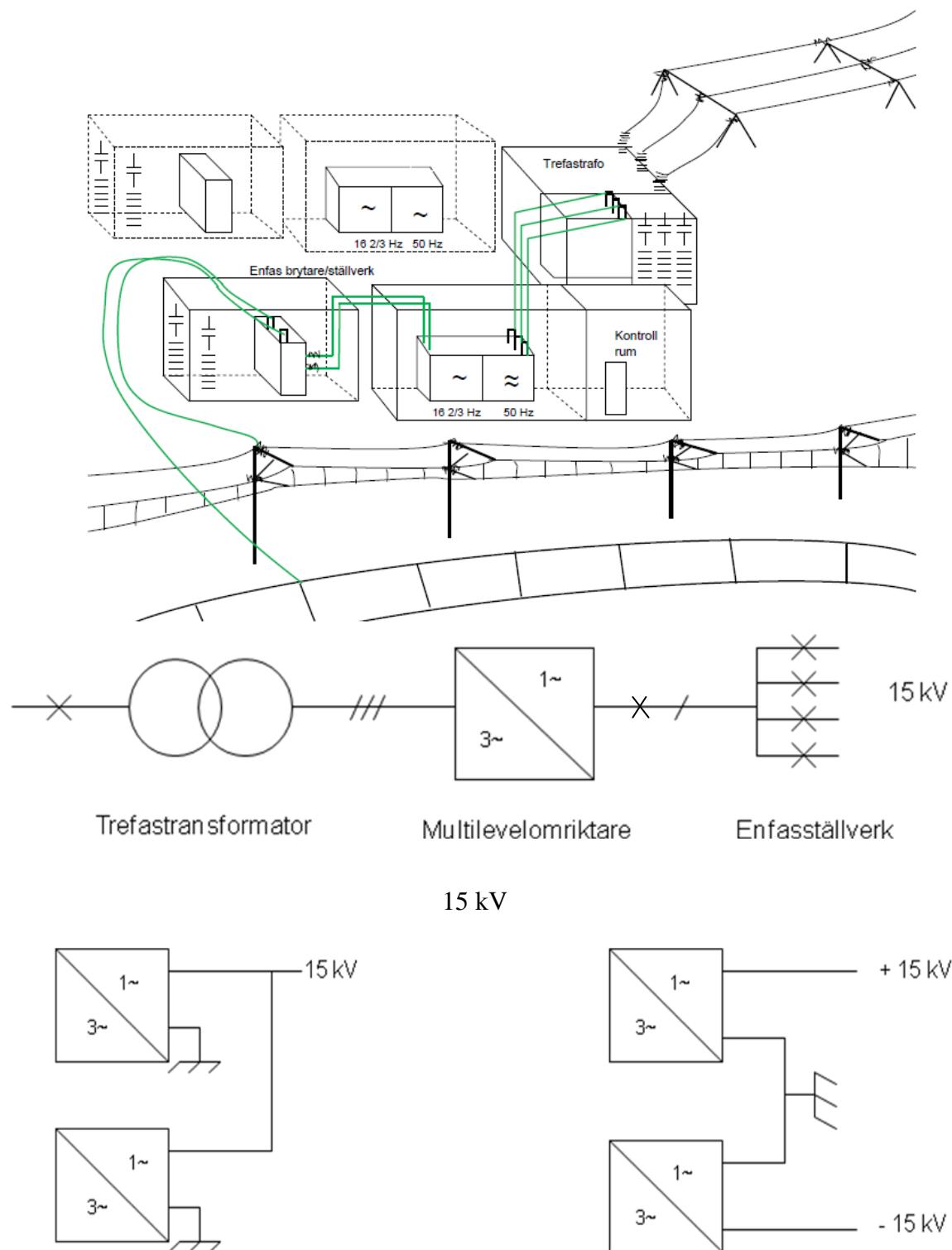
Beroende på teknisk lösning kan också enfas transformatorer finnas med, antingen som två 7,5MVA eller en 15MVA (tiominuterseffekt) Förmodligen går inte transformatorn för minst 10 MVA kontinuerligt effekt att installera i container p.g.a. vikt och storlek.

Enfastransformatorerna för lösning 4 får plats i samma container som omriktaren.

I forhold til 3-fasetransformatoren må denne kunne tilpasses aktuelle spenningsnivåer. Disse er 11, 22, 47, 66, 110 og 132 kV. Hvorvidt dette er løsbart med en transformator, og hvorvidt alle spenningsnivåene er nødvendig, må utredes nærmere i detaljplanfasen.

For alle lösningar som innebärer statiske omformare, vil aggregaten ha lavere tap enn eksisterende roterende aggregater har. Eventuelle driftsform senere vil være et driftsspørsmål. I dette prosjektet tas det sikte på å optimalisere anlegget med hensyn til mobilitet, men tapsbesparelser vil också bli hensyntatt.

6.1. Løsning 1: Omriktare byggt på IGBT-teknologi utan enfastransformator



Vid løsning 1 installeras ingen enfastransformatorn för 16 2/3 Hz. Denna løsning blir där av mycket intressant. Att det inte behövs en enfastransformatorn beror på att enfasspänningen

byggs upp av många moduler som är kopplade som en kaskad, i serie, på ett liknande sätt som används för HVDC.

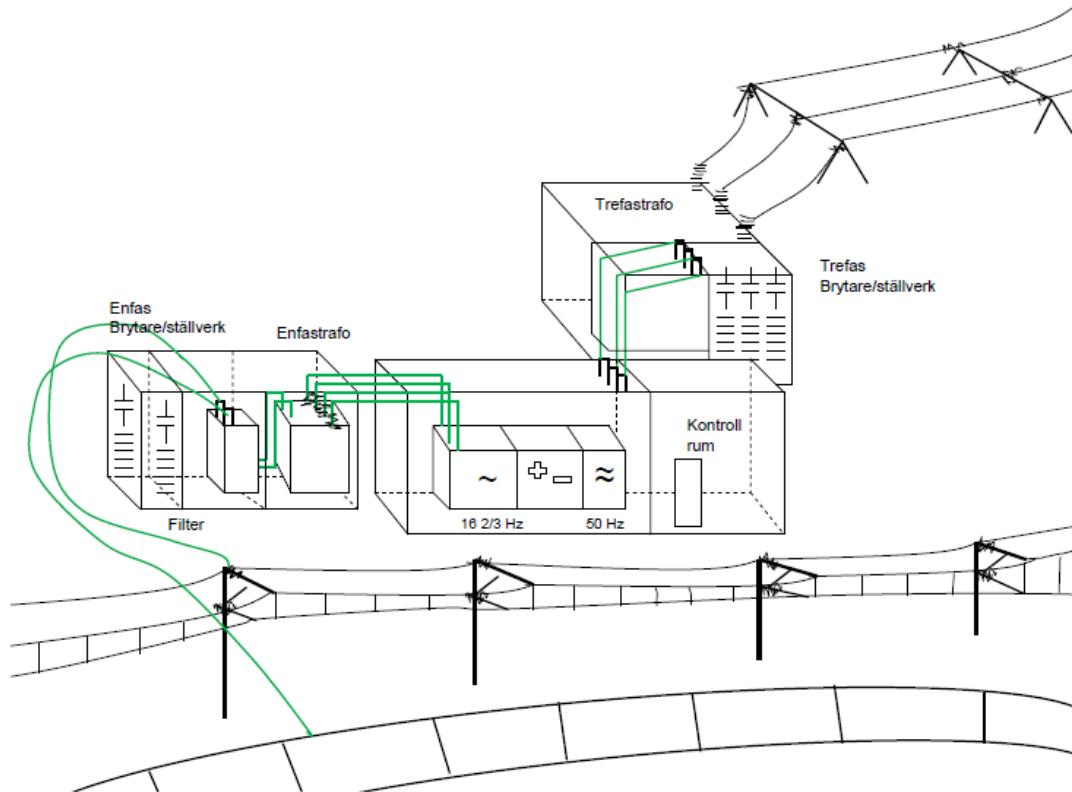
Eftersom spänningen är resultatet av en addition av många var för sig enkla små spänningsssteg åstadkoms en närapå sinusformad utspänning. Något egentligt mellanled finns ej, endast mindre kondensatorer inom modulerna. I motsats till en konventionell direkтомriktare kan dock aktiv och reaktiv effekt på båda sidor av omriktaren väljas oberoende av varandra.

