

Strekningsvise utbyggingsplaner Sørlandsbanen

Økonomisk sammenligning av vurderte alternativer



Leivoll omformerstasjon

Strekningsvise utbyggingsplaner banestromforsyning Sørlandsbanen

Økonomisk sammenligning av vurderte alternativer

Det er sett på 5 ulike hovedalternativer for forsterkning av banestromforsyningen på Sørlandsbanen mellom Neslandsvatn i øst og Ganddal i vest – totalt ca 360 km.


De ulike alternativene varierer fra 4 omformerstasjoner med kun AT-system til 8 omformerstasjoner med kun konvensjonelt kl-anlegg. Kapasiteten for de ulike systemene er vurdert opp mot kostnadene. Kostnadene er satt sammen av beregnede nåverdier for investering, årlige drift- og vedlikeholdskostnader samt revisjonskostnader i analyseperioden som er 30 år. I tillegg er det tatt med tilleggstrap for systemene. Som basis for tapene er det benyttet AT-system med 4 omformerstasjoner og 400 mm² ledertverrsnitt, og kun tilleggstrapene i henhold til dette for de ulike hovedalternativene, er tatt med i kostnadssammenstillingen.

Alternativet med AT-system hele strekningen og totalt 4 omformerstasjoner er det mest lønnsomme med følgende omformerstasjoner; Ganddal – Kjelland – Leivoll og Nelaug (eller eventuelt en ny omformerstasjon ved Herefoss i stedet for Nelaug). Andre alternativer med eksempelvis Ganddal – Sira – Krossen – Nelaug gir langt høyere kostnader da investeringskostnadene i Sira og Krossen er betydelig større enn for Kjelland og Leivoll.

Det er utført følsomhetsanalyser for å se på effekten av endringer av en del av kostnadselementene. Det mest lønnsomme alternativet med AT-system har lavest totale kostnader innenfor et stort variasjonsområde, og konklusjonen om at AT-system er mest lønnsomt er relativt robust.

Med videreføring av konvensjonelt kl-anlegg og to nye omformerstasjoner vil det sannsynligvis være vanskelig å oppnå målet om 1200 tonn lastvekt på godstogene på Sørlandsbanen i fremtiden. AT-system med 240 mm² ledertverrsnitt er beregnet til å ha kapasitet til 1200 tonn lastvekt, og 400 mm² vil gi mulighet for maksimalt 1600 tonn.

Det anbefales at det bygges AT-system på hele den analyserte strekningen fra Neslandsvatn til Ganddal med et ledertverrsnitt på AL400 mm² for PL og NL. Omformerstasjoner anbefales plassert i henhold alternativ 2 eller 3, på Ganddal, Kjelland, Leivoll og Herefoss eller Nelaug.

002	Oppdatert etter intern høring i JBV høsten 2007	12.12.07	MN	STOY	ANJAN
001	Oppdaterte kostnader, oppdatert sammendrag/oppsummering	30.05.07	MN	STOY	ANJAN
000A	Foreløpig utgave	01.11.06	MN	STOY	ANJAN
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Banestromforsyning, AT-system Sørlandsbanen, Nordagutu – Ganddal Økonomisk sammenligning av alternativer Strekningsvise utbyggingsplaner		Ant. Sider	Fritekst 1d		
		30	Fritekst 2d		
			Fritekst 3d		
			Produsent	KANtech as, 2006-11-01	
		Prod. dok. nr.	2005007-rap001		
		Erstatning for			
Erstattet av					
 Jernbaneverket		Dokument nr.			Rev.
					002

1	BAKGRUNN – FORUTSETNINGER OG BEGRENSNINGER	3
2	VURDERTE ALTERNATIVER.....	3
2.1	ALTERNATIV 0.....	4
2.2	ALTERNATIV 1.....	5
2.3	ALTERNATIV 2.....	6
2.4	ALTERNATIV 3.....	7
2.5	ALTERNATIV 4.....	7
2.6	ANDEL TUNNELER	8
3	KOSTNADSELEMENTER.....	8
3.1	KALKULASJONSRENTE OG PRISSTIGNING	9
3.2	OMFORMERSTASJONER	9
3.3	INVESTERINGSKOSTNADER	9
3.3.1	DRIFT- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER.....	9
3.3.2	TAP	10
3.3.3	LEVETID	10
3.3.4	REVISJON AV AGGREGATER.....	10
3.3.5	REINVESTERING I OMFORMERE	10
3.4	KONTAKTLEDNINGSANLEGG	11
3.5	KONTAKTLEDNINGSANLEGG MED AT-SYSTEM.....	11
3.5.1	OPPSUMMERING KOSTNADER KL MED AT-SYSTEM	13
3.5.2	OMBYGGING FRA KONVENSJONELT KL TIL KL MED AT-SYSTEM.....	14
3.5.3	KL MED AT-SYSTEM I TUNNELER	14
4	SAMMENSTILLING AV KOSTNADER.....	15
5	FØLSOMHETSANALYSE	16
5.1	INVESTERINGSKOSTNAD	17
5.1.1	VARIASJON KOSTNAD FOR KL, AT-KOSTNAD ER KONSTANT	17
5.1.2	VARIASJON KOSTNAD FOR AT, KL-KOSTNAD ER KONSTANT	18
5.2	TILLEGGSKOSTNADER FOR KABEL I TUNNEL	19
5.3	KOSTNAD FOR OMBYGGING AV EKSISTERENDE KL TIL AT	19
5.4	DRIFT- VEDLIKEHOLDSKOSTNADER	21
5.5	KALKULSJONSRENTE	22
5.6	ÅRLIG PRISSTIGNING	23
5.7	OPPSUMMERING FØLSOMHETSANALYSE.....	23
6	KOSTNADER SOM FUNKSJON AV YTELSE TIL DE ULIKE ALTERNATIVENE	24
6.1	OPPSUMMERING KOSTNADER SOM FUNKSJON AV LASTVEKT	25
7	KONKLUSJON OG ANBEFALING	25
8	REFERANSER	26
9	VEDLEGGSOVERSIKT	26

1 BAKGRUNN – FORUTSETNINGER OG BEGRENSNINGER

Ulike alternativer for omformerplassering på Sørlandsbanen fra Neslandsvatn til Stavanger, er sammenlignet økonomisk i denne rapporten. Tre (fire) alternativer omfatter utbygging med AT-system på hele eller deler av strekningen, mens ett alternativ omfatter kun konvensjonelt kl-anlegg på hele strekningen. I tillegg er også dagens konvensjonelle KL med eksisterende omformerstasjoner medtatt. For alternativene med AT-system er det lagt til grunn at det bygges et AT-system med negativleder (NL) og positivleder (PL) med seksjonert kontaktledning som nærmere beskrevet i rapporten ”Autotransformator for norske forhold, teknisk godkjenning og krav til utførelse for autotransformatorsystem med seksjonert kontaktledning” (Jernbaneverkets systemdokumentasjon EK.800118-000) [5].

Teknisk sammenligning av de samme alternativene er utført av ITPE v/Frank Martinsen og finnes i en egen rapport, ”Simuleringsrapport – Strekningsvise utbyggingsplaner - Sørlandsbanen”, ITPE oktober 2006 [1]. I hovedsak viser de tekniske vurderingene at alle alternativene med AT-system oppfyller de tekniske kravene til banestrømforsyningen for framføring av flere og tyngre godstog (opp til 1200 tonn) og noen simuleringer viser akseptable forhold opp til 1600 tonn. Valget av alternativ for AT-system kan derfor i hovedsak gjøres med bakgrunn i økonomiske sammenligninger og/eller andre strategiske forhold av betydning. Men det er visse forskjeller på alternativene med tanke på hvor tunge tog som kan kjøres og hva slags type trekraftmateriell som kan benyttes. Noe er her simulert, men noe er også antagelser basert på erfaringene fra tidligere simuleringer (eksempelvis på Dovrebanen [2]).

Alternativet med konvensjonelt KL betyr betydelig flere omformere enn alternativene med AT (to nye i tillegg til dagens) for å tilfredsstille krav til banestrømforsyningen ved framføring av flere og tyngre godstog.