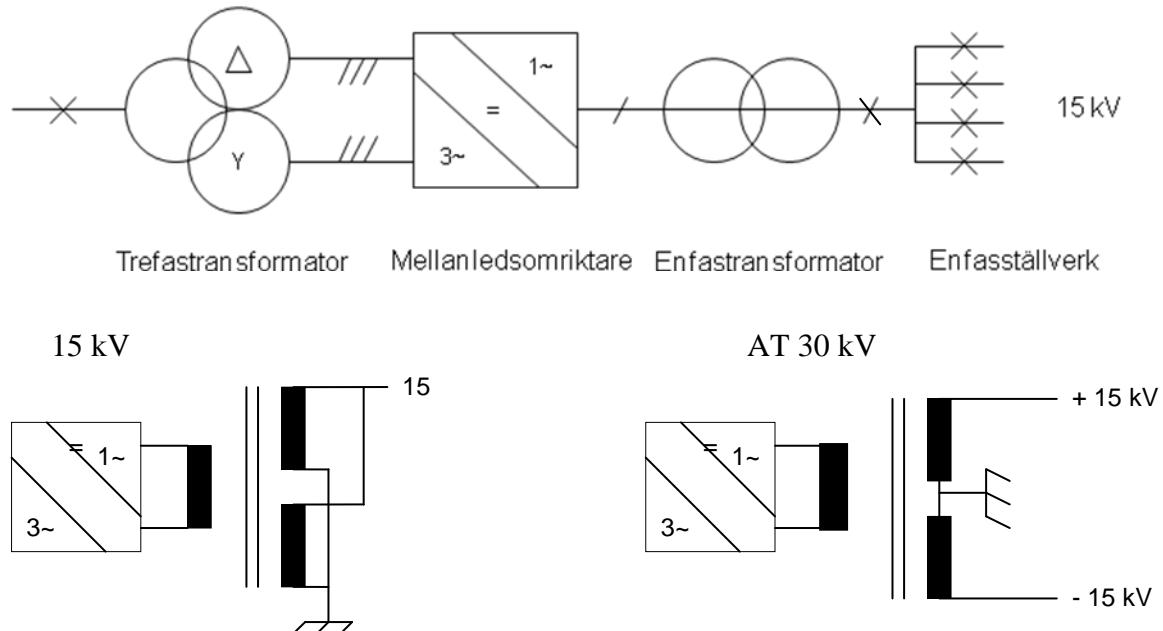
På trefassidan räcker det med en standardtransformator, den på det ovan beskrivna sättet åstadkomna sinusliknande spänning säkerställer en så liten återverkan att ingen tolvpulsbrygga med tillhörande trelindningstransformator behövs. Den fördelaktiga spänningsformen innebär även att filtren (reaktorer och kondensatorer) blir avsevärt mindre än hos en konventionell omriktare.

Andelen återmatande tåg med nyttobroms ökar ständigt, behovet av att den återmatande effekten skall kunna hanteras av omriktaren ökar. I detta sammanhang är det en fördel att en omriktare enligt denne lösningen utan ytterligare åtgärder tillåter effektflytt åt båda håll, återmatningen är alltså säkerställd.

Frånvaron av enfastransformator och en enkel trefastransformator är denna lösningens största fördelar. Oklara faktorer är att tekniken i dagsläge är obeprövad i banmatningssammanhang. Det måste även utrönas om alla komponenter klarar av de mekaniska påfrestningar som en vägtransport innebär.

6.2. Lösning 2: Omriktare byggt på konventionell teknologi





Konventionella mellanledsomriktare är välbeprövad och etablerad teknik hos alla med lågfrekvens matade järnvägar. Omriktaren som enhet är till stora delar anpassad till containermontage, dock tillkommer en del kringutrustning till såsom filter mm. Att det är en lösning som är väletablerad underlättar även en uppskattning av prisbilden.

Lösning 2 kan med fördel installeras som två enheter på 7,5 MVA för att uppnå redundans vid störningar på någon av omriktarna.

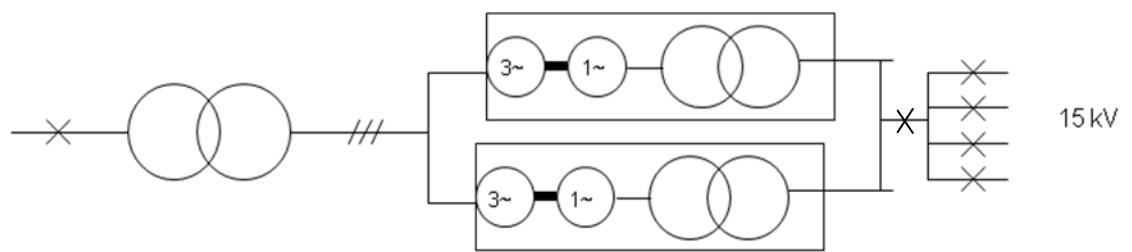
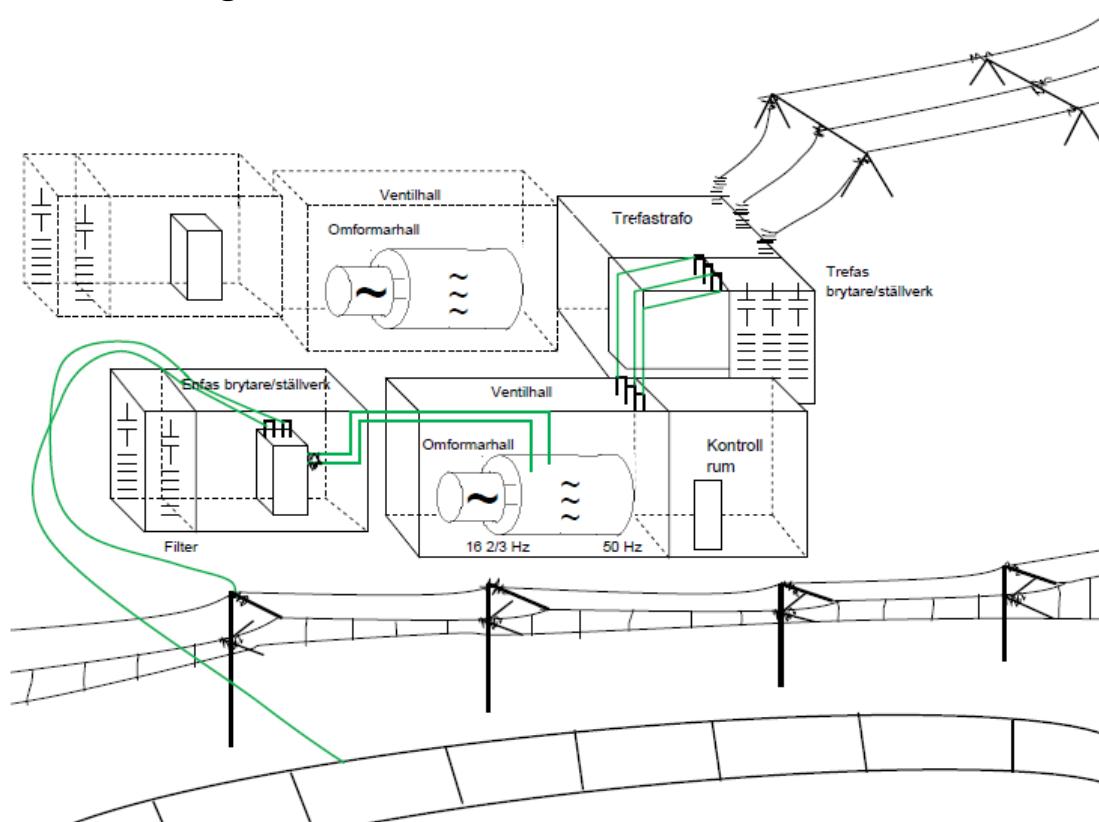
Denna lösnings svaga punkter är främst transformatorerna på både enfas- och trefassidan. Enfastransformatorn blir stor och tung främst p g a den lägre frekvensen. Trefastransformatorn i en ”klassisk” omriktare med nätkommuterade tyristorer på trefassidan blir stor för att den har två uppsättningar sekundärslindningar för att möjliggöra tolvpulslikriktning med mindre näätäverkan. En lösning som ger mindre vikt per transformator är att dela upp trefastransformatorn på två vanliga transformatorer som är ständigt parallellkopplade, en med y- lindning och en med d –lindning på sekundärsidan, vilket sammanlagt ger tolvpulsverkan.

Det finns dock numera möjligheten att i stället för en nätkommuterad likriktare använde en PWM-likriktare, där övertonshalten är betydligt lägre. Då kan trefastransformatorn för omriktare av den effektstorlek som är aktuell utföras i kopplingsgrupp Y/iii vilket minskar vikt och komplexitet, denna lösning är att föredra.

Även filtren på både enfas- och trefassidan i form av reaktorer och kondensatorer som krävs för att nedbringa övertonshalten är omfattande och platskrävande. Med PWM-likriktare minskas dock filterstorleken på trefassidan.

Som för lösning 1 bör omriktaren kunna återmata bromseffekt in i trefasnätet och klara av de vibrationer som uppstår vid transporter.

6.3. Løsning 3: Roterande omformare



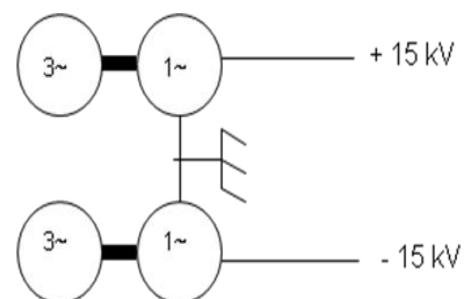
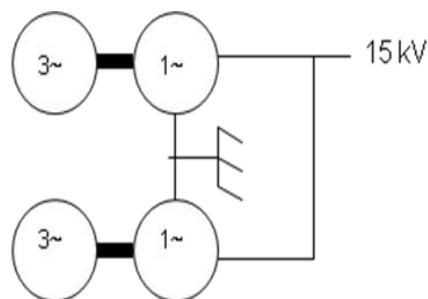
Trefastransformator 6 kV

Roterande omformare med enfastransformator

Enfasställverk 15 kV

15 kV

AT 30 kV



Dette er den eneste løsningen som ikke baserer på kraftelektronikk, men hvor en sammenkoblet motor og generator ligger til grunn for frekvensomformingen. Ettersom denne løsningen er en roterende omformer og ikke en statisk, skiller denne seg klart fra løsning 1, 2 og 4.

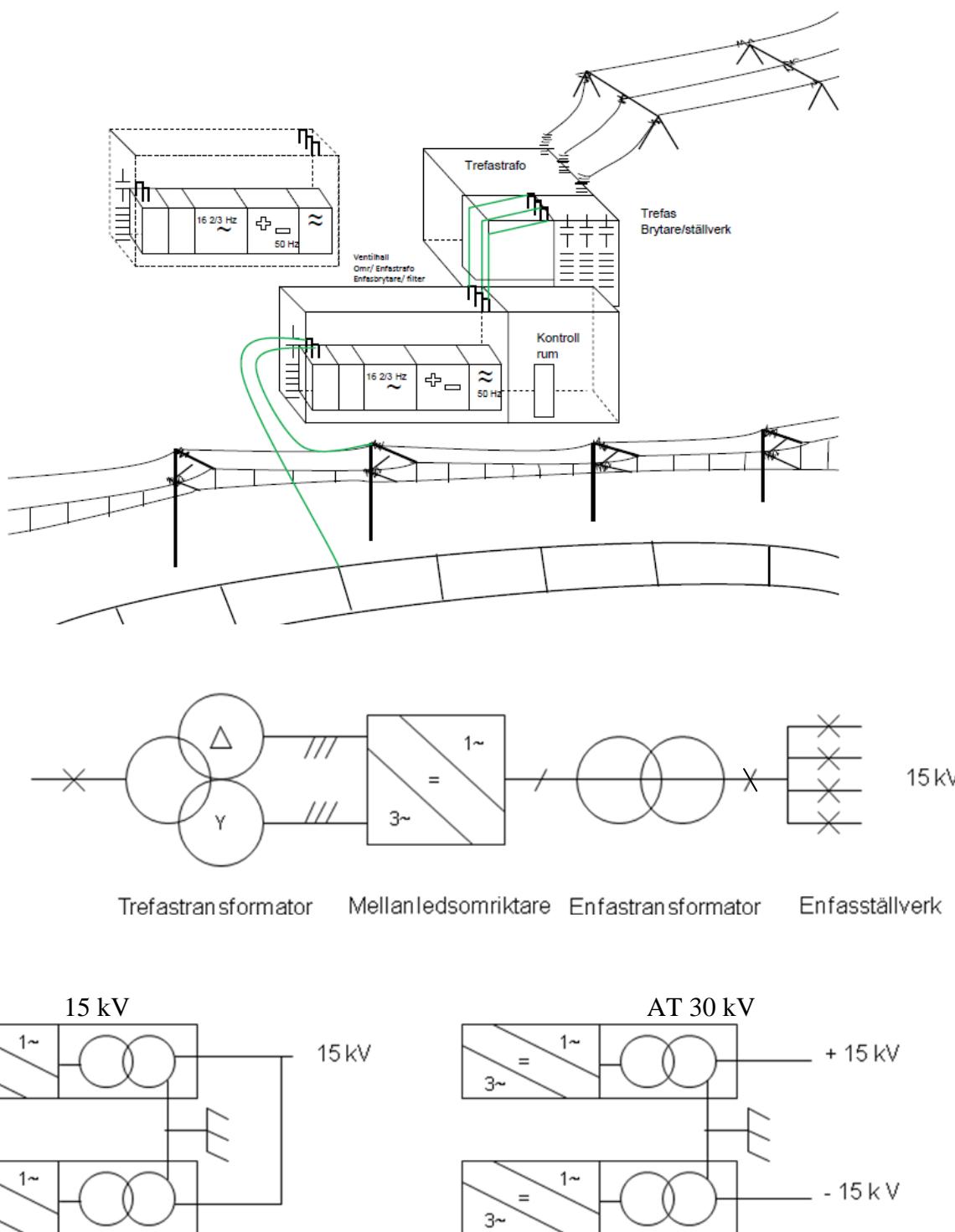
Två roterande omformare med borstlös magnetisering av 7 MVA-modellen matchar (med hänsyn tagen till deras överlastförmåga) effekten för en matningsstation. Möjlig är även 5.8 MVA omformare tillräckliga, samma storlek som i Trafikverkets mobila omformarstation. Omformarna placeras med transformatorvagn för enfastransformatorn och kopplade till en enkel trefasta transformator fås en mycket kompakt matningsstation, som dock är rälsbunden.

Uppdelningen i två enheter medför dessutom delredundans vid störningar hos en roterande omformare, halva effekten är kvar. Eftersom roterande maskiner direkt ger sinusformad spänning och ström behövs inga utrymmeskrävande filter. Likaså sköter en roterande omformare övergången mellan matning och återmatning med byte av effektriktning automatiskt. Den är dessutom per definition tålig mot järnvägstransportens skakningar. Det är känt att roterande omformare av någon storlek inte finns i reserv, och det är dock känt är att nya inte tillverkas.

En möjlighet skulle kunna vara att frigöra roterande omformare, i detta fall företrädesvis fyra å 7 MVA eller möjlig 5.8 MVA. För att kompensera för effektbortfallet nyinstalleras två statiska omriktare. Denne løsningen bedöms vara minst attraktiv. Dels på grund av kostnader för nyproduktion av fasta matningsstationer för frigörande av omformare samt att anläggningen blir svår att få mobil på landsväg.

Ettersom en fast omformerstasjon må bygges før de roterende aggregatene kan bygges om, er dette også den mest tidkrevende løsningen. Som beskrevet i kapittel 1.3, er det viktig at omformerne kan idriftsettes så tidlig som mulig etter innføring av nye tog i år 2012.

6.4. Løsning 4: "Återmatande elektriskt lok" traktionsomriktare



I dag är alla elektriska lok utrustade för elektrisk broms med återmatning, i regel med samma eller nästan samma effekt som lokets maximala traktionseffekt. Ett lok i återmatningsläge är alltså en matningsstation i dess vanliga effektläge, med effektflödet från trefas till enfas. Omvänt motsvarar ett lok i vanlig drift en matningsstation som återmatar från enfas till trefas. Lokets trefasmotorer som i bromsläge fungerar som generatorer (med variabel frekvens) byts alltså ut mot trefasnätet (med fast frekvens 50 Hz).

Utrymmen i ett lok är jämförbara med en container/trailer i bredd och höjd. Alla komponenter ska kontinuerligt klara järnvägstriftens mekaniska påfrestningar, således bör de klara dem utan ytterligare åtgärder vid vägtransport. Om enfastransformatorn bibehålls från ett lok så bör den rymmas i en container/trailer tillsammans med ytterligare utrustning.

Trefastransformatorn bedöms få plats i en container eller på trailer. Denna transformator kan då utföras som enkel transformator med bara en uppsättning primärlindningar, som för lösning 1.

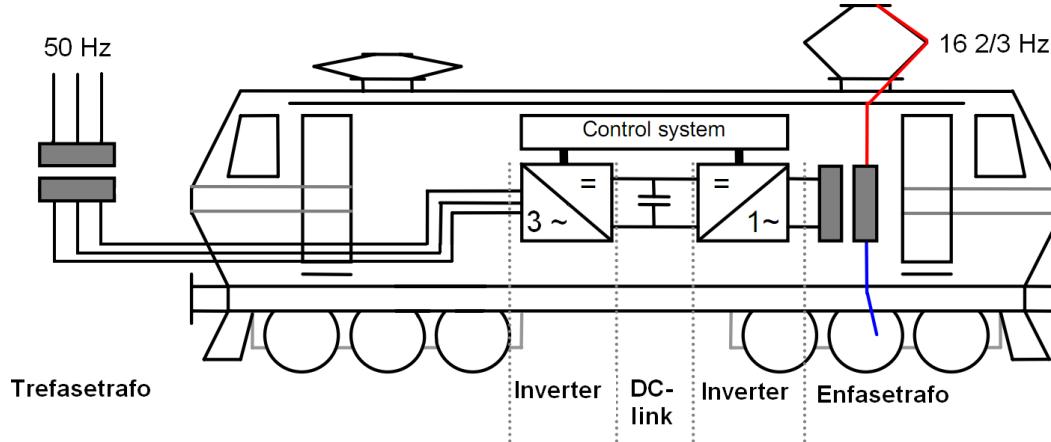
Den maximala effektstorleken hos ett lok medför att 15 MVA uppnås genom två, eller kanske tre, mindre enheter, vilket som hos lösning 3 innebär en delredundans.

Utrustning för elektriska lok tillverkas i stort antal som standardiserade komponenter hos många tillverkare. Dessa är välbeprövade och bör vara tillgängliga för bra kostnadsuppskattningar.