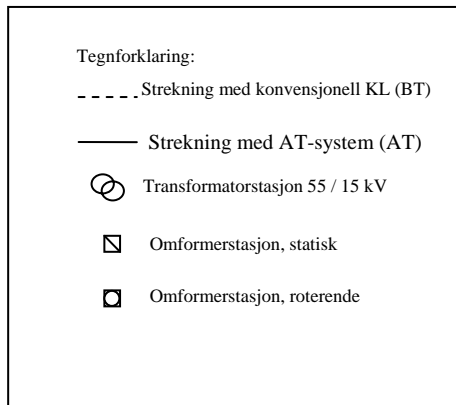
De tekniske vurderingene og simuleringene [1] omfatter strekningen fra Stavanger til og med Nordagutu omformerstasjon, men de økonomiske sammenligningene av ulike alternativer omfatter som nevnt kun fra Ganddal til Neslandsvatn. Strekningen mellom Neslandsvatn og Nordagutu har fjernledning som fortsatt skal bestå og forsterkningsalternativet her er en ny transformator med innmating til kl-anlegget ved Tyri. Denne forsterkningen er uavhengig av alternativene for de øvrige delene sør og vest for Neslandsvatn og strekningen er derfor utelatt i de videre sammenligninger her.

2 VURDERTE ALTERNATIVER

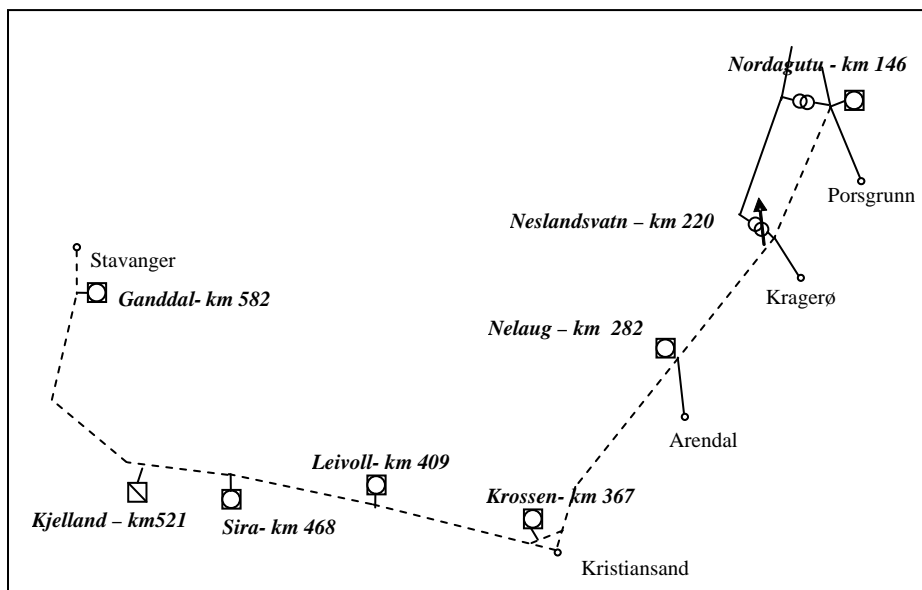
I dag er følgende omformere på strekningen:

Ganddal – Kjelland – Sira - Leivoll - Krossen – Nelaug – (Neslandsvatn trafo).

På strekningen Sira – Leivoll – Krossen regnes kontaktledningsanlegget som ferdig fornyet, men på de øvrige deler av strekningen er det behov for fornyelse av kl-anlegget de kommende årene.



Figur 1. Tegnforklaring til figur 2 – 7.



Figur 2. Dagens omformerstasjoner på Sørlandsbanen.

De vurderte alternativene for Sørlandsbanen er navngitt i henhold til simuleringsalternativene i [1].

Det er i denne rapporten tatt utgangspunkt i 3x5,8 MVA for de fleste omformerstasjoner ved AT-system unntatt Leivoll der 2x7 MVA er medregnet.

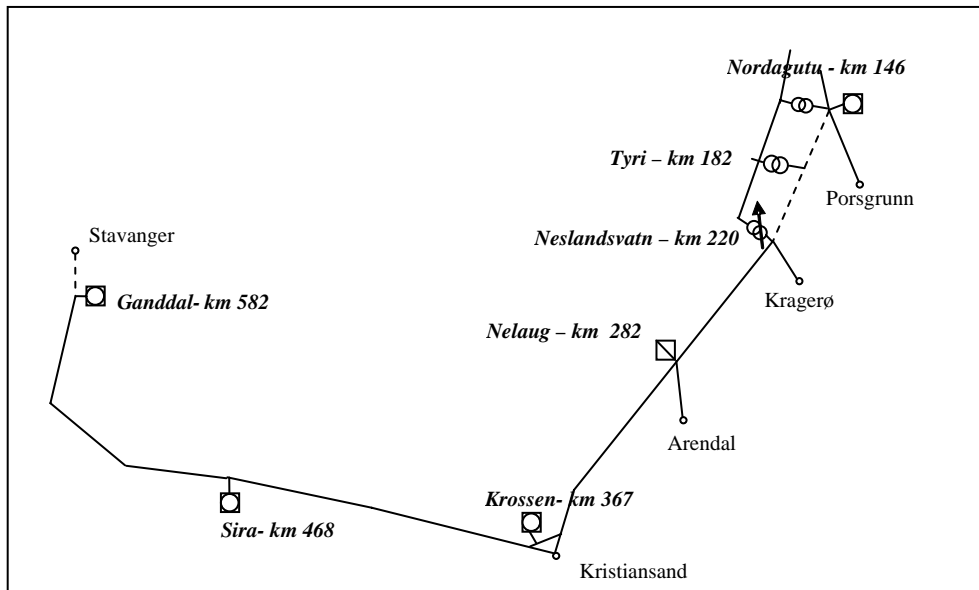
For nye statiske er det tatt utgangspunkt i 2x15 MVA. Kjelland omformer er forutsatt med samme ytelse som i dag (2x6 MVA) og dette er funnet å være tilstrekkelig [1].

I figurene nedenfor er strekningene med konvensjonell KL vist med stiplet strek.

2.1 ALTERNATIV 0

Ganddal – Sira – Krossen – Nelaug – (Neslandsvatn) - simulering 1a i [1].

Hele strekningen er her med autotransformatorsystem, AT, se Figur 3.



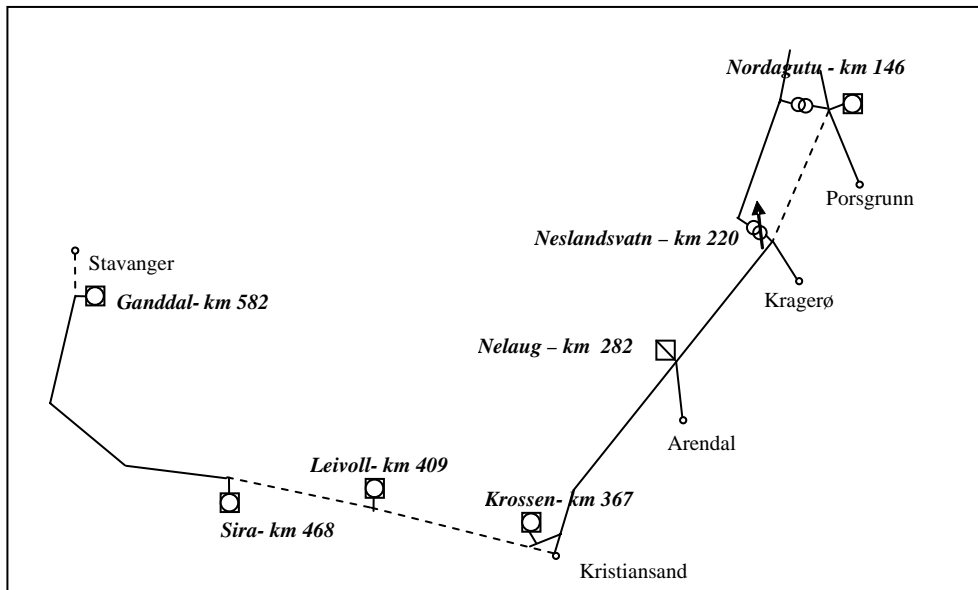
Figur 3. Omformerplassering med alternativ 0 med AT-system fra Neslandsvatn til Ganddal.

Generelt vil dette alternativet medføre behov for økt omformerytelse i alle omformerstasjonene. Det er i simuleringene i [1] i utgangspunktet tatt med 4x5,8 MVA aggregater i alle stasjonene, men ved vurdering av belastning på de ulike stasjonene ser 3x5,8 MVA ut til å være tilstrekkelig. I beregning av kostnader er medregnet 3 aggregater (med apparatvogn).

2.2 ALTERNATIV 1

Ganddal – Sira –Leivoll – Krossen – Nelaug – (Neslandsvatn) - simuleringene 3a og 4a i [1].

Hele strekningen er med autotransformatorsystem unntatt mellom Sira-Leivoll-Krossen., se Figur 4.

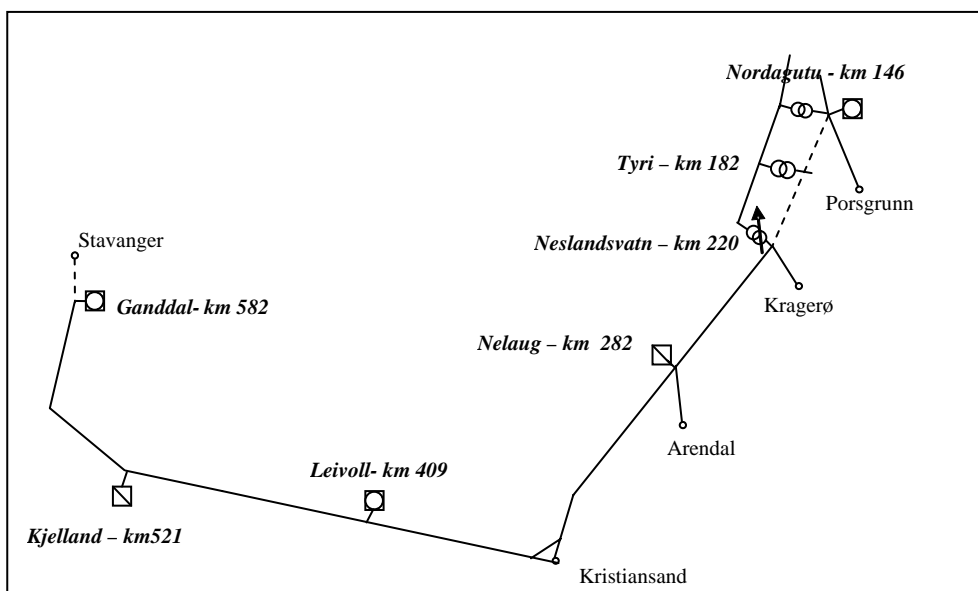


Figur 4. Omformerplassering med alternativ 1 med AT-system fra Neslandsvatn til Krossen og mellom Sira og Ganddal. Konvensjonelt kl-anlegg mellom Krossen og Sira.

2.3 ALTERNATIV 2

Ganddal – Kjelland – Leivoll – Nelaug – (Neslandsvatn) - simulering 2a i [1].

Hele strekningen er med autotransformatorsystem AT, se Figur 5.

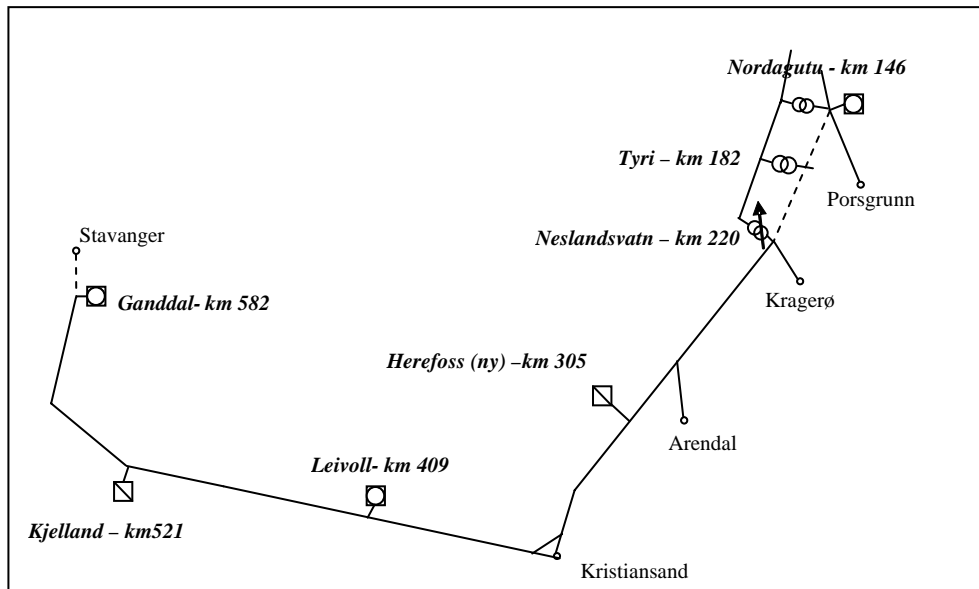


Figur 5. Omformerplassering med alternativ 2 med AT-system fra Neslandsvatn til Ganddal.

2.4 ALTERNATIV 3

Ganddal – Kjelland – Leivoll – Herefoss (ny) – (Neslandsvatn) - simuleringene 5a, 5ak i [1], samt en rekke varianter av disse simuleringene som tar hensyn til avvikssituasjoner og unormale driftssituasjoner.

Hele strekningen er med autotransformatorsystem, se Figur 6.



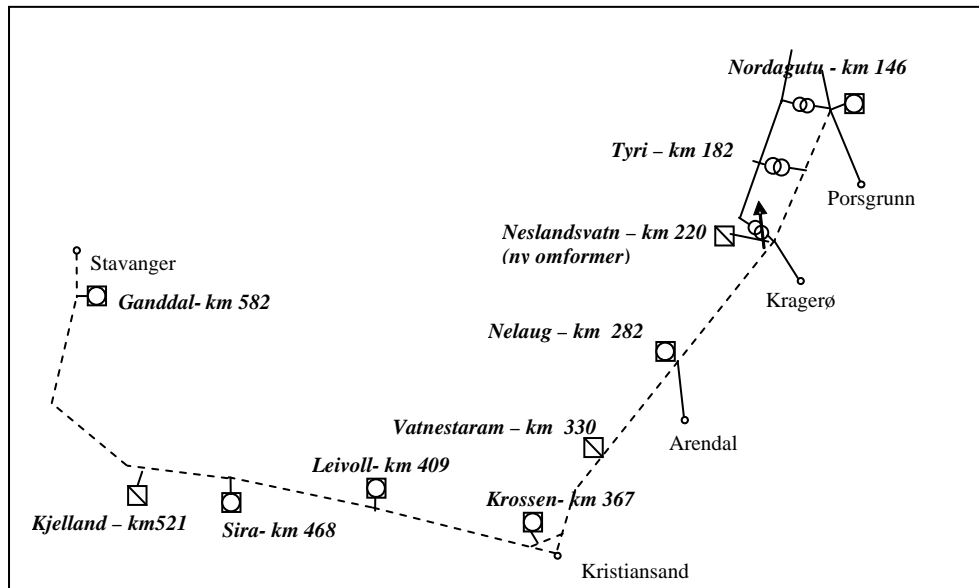
Figur 6. Omformerplassering med alternativ 3 med AT-system fra Neslandsvatn til Ganddal. Ny omformerstasjon etablert på Herefoss.