Traktionsutrustning är framtagen för intermittent drift och optimerad m a p utrymme och vikt. Vilka implikationer detta har för kontinuerlig drift och optimal verkningsgrad är viktiga frågeställningar för denne lösningen.

Trefassidan är avsedd att jobba mot trefasmotorer som är okänsligare för övertoner än trefasnätet, så ström- och spänningskvalitén på traktionsomriktarens trefassida måste utredas. Vid fördelning på mindre och fler enheter minskas den sammanlagda återverkan på trefasnätet, i synnerhet om varje enhet har sin egen trefastransformatör så att tolvpulsverkan uppnås sammantaget genom olika kopplingsgrupper.

Forslag til ombygging til omformerstasjon:



Denne løsningen gir en statisk omformer og skiller seg derfor ikke i stor grad fra løsning 1 og 2, rent teknisk. Fellestrekket er benyttelse av kraftelektronikk til omformingen. En optimalisering av løsning 1 og 2, med tanke på areal og mobilitet, vil kunne gi tilsvarende komponenter som benyttet i løsning 4. Forskjellen er at denne løsningen muliggjør benyttelse av masseproduserte anlegg som tidligere ikke er benyttet til dette formålet.

6.5. Krav til trefasetransformatoren

Bane Energi har i dag følgende spenningsnivåer som innkommende spenning, 11, 22, 47, 66, 110 og 132 kV, se oversikt i vedlegg 5. Dersom man skal tilpasse 3 fasetransformatoren til

alle disse spenningsnivåene blir det en svært komplisert og kostbar transformator, og det er i tillegg en del usikkerhet knyttet til om dette er teknisk mulig å få til.

Prosjektet må derfor gjøre en vurdering av hvor på fjernstrekningene man er mest sårbar for havarer, som er den mest tidskritiske situasjonen som kan oppstå relatert til beredskap.

Hensikten med denne vurderingen er å se om det er aktuelt å utelukke noen spenningsnivåer. Vurderingen vil bli gjennomført i detaljplanfasen.

Eksisterende omformerstasjoner med roterende aggregater har trefasetransformatorer med sekundærspenning på 6,3 kV. Dersom anlegget skal tilkoples en av disse stasjonene og det forutsettes at eksisterende trefasetransformatorer kan benyttes, kan dette være et tilstrekkelig spenningsnivå å koble seg til.

6.6. Anslutning till AT nät

Vid det i Norge valda utförandet av AT-systemet sker utmatning från matningsstationerna på samma sätt som vid en konventionell sträcka enfasigt med 15 kV. Efter utmatningen och effektbrytare transformeras spänningen till 30 kV med mittpunkten jordad (2×15 kV) av två parallellkopplade autotransformatorer (AT) till banans 30 kV-system.

Vid placeringen av den mobila omformarstationen vid ett befintligt ställverk (såsom sannolikt vid den första användningen i Osloområdet) är dessa AT uppställda i anslutning till ställverket och utmatningen från den mobila omformarstationen kan ske på det vanliga sättet med 15 kV.

Behövs däremot en insats av den mobila omformarstationen vid en sträcka med AT-system på ett ställe där inte dessa utmatnings-AT finns, måste omformarstationen kunna mata ut på 30 kV. En utmatning på endast 15 kV skulle annars överbelasta den eller de två närmaste AT som endast har 5 MVA märkeffekt och som måste transformera nästa hela linjens effekt till 30 kV-nivån. Autotransformatorernas låga kortslutningsimpedans, motsvarande 1-2 km sträcka medför dessutom att det endast för en placering av omformarstationen nära mitten av en AT-sektion får en någorlunda jämn effekttuppdelning mellan två AT, annars tvingas den AT som är närmast omformarstationen att ensamt transformera nästan hela den utmatade effekten.

I princip skulle några AT kunna ingå i den mobila omformarstationen, men av plats- och kostnadsskäl bör detta undvikas. De tekniska förutsättningarna för att kunna bygga i ett utförande som tillåter valfri utmatning med 15 eller 30 kV är olika för de fyra undersökta lösningene.

6.6.1. Alternativ 1 Omriktare byggt på IGBT-teknologi utan enfastransformator

Omriktaren med IGBT/HVDC light teknologi utan enfastransformator kan säkert i princip byggas för 30 kV, detta är dock en hög spänningssnivå som dessutom skiljer sig från standardmodellen, så platsbehov, utvecklingstid och kostnader låter denna lösningen verka osannolikt. Därför bör en utmatningstransformator 15/30 kV anordnas som dock ej behöver vara lika optimerad m a p kortslutningsimpedans som en standard AT som bygger på höjden.

Att dela upp omriktaren i två halvor för 15 kV vardera som kopplas parallella med samma fasläge för 15 kV-utmatning och i serie och motfas för utmatning av 30 kV med mittpunktjordning är en vid första åsyn lockande lösning, som dock sannolikt ställer för höga krav på synkningen av omriktarhalvorna att fungera.

6.6.2. Lösning 2 Omriktare byggt på konventionell teknologi

För en konventionell mellanledsomriktare med enfastransformator är det enklaste sättet att utrusta den med en sekundärlindning bestående av två dellindningar för 15 kV och halva märkström (vid 15 kV) som kopplas parallellt för 15 kV-utmatning och i serie, med jordad mittpunkt, för 30 kV-utmatning. Eftersom större transformatorer i regel ändå uppförs med flera serie- och parallellkopplade dellindningar, bedöms detta inte tillföra märkbar större komplexitet och platsbehov för själva lindningen, däremot måste transformatorn vara utrustad med tre genomföringar som för att möjliggöra olika kopplingar med två identiska transformatorer alla är isolerade för 15 kV mot jord.

För en omriktare uppdelad i två halvor kan man tänka sig en lösning där dessa har var sin enfastransformator. På samma sätt som för lösning 1 körs de två omriktare+enfastransformator-enheterna parallella för 15 kV och i serie för 30 kV.

6.6.3. Lösning 3 Roterande omformare

Om det inte finns AT på platsen där omformarstationen placeras, kan även här samma princip användas, de två 7 (eller 5,8) MVA omformarenheterna med omformare och enfastransformator kopplas parallellt för 15 kV och i serie för 30 kV.

6.6.4. Lösning 4 "Återmatande elektriskt lok" traktionsomriktare

Att bygga traktionstransformatorer med omkopplingsbar sekundärlindning och två 15 kV-genomföringar är orealistiskt både för att det då inte längre är en standardtransformator utan en specialvariant som först måste tas fram och för att platsbehovet blir större m a p att rymmas i en vanlig container. Så även här måste samma parallellkoppling för 15 kV och seriekoppling för 30 kV som för de andra lösningene tillämpas.

6.6.5. Brytare/ställverk

Om den mobila omformarstationen kan placeras vid ett ställe där AT finns är det mest fördelaktigt att mata ut på 15 kV och begagna sig av 15 kV enfasbrytare innan upptransformeringen. I de andra fallen blir omriktaren/omformaren en tvåpolig spänningskälla för 30 kV som måste anslutas genom en tvåpolig brytanordning till sträckans 30 kV-system. Ett lämpligt sätt att åstadkomma detta är att sammanövrera två 15 kV-brytare. Om exempelvis den mobila omformarstationen utrustas med fyra enfasbrytare kan den

antingen mata ut till fyra 15 kV-linjer, till två 30 kV-linjer eller till en 30 kV och två 15 kV linjer.

Det må spesifiseres at 15 kV enfasebryterne skal kunne benyttes både som enpolt og som topolt koplingsanlegg.

6.6.6. Styrning

I alla lösningar där två omriktare/omformare kopplas i serie ställs det höga krav på samordnad styrning av dessa två enheter. En försvårande omständighet är att kontaktlednings-/positivfeedersidan i regel belastas något mera än den sida som matar mot negativfeedern , eftersom tåg i närhet och i förekommande fall närmaste station med bl växlingsrörelser och tågvärme får sin effekt på 15 kV-nivån. Först efter första sektioneringen i kontaktledningen sker effektuttaget från 30 kV via närmaste AT. Redundansen av en omformarstation uppdelad i två halvor finns endast för 15 kV, vid 30 kV försvinner den eftersom båda enheterna behövs för att generera den dubbla spänningen.

6.7. Lokalisering av anlegg

Det er i regi av prosjektet gjennomført simuleringer for å verifikasi at tiltaket oppfyller de behov som er avdekket i utredningsrapporten for Oslo-området. I disse simuleringene er plasseringer på Alnabru, Lillestrøm og Holmlia vurdert. Se mer om dette i kapittel 9, Konsekvensanalysen.

6.8. Opparbeidelse av tomt

I detaljplanfasen av prosjektet vil tilgjengelig areal på ulike aktuelle lokasjoner bli vurdert. Arealbehovet vil være en viktig parameter for leveransen, og et viktig insitament for å bygge komprimerte anlegg.

Behovet for opparbeidelse av tomt vil derfor ikke kunne avklares før man ser hvilke løsninger leverandørene velger å tilby. Opparbeidelse av tomt for første fase av prosjektet, dvs frem til effektbehovet i Oslo-området er løst permanent, er prosjektets ansvar.