I de roterende omformerstasjonene er medregnet 3 omformeraggregater (med apparatvogn). Dette er en noe rimeligere løsning enn ombygging til 3 aggregater uten apparatvogn. En slik ombygging for å gjøre plass til mer enn to aggregater forutsetter at 3-fasetransformatoren flyttes ut. Kostnader for dette er medtatt.

2.5 ALTERNATIV 4

Ganddal – Kjelland – Sira - Leivoll - Krossen – Vatnstraum (ny) - Nelaug – Neslandsvatn (ny) - simulering 6B i [1].

Hele strekningen er med konvensjonelt kl-anlegg, se Figur 7. Det er medregnet 2 aggregater i hver stasjon (tradisjonell løsning med apparatvogn).



Figur 7. Omformerplassering med alternativ 4 med konvensjonelt KL-system fra Neslandsvatn til Ganddal. Nye omformerstasjoner er medtatt på Vatnestraum og Neslandsvatn. Alle eksisterende omformerstasjoner er beholdt.

2.6 ANDEL TUNNELER

Andelen av tunneler på de ulike delstrekningene på Sørlandsbanen er vist i Tabell 1.

I tunneler er kostnadene for kl-anlegg vesentlig forskjellig fra anlegg utendørs.

Tabell 1. Oversikt over lengde på delstrekninger og andel av tunnel (kilde Banedata/Maximo).

Strekning	Lengde totalt [km]	Tunnel [km]
Ganddal – Kjelland	61	2,7
Kjelland – Sira	53	8,6
Sira – Leivoll	59	33,5
Leivoll – Krossen	42	9,1
Krossen – Nelaug	85	3,6
Nelaug – Neslandsv.	62	2,8

3 KOSTNADSELEMENTER

Nedenfor er forsøkt forklart bakgrunnen for de ulike kostnadselementene benyttet i sammenstillingen.

3.1 KALKULASJONSRENTE OG PRISSTIGNING

For de ulike alternativene sammenlignes nåverdiene av investeringene og årlige drifts- og vedlikeholdskostnader (DV-kostnader). Nåverdier er beregnet med 4,5 % kalkulasjonsrente og 2,5 % årlig prisvekst. Analyseperioden er 30 år.

Kalkulasjonsrenten er satt i henhold til JD 205 - Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen. I tillegg er det valgt å ta med en årlig prisvekst på 2,5 % for årlige kostnader. Effekten av endringer i både kalkulasjonsrenten og prisstigningen er vist i avsnitt 5.5 og 5.6.

3.2 OMFORMERSTASJONER

Priser for investering/ombygging av omformerstasjoner er beregnet av COWI (for Bane Energi), og er sist revidert etter anbudspriser for ombygginger i Kongsvinger og Nordagutu omformerstasjoner (våren 2007).

For de omformerstasjoner som er fjernet vil det kunne være kostnader med å sanere anleggene. Det forutsettes her at man kan selge noe utstyr og komponenter i stasjonene for å dekke noe av kostnadene med å legge ned (salg kobber og jern i eksempelvis kabler, skinner, trafoer) og evt. salg av bygninger/fjellhaller. Restkostnaden for å legge ned en omformerstasjon er deretter satt til NOK 1 mill. per omformerstasjon.

3.3 INVESTERINGSKOSTNADER

For statiske omformere er det oppgitt 56,7 mill. for komplett anskaffelse av 2x15 MVA omformeraggregater, transformatorer og bygg. Dette tallet er basert på de seneste kjøpene gjort av Banverket, og forutsetter kjøp av minst 4 aggregater samtidig. Ved behov for nye omformerstasjoner forutsettes alltid statiske omformere.

En komplett revisjon av roterende aggregat er priset til NOK 7,5 mill. pr aggregat. (omformer og apparatvogn). Dette er medtatt som investering i stasjoner med to aggregater.

Kostnader for et nytt 3. aggregat (nyrevidert 4 mill.) samt nødvendige tilpasninger for dette (6,9 mill.) er medtatt der apparatvogn ikke er med, mens der apparatvognen er med er det for en "nyrevisjon" av aggregat med apparatvogn medtatt 7,5 mill. I begge tilfeller betyr det at man forutsetter at aggregater finnes tilgjengelig.

3.3.1 DRIFT- OG VEDLIKEHOLDSKOSTNADER

DV-kostnader er satt til 2 % av investeringskostnadene for omformerstasjoner (både roterende og statisk), hentet fra [3]. Dette er basert på nøkkeltall fra kraftforsyningsbransjen. Tallet er kvalitetssikret ved en gjennomgang av Bane Energis regnskaper i 2002.

For kl-anlegg kan ikke samme nøkkeltall fra for DV-kostnader fra kraftforsyningsbransjen benyttes. I [3] er det sett på et variasjonsområde fra 1 til 1,4 % av investering for både konvensjonelt kl-anlegg og kl-anlegg med AT-system. I [2] er det beregnet reduserte vedlikeholdskostnader for AT-system. AT-system er senere beregnet å koste mer enn konvensjonelt kl-anlegg og en direkte bruk av prosentvis DV-kostnad vil dermed gi høyere kostnader for AT-system. Men basert på vurderingene i [1] antas det at DV-kostnadene for

AT-system ikke er særlig høyere enn for konvensjonelt KL-anlegg, i beregningene er benyttet samme "kroneverdi" for DV-kostnad for konvensjonelt KL og AT-system (basert på 1 % av 2,5 mill per år). Se for øvrig avsnitt 5.4 der DV-kostnaden for AT er variert.

3.3.2 TAP

For å sammenligne alternativene med hensyn på energitap bør man ha med både tap i omformerstasjoner og tap i overføringen (via AT-nett og KL) fram til toget. Ved en slik sammenligning bør transportarbeidet som utføres være det samme. Avhengig av hvilken ruteplan som benyttes kan det være svært omfattende å beregne energiforbruket for alle tog. Ved bruk av kapasitetsoptimal ruteplan er det relativt enkelt å beregne energiforbruket til ett tog i hver retning og deretter finne det totale energiforbruket. Dette vil bli betydelig høyere enn energiforbruket ved en ordinær ruteplan, da antall tog i løpet av ett døgn er betydelig større, og i forhold til en virkelig ruteplan har for mange tog per døgn. Å finne energiforbruket til alle tog ved ordinær ruteplan er relativt omfattende og er ikke utført. Derimot er det i [1] beregnet energiforbruket inn til alle omformerstasjoner ved simulering med ordinær ruteplan både for konvensjonelt kl-anlegg og AT-system. Dette viser, ikke uventet, et lavere energiforbruk for AT-systemet.

Det er i kostnadssammenstillingen valgt å sette tapskostnadene for AT med 400 mm² ledertverrsnitt lik null, og for alternativ med bare konvensjonelt kl-anlegg er forskjellen i det totale energiforbruket medtatt som et tillegg (beregnet nåverdi av årlige tilleggsgap over 30 år). Alternativ med 240 mm² ledertverrsnitt i AT-systemet får også et tilleggsgap.

Dette gir et bra bilde på forskjellen mellom de to hovedalternativene som sammenlignes (kun konvensjonelt kl-anlegg og kun AT-system), og viser at AT-systemet har et mindre energitap. Men for systemene med kombinasjon av begge og også med de systemene som ikke er simulert, er de medtatte kostnadene for tilleggsgap basert på grove antagelser/overslag beregninger. Disse tallene er alt i alt svært små i den store sammenhengen og har ingen betydning for konklusjonen i denne rapporten.

3.3.3 LEVETID

Levetiden for roterende omformere og for statiske omformere er satt til 30 år. For de roterende omformeraggregatene forutsettes det at disse er nyreviderte (med nye viklinger, nytt koblingsanlegg og ny apparat-/kontrollutrustning).

3.3.4 REVISJON AV AGGREGATER

Det medtatt større revisjoner for de roterende omformerne i år 15, med 2 mill. per aggregat.

3.3.5 REINVESTERING I OMFORMERE

I tillegg til investeringskostnadene (i år null) og nåverdien (NV) av drift- og vedlikeholdskostnadene er det vurdert å ta med reinvesteringskostnader for omformerne. For statisk skulle dette tilsi NV av en betydelig investering i år 30. Og for roterende skulle det tilsi NV av større vedlikehold (revisjonskostnader og diverse vedlikehold) i både år 15 (se over) og i år 30.