6.9. Tilknytning til 3 fase og en-fase nett

I forhold til tilknytning mot trefasenettet anser Hafslund dette som en prioritert last/kunde, noe som betyr at det vil legge tilførselskabler som dublerte kabler (redundans). Dette vil ha en kostnadskonsekvens i forhold til anleggsbidraget. Jernbaneverket har ikke anledning til å påvirke denne beslutningen.

6.9.1. Alnabru

Det er sannsynlig at minst ett av anleggene blir plassert på Alnabru, i forbindelse med den eksisterende omformerstasjonen. Prosjektet har derfor diskutert denne plasseringen med Hafslund Nett, og fått tilbakemelding om følgende:

- eksisterende kabel har ikke kapasitet til en effektøkning på 15 MVA, noe som betyr ny kabel fra nærmeste transformatorstasjon
- Hafslund Nett ønsker av hensyn til kapasitet i 47 kV nettet at begge omformerstasjonene plasseres på Alnabru

I forhold til tilknytning på KL-anlegget er det et alternativ å tilknytte seg samleskinnen i eksisterende stasjon, samt bruke eksisterende utgående linjer. Dette må imidlertid avklares nærmere i detaljplanefasen.

6.9.2. *Holmlia*

Det er sannsynlig at minst ett av anleggene blir plassert på Holmlia, i forbindelse med den eksisterende omformerstasjonen. Prosjektet har derfor diskutert denne plasseringen med Hafslund Nett, og fått tilbakemelding om følgende:

- eksisterende kabel har kapasitet til en effektøkning på 15 MVA, men det er litt usikkert hvorvidt Hafslund Nett har tatt hensyn til at eksisterende roterende omformere er overlastbare i denne vurderingen.
- Hafslund Nett ønsker av hensyn til kapasitet i 47 kV nettet ikke Holmlia som plasseringssted for disse omformerstasjonene

Det er sannsynlig at omformeranlegget vil komme i konflikt med sportraseen inn i eksisterende omformerstasjon. Dette vil kunne by på problemer i forhold til å ta ut et aggregat til service dersom det er nødvendig. Det vil derfor som en del av konstruksjonskravene til det mobile omformeranlegget bli stilt krav til "plug and play" løsninger. Dette skal muliggjøre rask flytting av det mobile anlegget dersom ett aggregat av en eller annen grunn må ut av eksisterende anlegg.

6.9.3. *Lillestrøm*

På bakgrunn av simuleringsresultater [5] er det mindre ønskelig å plassere ett eller begge de mobile omformerne på Lillestrøm. Hafslund Nett opplyser også at på bakgrunn av begrenset overføringsevne i overliggende regionalnett, er det lite ønskelig at det installeres nye omformere i denne stasjonen. Plassering på Lillestrøm blir derfor ikke vurdert videre i dette prosjektet.

6.10. *Anleggsfase*

Det vil være nødvendig med en anleggsfase for å opparbeide tomt for plassering av anlegget. Arbeidet vil kunne innebære planering, drenering og annet grunnarbeid. Eksisterende omformerstasjoner skal være i full drift under hele anleggsperioden.

Arbeidene er forutsatt å ikke ha noen konsekvens for togtrafikken.

I forhold til riggområde for selve det mobile omformeranlegget er det forutsatt at hele anlegget blir produsert, testet og godkjent på produksjonsstedet. Produksjonen vil sannsynligvis foregå hos leverandøren. Varigheten av rigg på hhv Alnabru og Holmlia vil derfor være begrenset til tid for opprigg, SAT-tester samt opplæring for eget personell.

6.11. Vernehensyn Alnabru omformer

Alnabru omformerstasjon er ifølge BED vernet eller fredet. Det har imidlertid ikke lykkes prosjektet å avklare endelig vernestatus. Det har vært kontakt med JBV egne ressurspersoner innenfor kulturminnevern, derav Landsverneplanen for Jernbanen. Prosjektet har søkt etter info både hos Byantikvaren, Landsverneplanregistre og Askeladden (Riksantivarens liste) uten å finne noe dokumentasjon på at bygget er vernet.

Men av hensyn til at dette er et gammelt bygg, vil prosjektet i den videre planlegging konferere med JBV egne interne ressurser knyttet til kulturminner, slik at nødvendige hensyn kan bli ivaretatt.

7. Sikkerhetsvurderinger

7.1. Sammendrag RAMS-analyse

Denne RAMS-analysen er en del av hovedplanutredningen for anskaffelse av mobile statiske omformere.

COWI ble forespurt om å gjøre en RAMS-analyse i hovedplanfasen som etter PPB-prosessen er fase 2 i RAMS-standarden EN 50126, ref /2/.

Denne analysen skal være en preliminær fare og RAM-analyse som det er beskrevet i fase 2 i RAMS-standarden. Identifiseringen av farekilder i fase 1 er vurdert som unødvendig i et så lite komplekst system og hvor farer/feilmodi er godt kjent hos operatørene og systemansvarlige.

Formålet med analysen er å identifisere designområder hvor det er nødvendig med forbedringer for å bedre forhold for pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdbarhet og sikkerhet. Dette gjøres ved å finne farer/ feilmodi ved designet og bruk av den nye løsningen, og hvilken effekt disse har lokalt i systemet og på systemet som helhet. Farer/ feilmodi vil kunne være både tilfeldige feil (typisk hardware feil), systematiske (typisk software feil) og menneskelige feil, og vil være relatert til pålitelighet, tilgjengelighet, vedlikeholdbarhet og/eller sikkerhet. Analysen vil også komme med foreslalte tiltak for å redusere sannsynligheten for at de identifiserte farene/feilmodiene skal inntrefte eller redusere konsekvensen ved dem dersom de skulle inntrefte. Vurdering om tiltakene skal implementeres eller ikke vil bli gjort i detaljplanfasen.

I hovedplanen er det fire alternative løsninger, men i denne analysen er det kun løsningene 1, 2 og 4 som er analysert. Se kapittel 3 i vedlegg 2 for beskrivelse. I analysemøtet var det komponenter fra en generell løsning som ble analysert. Dersom det var noen større forskjeller ved de tekniske løsningene, ble disse kommentert og er tatt med i denne rapporten.

Det forutsettes at Jernbaneverkets tekniske regelverk og generelle offentlige forskrifter for anleggene overholdes. Anlegget skal være mobilt og det er ønsket en mobilitet på to uker. Det skal inngås service og vedlikeholdsavtaler med leverandør, og det forutsettes at det blir gjort opplæringer av interne ressurser for oppkobling, nedrigging og drifting av det nye anlegget. Anlegget skal være fleksibelt slik at det kan kobles til flere ulike overliggende nett. Uavhengig av hvilken løsning som velges, så skal den oppfylle de funksjonskrav og grunnleggende tekniske forutsetninger som JBV gjennom teknisk regelverk og brukerkarav stiller til et omformeranlegg.

Kapittel 2 beskriver akseptkriterier for sikkerhet og krav til tilgjengelighet, pålitelighet og vedlikehold. Kapittel 3 gir en kort beskrivelse av de alternative tekniske løsningene som er en del av denne analysen.

Det har ikke vært mulig å gi noen sterk anbefaling for noen av løsningene i denne analysen, men det er kommentert noen fordeler og ulemper, se kapittel 6 i vedlegg 2. Det vil være opp til leverandør å dokumentere at valgt system møter gitte krav. Viktige kriterier å legge til grunn er allikevel om systemet har redundante løsninger, er transportdyktig og at det finnes

driftserfaringer. Løsning 2 og 4 er best kjent og lettest å få med delvis redundante løsninger. Løsning 4 er antagelig den løsningen som tåler transport best, mens løsning 1 og 4 kan antas å være de mest kompakte løsningene. Med tanke på sikkerhet er det ikke funnet noen store forskjeller på løsningen. Alle løsningene kan gjøres skinnegående for å få en sikrere transport, men dette gir utfordringer i forhold til plassering og hensetting.

Det anbefales at alle identifiserte tiltak i denne analysen vurderes og at det gjøres nytte/kost vurdering av de tiltakene som er kostbare.

Det kan med rimelighet sies at alle løsningene møter JBV's akseptkriterier basert på argumentasjonen om at dette er prosjektert og bygget etter gjeldende standarder og regelverk.

Når det gjelder RAM kan det sies at løsningen som velges vil bli minst like pålitelig og tilgjengeligheten minst like høy som eksisterende omformerstasjoner. Det stilles krav til opptid og leverandør må dokumentere at disse er møtt. Et nytt system vil også ha mindre feil enn et gammelt bortsett fra i en innkjøringsperiode, se Figur 6.1 Badekarskurven i vedlegg 2. Vedlikeholdbarheten kan være noe dårligere i et mobilt system, men med et gjennomtenkt design vil dette også bli vel så bra som i eksisterende systemer.

For at resultatet skal bli så godt som mulig og sikre at kravene blir nådd, må alle foreslalte tiltak og anbefalinger vurderes og det må jobbes videre med RAMS i de neste fasene i livsløpet. RAMS-planen gir føringer på videre aktiviteter.

7.2. RAM og Sikkerhetsplan

Generisk og faserelaterte RAM og sikkerhetsaktiviteter er identifisert og oppført i EN 50126 figur 9-Projektfaserelaterteaktiviteter. Standarden krever riktig gjennomføring av disse aktivitetene for å realisere de nødvendige RAMS målene.

Ved å implementere disse aktivitetene, kan man i stor grad være sikker på at de angitte RAM og sikkerhetskravene er oppnådd. Sikkerhetsorganisasjonen i prosjektet skal avgjøre hvilke av de opplistede aktivitetene som er aktuelle i dette prosjektet og finne ut måter å implementere disse i RAM og sikkerhetslivssyklusmodellen.

RAM og sikkerhetslivssyklusen til dette prosjektet skal etableres ved å gjennomføre disse aktiviteter ved respektive faser av den generiske livssyklusmodellen.

En detaljert og altomfattende liste over RAM og sikkerhetsaktiviteter er gitt i vedlegg 3.

7.3. EMC (främst magnetfält)

Den viktigaste principen för reduktion av magnetfält är att föra ledarna så nära varandra som möjligt och förhindrar att en del av strömmen (i regel på ”jordsidan”) kan avlägsna sig från de andra ledarna. Då återstår en icke kompenserad nettoström i ledarsystemet som alstrar ett magnetfält som avtar mycket långsamt med avståndet.

På trefassidan innehåller detta alla de tre fasledarna som kabel eller skenor ska vara förlagda nära varandra. På enfasidan ska återledaren vara isolerad och förläggas bredvid 15 kV-ledaren fram till rälsen, där återledaren ansluts.

Hur stationsjord mm ska behandlas för att minimera risken för smitströmmar främst var den ska kopplas ihop med återledaren, får studeras mera noggrann i ett senare skede.

En kraftig magnetfältkälla är reaktorer utförda som luftspolar. På trefassidan bör de placeras nära varandra, då tar fälten snabbare ut varandra med ökande avstånd. Denna hjälp fås inte på enfassidan. Därför är sannolikt reaktordesign där det magnetiska fältets utbredning kontrolleras bättre att föredra, såsom reaktorer med järnkärna och luftspalt eller mantelreaktorer. För att ytterligare spara plats och minska magnetfälten kan dessa reaktortyper även vara intressanta för trefasfiltret.

Vid upplägget av stationen kan reaktorerna placeras så nära i mitten av anläggningen som möjligt, då har fältet redan avtagit mycket innan det når anläggningens staket. Möjligheten att placera reaktorer och övriga filterkomponenter i containrar bör utredas.

För att minska de övertoner som anläggnings injicerar i både enfas- och trefasnätet kan utöver filter även taktfrekvensen och trefastransformatorns kopplingsgrupp optimeras, detta bör göras i samråd med tillverkaren av omriktaren.

7.4. Støy

Det två största ljudkällorna är fläktljuden för ventilation och ljud relaterade till AC-frekvenserna och dess övertoner som främst spolar och transformatorer emitterar.

Fläktljuden kan påverkas genom både val av fläktsystem och placering av eventuella kylare med fläkt, även här är en uppställning i mitten av stationen att föredra. Om containrar/trailers grupperas på anläggningens utsidor runt ett ”gårdsplan” i mitten för reaktorer och kylare skärmas både ljud och magnetfält något av containrarna/trailers.

Fläktljud kan även begränsas med hjälp av varvtalsstyrning via frekvensomriktare.

Ljudbilden kan även påverkas av mönstret för switchningen, i samråd med tillverkaren av omriktaren. Bullerskyddsväggar också komma i fråga, många olika varianter på skyddsväggar finns på marknaden. Krav på noggrann specifikation av ljudemissionsvärdet bör ställas och utvärderas.

8. Overslag over kostnader

8.1. Basisestimat

JBV har mottatt forhandlede tilbud fra forskjellige totalleverandører i forbindelse med tilbud på en statisk omformerstasjon på 2x15 MVA. Kostnadsgrunnlaget i disse tilbudene ligger til grunn for kostnadsberegning av statiske omformere i utredningsfasen, og disse tallene er benyttet videre i denne hovedplanen. Grunnlagskostnadene fra tilbudssummene er oppjustert fra sine originale prisnivå til mai 2010 ved bruk av norsk konsumprisindeks. Etter at tilbudssummene hver er justert til 2010-verdier, blir gjennomsnittet av kostnadene benyttet som grunnlag. For kostnadselementer som er en del av totalkostnaden, men ikke inngår i tilbudene beskrevet, benyttes estimeret hentet fra BE sitt budsjett for nevnte omformerstasjon.

Dette kostnadsestimatet er vurdert og oppdatert gjennom en usikkerhetsanalyse gjennomført i prosjektets regi. Utgangspunktet for usikkerhetsanalysen er gitt i Tabell 2.

Tabell 2 - Kostnadselementer for 2x15 MVA statisk transportabel omformerstasjon.

Kostnadselement	Kostnad [MNOK]
Prosjektering	18,1
Rigg og drift	2,5
Dokumentasjon	2,7
Kurs og opplæring	0,6
Reservedeler, med enhetspriser	0,7
Sentral kontrollutrustning og stasjonsdatamaskin	5,6
Likeretter, mellomledd og vekselretter	30,7
Fleksibel filterutrustning	3,5
Krafttransformatorer	23,3
Omformerkontrollanlegg	5,2
Ventilasjon og kjøling av omformer inkl. styring	2,5
Fleksibelt koblingsanlegg	10,1
15 kV koblingsanlegg	3,9
Bygg	1,8
VVS inkl. Styring	1,9
Lavspentanlegg	2,3
Hjelpekraftanlegg	1,4
Teleanlegg	1,3
Idriftsettelse	4,6
Garanti	1,8
Sum stasjon	124,6
Tomt	0,0
Grunnarbeid	1,0
Nettilikobling	7,0
Konsulenttjenester	5,1
Interne kostnader	7,4
Totalsum	145,0

8.2. Budsjett

Pa bakgrunn av resultatene fra usikkerhetsanalysen, er det laget et budsjett for prosjektet, se tabell under. Rapport fra usikkerhetsanalysen er vedlagt i sin helhet i vedlegg 1.

Post	Beskrivelse	Budsjett (eks mva)
1.	Felleskostnader	Kr 5.000.000,-
2.	Konsulenttjenester (Oppfølging, KS)	Kr 5.000.000,-
3.	Tilknytning Hafslund	Kr 10.000.000,-
4.	Opparbeidelse av tomt	Kr 2.000.000,-
5.	Kontrakt totalentreprenør	Kr 153.000.000,-
6.	Ufordelt reserve	Kr 13.000.000,-
	Totalt	Kr 188.000.000,-

Budsjettet er periodisert som følger:

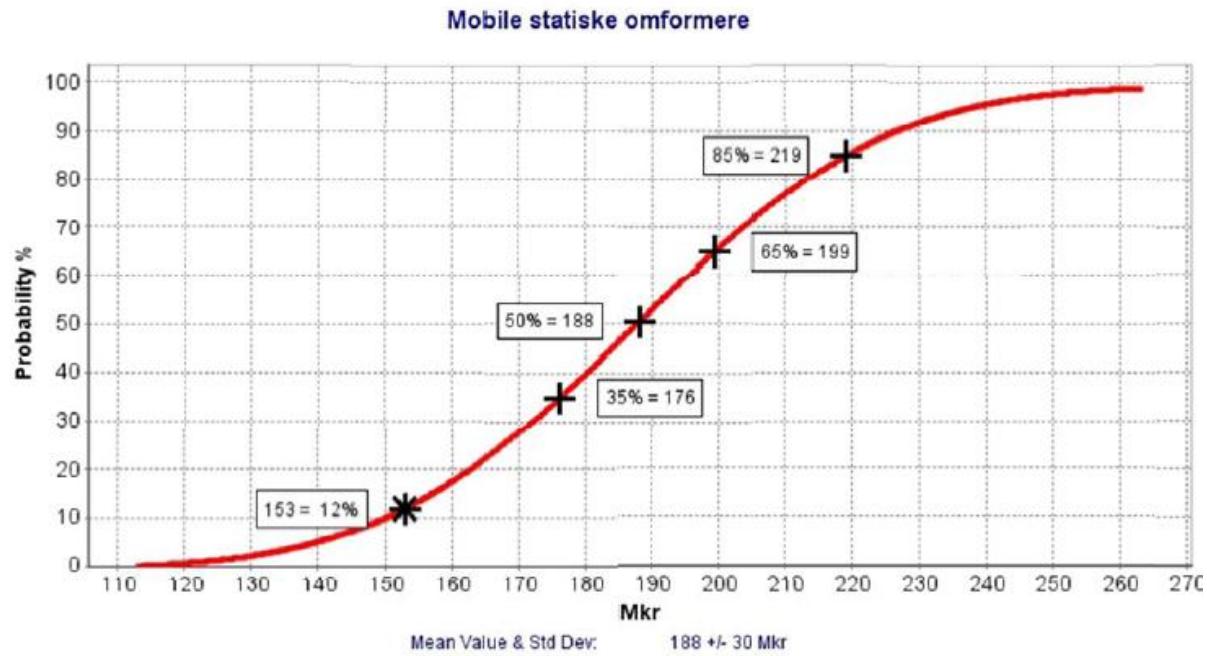
År 2011: 30 MNOK

År 2012: 100 MNOK

År 2013: 58 MNOK Usikkerhetsanalysen

Det er ikke laget separate basisestimat for de ulike alternative tekniske løsninger som er vurdert i hovedplanen. Grunnen til dette er todelt, det ene er at de erfaringstallene som prosjektet har hatt tilgang til har vært et gjennomsnitt av tilbudene for en tidligere kontrahert omformerstasjon. Tilbudene inneholdt teknologien for henholdsvis løsning 1 og 2. Det andre er at for løsning 4 har det vært svært vanskelig å estimere noe, da løsningen ikke finnes og det er dels stor usikkerhet knyttet til om dette er en teknisk mulig løsning uten uforholdsmessig kostbare tilpasninger. Basisestimatet anses dermed som representativt for anskaffelsen uavhengig av teknisk løsning.