Underforstått; der man tar med kostnad for revisjon i år 0 (nyrevidert ved analyseperiodens start = investeringskostnad), år 15 og år 30, betyr det at man forutsetter at dagens omformeraggregater har en restlevetid på minst 45 år (ut analyseperioden på 30 år pluss minst 15 år etter det igjen når revisjonskostnader i år 30 er medtatt). Så lang restlevetid for dagens aggregater kan virke for langt. Derfor ble det etter diskusjon i møte 2006-07-02 (Bane Energi og ITPE) ble man enige om å ikke ta med reinvesteringskostnadene for statiske og heller ikke ta med revisjonskostnader for roterende i år 30. Man antar da at både roterende og statiske omformere har null restverdi ved analyseperiodens slutt.

3.4 KONTAKTLEDNINGSANLEGG

Konvensjonelt kl-anlegg er tidligere beregnet til NOK 2,5 mill. per km [2]. Disse prisene er vurdert opp mot tall fra senere utbyggingsprosjekter (Skøyen – Asker) og stemmer godt overens. Kostnadene omfatter kostnader for prosjektering og prosjektadministrasjon (normalt ca 10 %) og rigg/drift (om lag 20 %). JBV Infrastruktur Vedlikehold benytter 2,2 mill./km som budsjettanslag ved fornyelse av KL (per juni 2006).

Ved beregning av nåverdi for investeringskostnadene for KL-utbygging kunne man tatt hensyn til en eller flere alternative realistiske planer for årlige investeringer over en 10-års periode. Det er likevel valgt å ikke ta hensyn til dette. Dersom man hadde tatt slik hensyn ville NV-tallene blitt noe lavere enn det som her er beregnet, men forskjellene mellom alternativene ville blitt omtrent de samme.

3.5 KONTAKTLEDNINGSANLEGG MED AT-SYSTEM

Tidligere beregninger (Hovedplan Dovrebanen) viser at kostnadene for kl-anlegg med AT-system er om lag tilsvarende som for konvensjonelt kl-anlegg. Det kan forklares med at man erstatter returledningen med blanke høyspentledere (om lag samme tverrsnitt og kostnad, men krever større isolatorer). Sugetransformatorer hver 3. km erstattes av autotransformatorer hver 10 km.

Med det nå foreslåtte AT-systemet med PL- og NL-ledere som skal plasseres på toppen av kl-mastene, krever dette noe høyere kl-master enn vanlig (om lag 1,5 til 2 m høyere). AT-system har også medført behov for grovere fundamenter enn vanlig på deler av strekningen (krappe kurver). Alt i alt vil dette gi noe økte kostnader for master og fundamenter.

I tillegg er det i AT-systemet behov for noen flere brytere (2 fjernstyrte 2-polete brytere i PL og NL) ved hver autotransformator. Disse kommer i tillegg til brytere mellom PL og KL som er om lag tilsvarende dagens antall brytere i kl-nettet.

I [3] er det benyttet samme kostnader for KL med AT-system og konvensjonelt KL, og det er utført følsomhetsanalyser på effekten av forskjeller mellom de to alternativene. Konklusjonen gang var at dersom AT kostet om lag 300.000 / km mer enn konvensjonelt KL ville en fornyelse med konvensjonelt KL være mest lønnsomt. Analysen i [3] er utført for anlegg dimensjonert for dagens trafikk (dagens togtetthet og lastvekt). Når man så i analysene nå tar høyde for en økning i trafikken (økt lastvekt og flere tog) vil man i alternativet med konvensjonelt KL få behov for flere omformerstasjoner enn i dag, mens man med AT vil få betydelig færre omformerstasjoner. Som man senere ser av følsomhetsanalysen i avsnitt 5 vil man få konvensjonelt kl-anlegg til å bli mest lønnsomt først når kl-anlegg med AT-system (alternativene 2 og 3) koster over 3,2 mill. per km.

I denne analysen er kostnadene for AT-system med PL og NL grovt vurdert basert på beregningene i [2] og erfaringer fra de siste to årene. Følgende er vurdert for AT-systemet som avvik fra konvensjonelt kl-anlegg:

- Sugetransformatorer er ikke nødvendig. I prisen for konvensjonelt kl-anlegg er medtatt sugetransformator i kiosk hver 3. km totalt ca 300.000 som gir 100.000/km.

Fradrag for sugetransformatorer; 0,1 mill./km

- Autotransformator hver 10 km; Pris for 5 MVA transformator (5 MVA "standard" Banverket utførelse) montert i kiosk med oljeoppsamling er om lag NOK 1,53 mill. I tillegg anslås kostnader med etablering av tomt og transport til NOK 100.000 per transformator.

Fra nærmeste mast til selve transformatoren medtas to stk. høyspentkabler på 30 m og ett sett med overspenningsvern for hver AT (plasseres primært i KL-masten i henhold til anbefalinger fra Transinor), totalt NOK 100.000. Det gir en kostnad på 0,173 mill./km. Ved hver omformerstasjon kommer en ekstra transformator for hver linjeavgang, som gir 2 AT'er per 120 km = 3,46 mill./120 km = 28.800/km. Sum ekstra kostnad for autotransformator i kiosk; 0,20 mill./km

- Ekstra brytere i AT-nettet – 2 stk- fjernbetjente 2-polede lastskillebryter i PL-NL ved hver AT. Kostnader for 2-polet bryter med manøvermaskin er vurdert til 100.000 ferdig montert.¹ Det gir en kostnad på 200.000/10 km = 0,02 mill. / km.

Som ekstra kostnad for 2-polte brytere i PL/NL: 0,02 mill. /km

- Kostnad for ekstra PL- og NL-ledninger kan grovt settes lik kostnadene for returledning. Tillegget for AT-system vil være isolatorer. I [2] er ekstra kostnader for isolatorer til en NL-leder beregnet til 38.000/km. Med 50 m spenn tilsvarende dette om lag 1.900,- /isolator. Grov t anslag gir ca 1/3 montasje (700,-) og 2/3 materiell (1200,-). Antar at montasjekostnadene for to isolatorer ikke øker med 100 %. Det gir for to isolatorer som gir totalt montasje 1200,- + materiell 2400,- = 3600,- for 2 isolatorer som gir 72.000,-/km.

Ekstrakostnad for isolatorer i AT-system: 0,07 mill. /km

- 400 mm² ledertverrsnitt for PL og NL er i forbindelse med PILOT-prosjektet beregnet til å koste om lag 60.000,- mer per km enn 240 mm². Dette er basert på en prisforskjell på 12,-/m for leder (gir 2x12X1000,- /km) = 24.000,- /km, samt at det er tatt hensyn til økte kostnader for master pga. det økte tverrsnittet. Totalt er dette beregnet til 60.000 /km².

Ekstra kostnad for 400 mm² AT-ledere: 0,06 mill. /km.

¹ Overslagspris for materialkostnader til bryter med konsoller og manøvermaskin fra aktuell leverandør; 60.000,- i tillegg kabling etc. til selve manøvermaskin (fra RTU og strømforsyning), samt montasje. Fra senere utbyggingsprosjekter viser erfaringstall om lag samme (eller litt lavere) kostnad.

² Beregnet i forbindelse med sammenligning av ulike mastekonsepser for PILOT-strekningen for AT på Jærbanen.

- KL-master i AT-system med PL og NL på topp må være om lag 9,5 m lange. Vanlig lengde i konvensjonelt kl-anlegg er 8,5 m. Tillegg i pris for dette regnes grovt lik den økte lengden; $1 / 8,5 = 11,7 \%$ (avrundet 12 %). Men i tillegg vil det kunne benyttes noe mindre master ved ordinært kl-anlegg (eksempel ved kurveradius 1000 m; KL med AT - HEB260, 9,5 m; konvensjonell kl-HEB200, 8 m.). Til sammen er dette beregnet til om lag 56.000./km i prisforskjell fra konvensjonell KL til KL med AT-system.