Usikkerhetsanalysen gjennomført anslår en styringsramme (P50 prognose for prosjektkostnaden) på 188 MNOK. Kostnadsrammen (P85) er anslått til 219 MNOK. Standardavviket for kostnadsoverslaget er på 16%. Dette er innenfor Jernbaneverkets krav på maksimalt 20% standardavvik for hovedplannivå. Fordelingskurve for budsjett er vist i figuren under.



En viktig forutsetning for kostnadsanslaget er at to mobile statiske omformerenheter blir anskaffet og installert i henhold til anbefalingene og føringene gitt av denne hovedplanen. Dersom flere enheter enn to anskaffes, kan det forventes at enhetsprisen per omformer vil bli redusert.

9. Konsekvensanalysen

Det er gjennomført trafikksimuleringer [5] av banestrømforsyningen i Oslo-område for å bekrefte behov og nytteverdi av 2x15 MVA mobile omformere. Følgende kan oppsummeres som funn:

- Det ser ut til at de mobile reserveaggregatene er tilstrekkelig dimensjonert for den økte belastningen, med ca. 2 x 15 MVA. Dette ut fra at et enkelt resonnement om at det momentane effektbehovet i Oslo-området ser ut til å ha økt med ca 38 MW fra simuleringene i fase 1. I tillegg til en ytelse på 30 MVA fra de mobile aggregatene vil Hakavik kraftverk kunne supplere med 5 MW.
- Som alltid i banestrømforsyningen er det stor forskjell på maksimal og mer gjennomsnittlig belastning. Ved konstruksjon av aggregatene er det derfor mulig å la transformatoren være en del mindre enn ytelsen for selve omformeren.
- Simulering der togene gis en effektbegrensning på 500 A gir liten reduksjon av høyeste effektopptak for omformerstasjonene. Det er bare Type 74/75 i multippel som kan trekke så mye strøm.
- Simulering med endret karakteristikk for fasenvinkelen som funksjon av spenning for Type 74/75 og CE119 ble endringen av belastningen for omformerne liten. Men i en unormal driftsituasjon med utfall av aggregater så en at spenningen for togene ble noe forbedret slik at en kommer innenfor akseptgrensen på 12,0 kV.
- Plasseringene av de nye aggregatene som er undersøkt her er Holmlia og Alnabru, begge aggregater på Alnabru eller begge på Lillestrøm. Ut fra dette kan en se at:
 - Ved plassering av begge aggregatene på enten Alnabru eller Lillestrøm vil det ved utfall av ett aggregat i Asker og Holmlia være små marginer mot utfall av de gjenværende aggregatene.
 - Ved plassering av ett mobilt aggregat på henholdsvis Holmlia og Alnabru og utfall av ett roterende aggregat i hver av disse, blir de gjenværende aggregatene i Asker omformer noe høyt belastet. Marginene mot overbelastning er derimot såpass store at det er sannsynlig for at dette kan gå bra.
 - Ved plassering av begge aggregatene på Alnabru vil strømbelastningen på avgangene til kl-anlegget bli så stor at det er fare for overbelastning. Dermed vil en fraråde plassering av begge aggregater på Alnabru og heller foretrekke Lillestrøm, dersom begge aggregater må plasseres på samme sted.
 - Det er imidlertid et prosjekt på gang (fornyelsesplan Etterstad – Lillestrøm), som skal bygge om KL-anlegget til AT system, noe som vil medføre at overføringskapasiteten Alnabru – Oslo koplingshus blir betydelig forsterket. Det er det imidlertid usikkert om det nye KL-anlegget vil være ferdig tidsnok, og prosjektet vil derfor ikke legge disse planene til grunn for plassering av omformeranleggene.
 - Selv med de nye aggregatene vil noen tog få lave spenninger, uansett plassering, ved to samtidige omformerutfall. Det er snakk om fire til fem tog som får spenninger ned mot 11,5 kV.
- Simulering med utfall av alle aggregater i Asker omformer kan være et scenario der en har hatt utfall av ett aggregat i både Holmlia og Alnabru. Med plassering av ett mobilt aggregat i Holmlia og i Alnabru vil sannsynligvis ikke de øvrige omformerne falle ut. Dermed kan togtrafikken fremdeles opprettholdes, riktig nok med sannsynlighet for store forsinkelser. Ved plassering av de mobile aggregatene på enten Alnabru eller

Lillestrøm vil det være mindre marginer mot overbelastning av de gjenværende aggregatene i Holmlia. Scenarioet vil da kunne bli at alle aggregater i Asker og Holmlia faller ut.

Ut fra undersøkelsene i dette arbeidet, blir det konkludert med at to aggregater på 15 MVA hver ser ut til å være tilstrekkelig som reserve i Oslo-området frem til 2018. Beste plassering ser ut til å være Alnabru og Holmlia, både ut fra simuleringer og resonnementer rundt behov ved sannsynlige utfall. Det frarådes å sette to aggregater på samme sted, for eksempel på Lillestrøm.

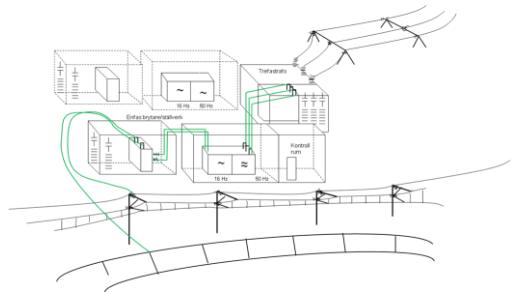
Det vil kunne oppstå lave spenninger ved utfall av to aggregater samtidig, da spesielt ved tilfeller der ett aggregat i Asker faller ut samtidig med utfall i enten Holmlia eller Alnabru. Imidlertid viser simuleringene at optimalisering av reaktivt effektopptak i de nye togsettene, Type 74/75, vil kunne forbedre spenningene tilstrekkelig til å komme innenfor kravet på 12,0 kV. Enda ett mobilt reserveaggregat kunne gitt bedre spenninger for togene. Sett i forhold til kostnadene for nye mobile reserveomformere og konsekvensene lave spenninger får, synes det rimelig å kunne akseptere dette. Konklusjonen blir dermed at to reserveomformere på 15 MVA hver, som toppbelastning, er tilstrekkelig dimensjonering for den økte belastningen. Det forutsettes da at også Hakavik kraftverk er i drift med 5 MW.

10. Anbefaling

Prosjektet har i hovedplanfasen vurdert til sammen 4 tekniske løsninger for en mobil omformer.

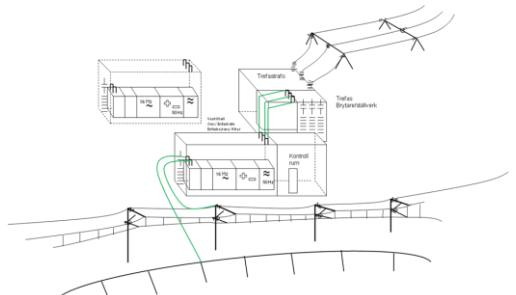
Løsning 1. Omformere bygget på IGBT-teknologi utan enfasetransformator.

Denne løsningen er aktuell som et av flere alternative løsninger av prosjektet. Og det er også interesse fra leverandørmarkedet til å utvikle og levere et slik anlegg.



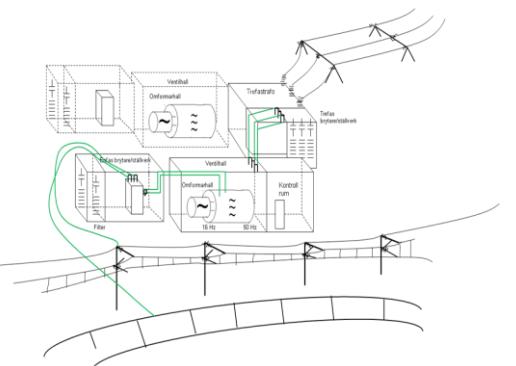
Løsning 2. Omformere bygget på konvensjonell teknologi

Denne løsningen er aktuell som et av flere alternative løsninger av prosjektet. Og det er også interesse fra leverandørmarkedet til å utvikle og levere et slik anlegg.



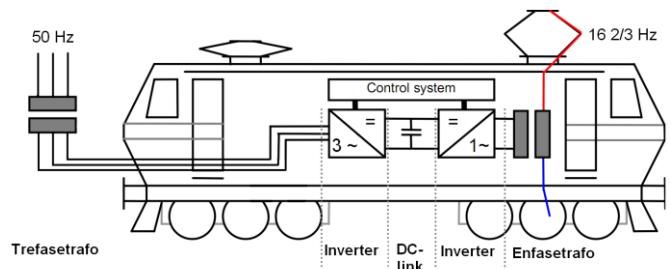
Løsning 3. Roterende omformere

Denne løsningen regnes som lite aktuelt da det betinger at man frigjør eksisterende roterende omformere for ombygging. For å få dette til må man først bygge et statisk omformeranlegg som er erstattning for en stasjon med roterende omformere, da Bane Energi ikke har overskudd av roterende omformere. Dette har prosjektet verken tid eller penger til.



Løsning 4. Tilbakematem elektrisk lokomotiv

Ideen bak denne løsningen er å modifisere et eksisterende masseprodusert produkt ved hjelp av standardkomponenter for på den måten å utvikle en ny løsning for en omformerstasjon. Tanken er at det nye produktet kan være konkurransedyktig i forhold til mer tradisjonelle omformeranlegg. Anlegget bygges med masseproduserte standardkomponenter, men settes sammen på en annen måte, og kan derfor være konkurransedyktig i forhold til pris. Løsningen har også et annet fortrinn i forhold til kompakthet, da komponentene er optimalisert med hensyn til størrelse. For øvrig er dette også en statisk omformer, og løsningen skiller seg derfor ikke mye fra løsning 1 og 2 da alle disse benytter kraftelektronikk til omforming.



Prosjektet har diskutert løsningen og kommet frem til at det nok er høyst usikkert om noen ønsker å utvikle en omformerstasjon basert på dette prinsippet. Men prosjektet mener signalene er såpass sprikene at man vil vurdere dette som en aktuell løsning selv om det pr dato ikke finnes en omformerstasjon basert på denne løsningen.

10.1. Konklusjon

Igjennom denne hovedplanen anses det å være dokumentert at en mobil omformerstasjon lar seg løse med ulik type teknologi. Anlegget er imidlertid kritisk i forhold til opptid og stabilitet, at vi i kravspesifikasjonen ikke vil legge opp til utvikling av nye prosjekter og tekniske løsninger. JBV kan imidlertid ikke beskrive en bestemt løsning, da dette vil kunne utelukke leverandører, kravspesifikasjonen vil derfor måtte lages funksjonsbasert. Tilbyderne vil imidlertid bli stilt de samme tekniske krav knyttet til opptid og stabilitet, noe som skal ivareta JBV sitt behov i forhold til kvalitet for leveransen.

Kravspesifikasjonen vil bli utarbeidet slik at løsning 3 er utelukket. Løsning 4 ansees som lite aktuelt da det vil være de samme produsentene som produserer dette utstyret som også produserer løsning 1 og 2. Det er derimot ikke ønskelig å utelukke løsning 4 av hensyn til at dette vil være en svært kompakt løsning. Kvalitet, opptid, og stabilitet ansees som ivaretatt, ettersom denne løsningen også må tilfredsstille de samme krav som de øvrige.

Benyttelse av en funksjonsbasert spesifikasjon innebærer at tilbud vil bli evaluert opp mot funksjonalitet og ikke mot teknologisk løsning. Endelig teknologisk løsning vil derfor ikke være klar før man får evaluert tilbudene, noe prosjektet mener er akseptabelt, så lenge alle tilbyderne blir stilt ovenfor de samme tekniske og sikkerhetsmessige krav. I videre planarbeid blir funksjonalitetskrav dermed utarbeidet uten direkte krav eller hensyn til alternative tekniske løsninger. Alle tekniske krav som omformeren må tilfredsstille vil bli ivaretatt i funksjonalitetskravene, og tilbuddt løsning må godkjennes av JBV.

En funksjonsbasert spesifikasjon uten krav til alternative tekniske løsninger vil også oppfylle forskrift om offentlig anskaffelser sine krav knyttet til åpenhet for flere til å gi pris på en anskaffelse.

11. Videre planlegging og gjennomføring

11.1. Videre planarbeid

Vidare planering efter det att huvudplanen är levererad enligt nedan. Uppstartsmöte den 22:a februari kommer att hållas där riktlinjerna fastställs för detaljfasen. Mötetidplan för projekteringsmöten är preliminärt upprättad. Avstämningssmöte sker i början av maj 2011.

Steg 1,

Upprättande av reviderad tidplan för huvudprojektet samt upprättande för detaljfasen.

Steg 2,

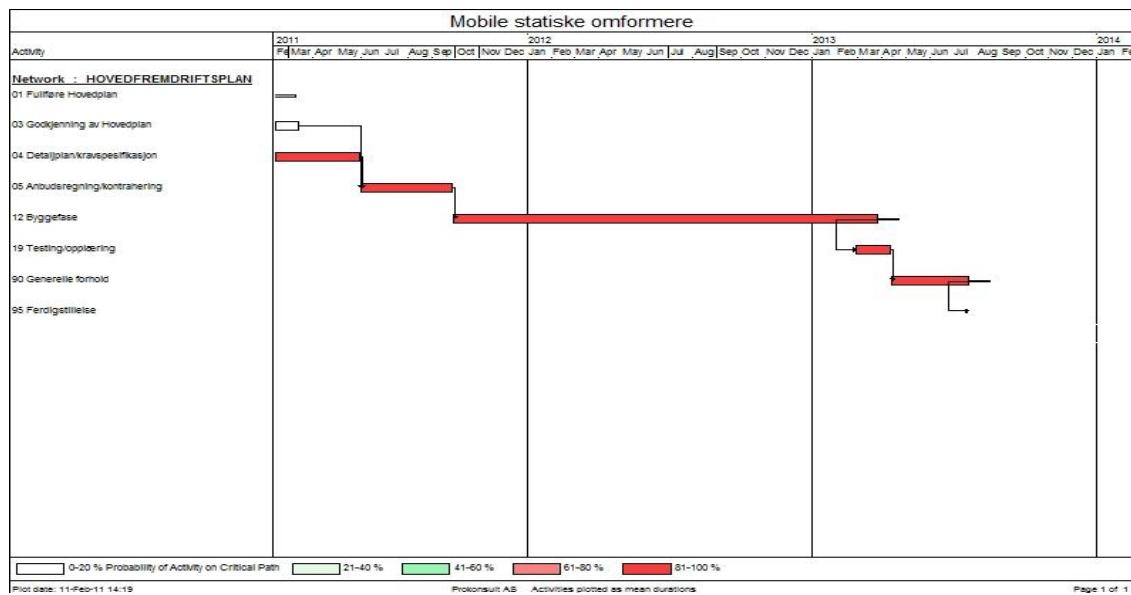
- Skapa en aktivitetstyrda jobblista.
- Transport specifika krav, bland annat avklare vilka regler finns för transporter av detta slag på landsväg.
- Olika spänningsnivåer från ellevernatörer, utredning beträffande övertonshalter och kortslutningseffekter.
- Framtagande av teknisk beskrivning med tekniska krav.
- Lokalisera våra skallkrav samt sammanställning av kravspecification.
- Upprätnade av förslagsritningar.
- Upprättande av förfrågningsunderlag.

11.2. Finansiering

Prosjektet har fått midler for 2011 og har også gitt innspill til totalt ramme som ett av flere R2012 prosjekter. Dersom innspillet til rammeforslag går igjennom vil prosjektet også få nødvendig midler for 2012. Dette må imidlertid avklares før kontrahering, og vil derfor bli et viktig forhold å avklare i neste fase av prosjektet.

11.3. Fremdriftsplan

Det er laget en overordnet fremdriftsplan for prosjektet basert på usikkerhetsanalysen som ble gjennomført. Fremdriftsplanen viser en antatt ferdigstillelse (P50 estimat) for prøvedrift i juli 2013. P85 estimat tilsier at prøvedrift først kan startes i desember 2013, og standardavvik for tidsplanen er angitt til 4,7 mnd. Fremdriftsplan basert på P50 estimatet er vist i figuren under.



12. Vedleggsdokumenter

Vedlegg 1. Rapport usikkerhetsanalyse

Vedlegg 2. RAMS analyse rapport

Vedlegg 3. RAM og Sikkerhetsplan

Vedlegg 4. Tegninger

Løsning 1 Omformer bygget på IGBT-teknologi uten enfasetrafo

Løsning 2 Konventionell omriktare

Løsning 3 Roterande omformare

Løsning 4 Traktionsomriktare

13. Referanser

- [1] ”Banestrømforsyningen i Oslo-området med trafikkøkninger i forbindelse med ruteplan R2012, Fase 1 – Trafikk og infrastruktur i nær fremtid”, simuleringsrapport, BTPE, juni 2010
- [2] ”Banestrømforsyning i Oslo-området år 2012 – 2017”, teknisk-økonomisk utredning, BE, oktober 2010
- [3] ”Teknisk regelverk for prosjektering av banestrømforsyning”, JD 546, januar 2010
- [4] ”Fase 2 – trafikk og infrastruktur 2012 – 2018”, simuleringsrapport, BTPE, september 2010
- [5] ”Banestrømforsyningen i Oslo-området med trafikkøkning i forbindelse med ruteplan R2012”, simuleringsrapport, EPE, februar 2011