Ekstra kostnader for høyere kl-master i AT-system; 0,056 mill./km

- Med AT-anlegg vil det være behov for kraftigere fundamenter enn ved ordinær KL (grunnet høyere master). I praksis betyr det at dagens Ø355 mm borede fundamenter ikke kan benyttes ved AT-system. Det er utviklet et nytt fundament med Ø555 mm som dekker alle belastninger for kl-master med AT-ledninger. Også for konvensjonelt kl-anlegg er det nødvendig med Ø555 fundamenter for de minste kurveradiene, men slike fundamenter er per august 2006 ikke benyttet/levert noe sted. På sikt vil Ø555 fundamenter bli standard for konvensjonelt kl-anlegg.

I KL med AT vil Ø555 det være behov for litt lengre fundamenter enn for konvensjonelt kl-anlegg (2500 mm kontra 2000 mm). Prisdifferansen mellom disse to fundamentene ferdig levert og montert antas å være svært liten.

Ekstra kostnader for fundamenter i kl-anlegg med AT; 0

3.5.1 OPPSUMMERING KOSTNADER KL MED AT-SYSTEM

Fradrag for sugetransformatorer (komplett suger i kiosk)	-0,1
Tillegg for AT i kiosk hver 10 km	0,2
Tillegg for 2-polte brytere i AT-nettet hver 10. km	0,02
Tillegg for "oppgradering" av isolatorer til AT-ledere	0,07
Kostnad for 240 mm ² AT-ledere antas lik kostnad for 2x240mm ² AL returledning	0
Tillegg for evt. 400 mm ² ledertverrsnitt inkl. kraftigere KL-master	0,06
Tillegg for høyere KL-master	0,056
Sum KL med AT 240 mm²	2,746
Sum KL med AT 400 mm²	2,806

Kostnadene for KL med AT-system er ut fra dette om lag 10 % høyere enn for konvensjonelt kl-anlegg.

3.5.2 OMBYGGING FRA KONVENSJONELT KL TIL KL MED AT-SYSTEM

På strekninger med konvensjonelt KL med stålmaster og returledning er det mulig å bygge om anlegget til AT-system. Det vil kreve tiltak som:

- Oppspiring av master (er mulig på alle gittermaster) med bruk av kurvebardun i de krappeste kurvene.
- Oppgradering av returledning til AT-ledere (flytte ledning og nye isolatorer). Nødvendig med bardunering ved alle avspenninger av ledningene (alle brytere og kabelnedføringer).
- På master i krappe kurver vil det være nødvendig med bruk av kurvebarduner.
- Autotransformatorer må montres.
- Sugetransformatorer og isolerte skjøter i sporet fjernes.
- Brytere i AT-nettet etableres.
- Seksjonering av kl-nettet endres.
- Kabler for AT-ledere i tunneler.
- Kabelkanal i tunneler.
- Drivmaskiner for nye brytere med nødvendig kabling og evt. nye RTUer.

Kostnadene med en slik ombygging er beregnet i Vedlegg 4 og satt opp for strekningen Krossen – Sira, som omfatter 58 km anlegg i dagen og 42 km tunnel). Totalt for strekningen er det beregnet en pris for ombygging på om lag 1,26 mill./km med 240 mm² AT-ledere (gjenbruk av returledning) og 1,4 mill./km med 400 mm².

3.5.3 KL MED AT-SYSTEM I TUNNELER

Konvensjonelt kl-anlegg er for tunneler beregnet til 1,6 mill./km. Redusert kostnad i forhold til anlegg ute i det fri forklares i hovedsak ved at man ikke trenger KL-master og fundamenter i tunnelene.

For AT-system antas i utgangspunktet den samme kostnadsreduksjonen for KL-master, totalt 0,9 mill. / km. I tunneler forutsettes det at eneste alternative fremføring for PL- og NL-lederne er som høyspenningskabler forlagt i grøft eller kabelkanal. I utgangspunktet var heller ikke kostnader for kabelkanaler med her da dette forutsettes bygget likevel av andre årsaker enn AT-system/kl-anlegg. Kostnad for bygging av kabelkanaler er i [4] anslått til 1000,- per meter³. Dersom dette tas med som tillegg for AT-utbygging vil kostnadene for AT i tunnel bli

³ 1000,- / meter for kabelkanal ferdig montert er også benyttet i senere kostnadsoverslag, eksempelvis rasvarslingsanlegg Drangsdalen, juni 2006.

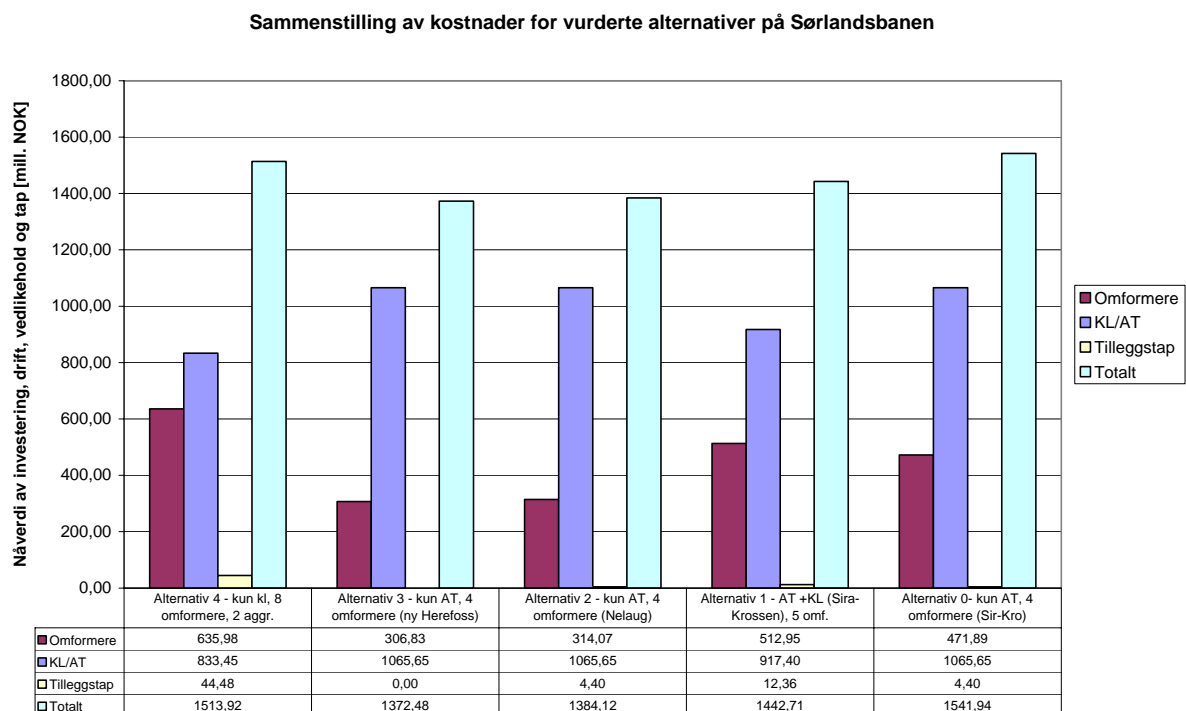
betydelig større enn for konvensjonelt kl-anlegg. Fra Sørlandsbanen er det et uttalt mål å få kabelkanaler langs hele banen (og spesielt i tunneler). Kostnaden med å bygge kabelkanal bør derfor fordeles på flere prosjekter. Her er i utgangspunktet tatt med 50 % av kostnadene for kabelkanal på AT-prosjektet, slik at man i tunneler får et tillegg på 0,5 mill. / km for AT-system som tas med i kostnadstallene. Se for øvrig også her avsnitt 5.

4 SAMMENSTILLING AV KOSTNADER

Basert på de ulike kostnadselementene er det beregnet nåverdier for

- Omformerstasjoner – inkluderer investeringer, revisjoner, drift- og vedlikehold.
- kl-anlegg – inkluderer investeringer, drift- og vedlikehold (AT-ledere 400 mm²)
- Tilleggsgap for KL og i forhold til AT med 400 mm²

Kostnadene for hver enkelt omformerstasjon er vist i Vedlegg 1, og beregning av tilleggsgap er vist i vedlegg 3. Sammenstilling av alle kostnadene for omformere, kl/at og tap er vist i vedlegg 2. Her vises sammenstilling grafisk med tall for de ulike kostnadselementene vist tabellarisk.

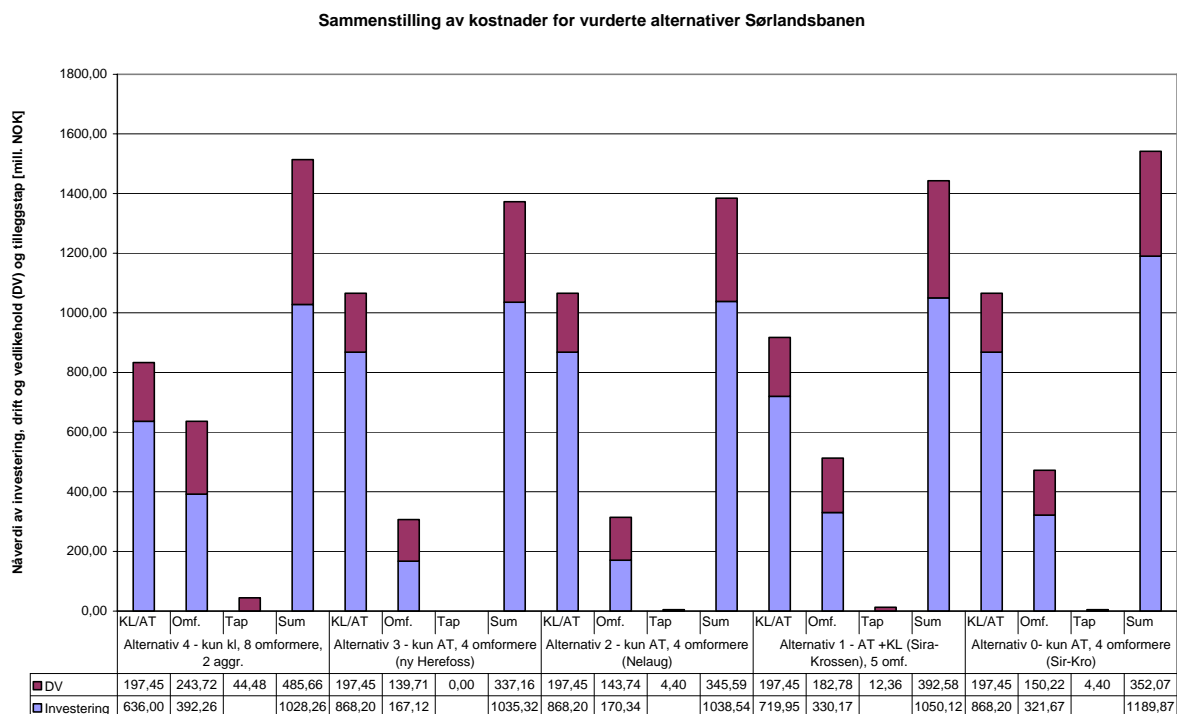


Figur 8. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene på Sørlandsbanen inklusiv omformere, kontaktledningsanlegg og tap i omformere med 400 mm² ledertverrsnitt på PL- og NL-lederne i AT-systemet.

Alternativ 2 gir lavest nåverdi på om lag 1346 mill. NOK. Alternativ 3 er tilnærmet lik alternativ 2 med 1358 mill. NOK. Deretter er alternativ 1 med nåverdi 1432 og alternative 4 med om lag 1503 mill. NOK, og til slutt alternativ 0 med 1515 mill. NOK.

Merk her at de ulike alternativene kan ha noe ulik kapasitetsreserve for fremtidig trafikkøkning. Sammenligning av de ulike alternativenes kostnader som funksjon av ytelsen er vist i avsnitt 6.

I Figur 9 er det også vist hvordan fordelingen av kostnadene er på investering og drift- og vedlikehold.



Figur 9. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene på Sørlandsbanen inklusiv omformere, kontaktledningsanlegg og tap i omformere med 400 mm² ledertverrsnitt på PL- og NL-lederne i AT-systemet, der det er skilt mellom investeringskostnader og drift- og vedlikeholdskostnader (DV).

Ved å studere denne figuren nærmere ser man for eksempel at det totale investeringsbehovet for alternativ 2, 3 og 4 er relativt likt, men at forskjellen i total kostnad i hovedsak skyldes forskjell i drift- og vedlikeholdskostnadene. Forskjellen i DV-kostnad mellom alternativ 4 og alternativ 2 og 3 er om lag 150 mill. Dette er en nåverdi over 30 år, og tilsier en årlig kostnad på om lag 6,8 mill. Dvs. at dersom det totale vedlikeholdsbehovet på Sørlandsbanen skulle øke med mer enn dette som følge av AT-system vil AT-system totalt sett komme ugunstig ut. Dette utgjør om lag 17.000,-/km årlig. Mer om dette i avsnitt 5.4.

5 FØLSOMHETSANALYSE

Flere av kostnadselementene i beregningene er usikre og kan variere. For å se på hvordan de ulike faktorene påvirker forholdet mellom de ulike alternativene, er det utført følsomhetsanalyser der de ulike faktorene varieres en for en.

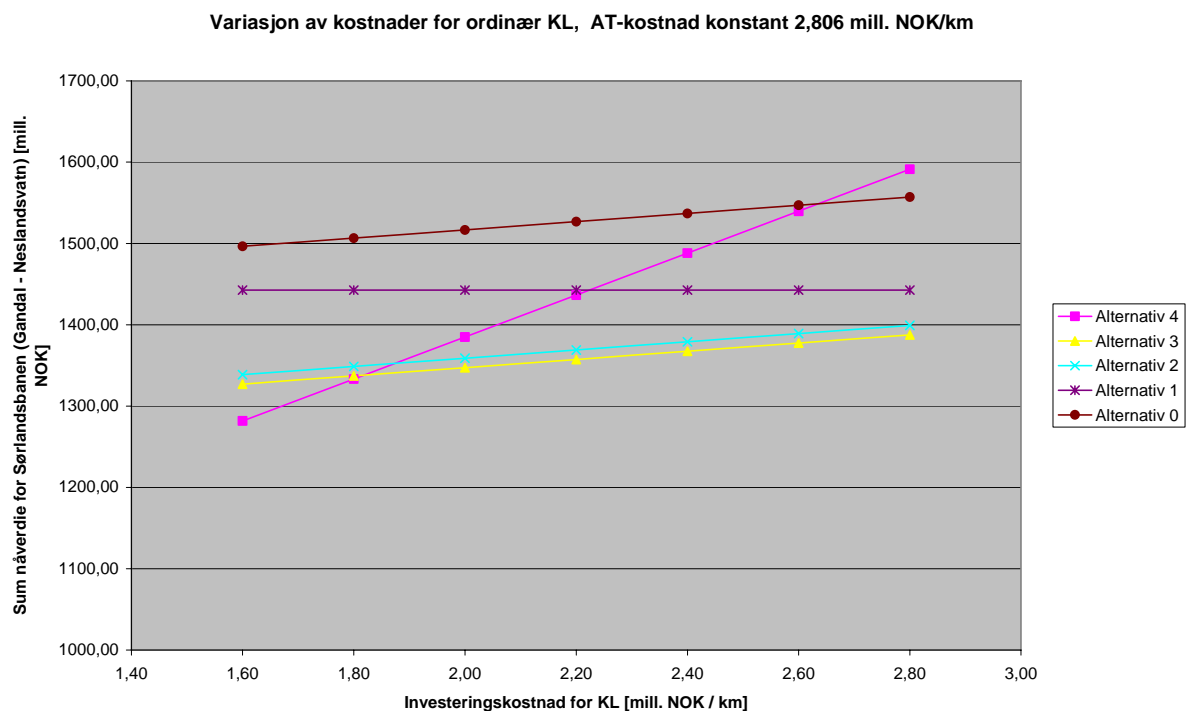
Følgende faktorer er variert:

- Kostnad for investering er variert fra 1,6 til 2,8 mill./km for konvensjonelt KL, med AT-kostnad konstant.

- Kostnad for investering er variert fra 2,4 til 3,6 mill./km for AT-system med KL-kostnad konstant.
- Tillegg for kabler i tunneler; variasjonsområde fra 0 til 2,0 mill./km.
- Kostnader for ombygging av "ny" konvensjonell KL til KL med AT-system; variasjonsområde fra 20 % til 120 % av kostnad for nytt AT-system.
- Drift- og vedlikeholdskostnader AT system er variert; variasjonsområde 0,8 til 2,0 % av investeringskostnaden (for KL), mens DV-kostnaden for KL er holdt konstant 1.0 %.
- Kalkulasjonsrente er variert fra 3,5 til 5,5 %
- Prisstigning er variert fra 0 til 5 %

5.1 INVESTERINGSKOSTNAD

5.1.1 VARIASJON KOSTNAD FOR KL, AT-KOSTNAD ER KONSTANT



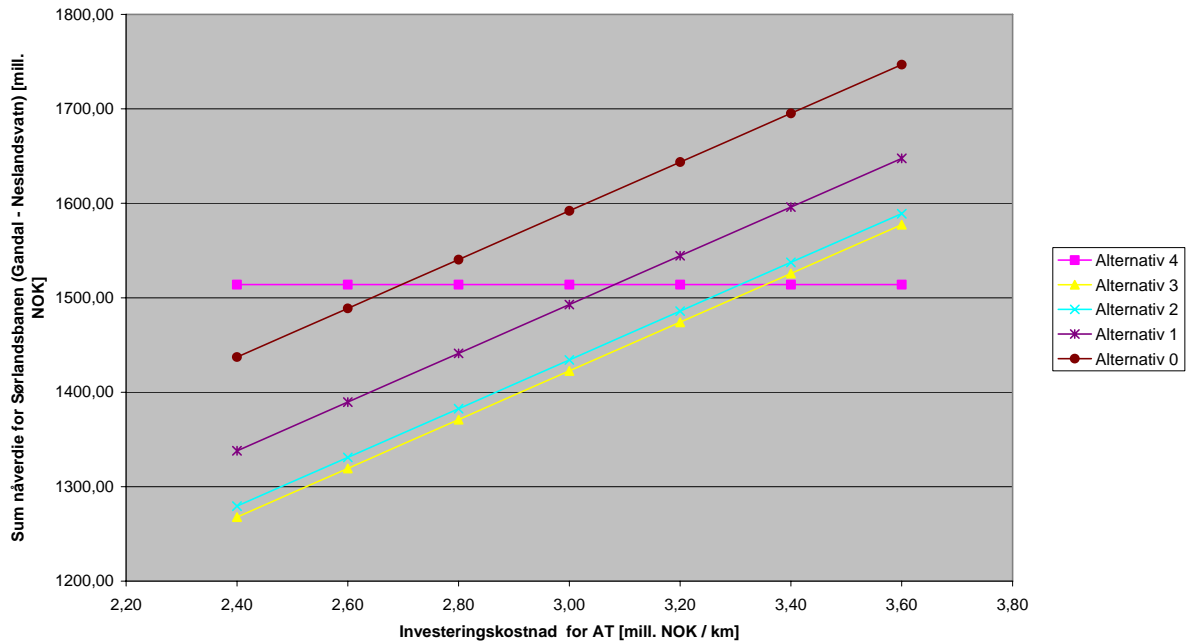
Figur 10. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av kostnaden for bygging av konvensjonelt kl-anlegg. Kostnaden for AT-system er holdt konstant.

Her ser man at dersom konvensjonelt KL skal koste mindre enn om lag 1.8 mill/km (28 % billigere enn antatt) før alternativet blir lønnsomt i forhold til AT-alternativ med 2,806 mill./km for AT.

Kostnadene for alternativene med AT (0, 2 og 3) endres her også fordi ombyggingskostnaden fra KL til AT endres når kostnaden for KL endres. Alternativ 1 (med ordinær KL Krossen – Sira) påvirkes ikke av endret KL-kostnad da anlegget her ikke endres i dette tilfellet.

5.1.2 VARIASJON KOSTNAD FOR AT, KL-KOSTNAD ER KONSTANT

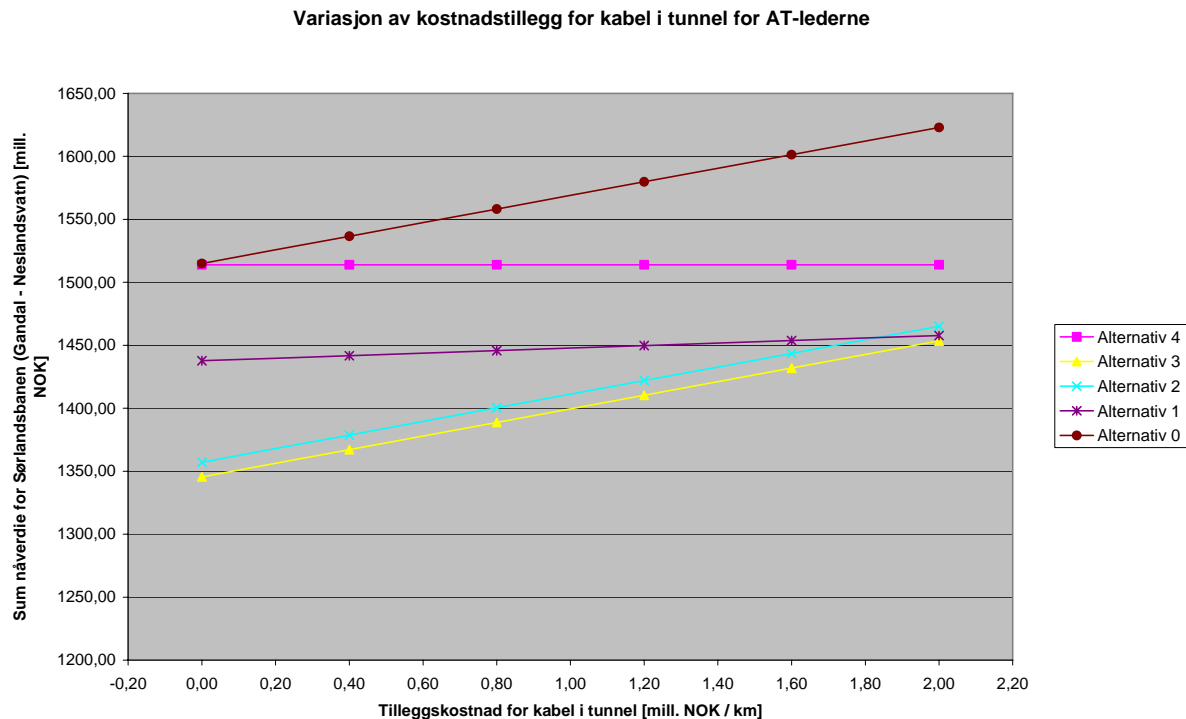
Variasjon av investeringskostnader for AT, KL-kostnad konstant lik 2,5 mill.pr. km



Figur 11. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av kostnaden for bygging av AT-system. Kostnaden for konvensjonelt kl-anlegg er holdt konstant.

Av Figur 11 kan man lese at alternativ 2 og 3 er lønnsomt selv om kostnaden for bygging av AT skulle være betydelig større enn for konvensjonelt KL. Ved 2,5 mill. per km for konvensjonelt KL vil alternativ 2 og 3 bli dyrere enn konvensjonelt KL (alternativ 4) når bygging av AT koster 3,3 mill. / km eller mer (AT 18 % dyrere enn antatt).

5.2 TILLEGGSKOSTNADER FOR KABEL I TUNNEL



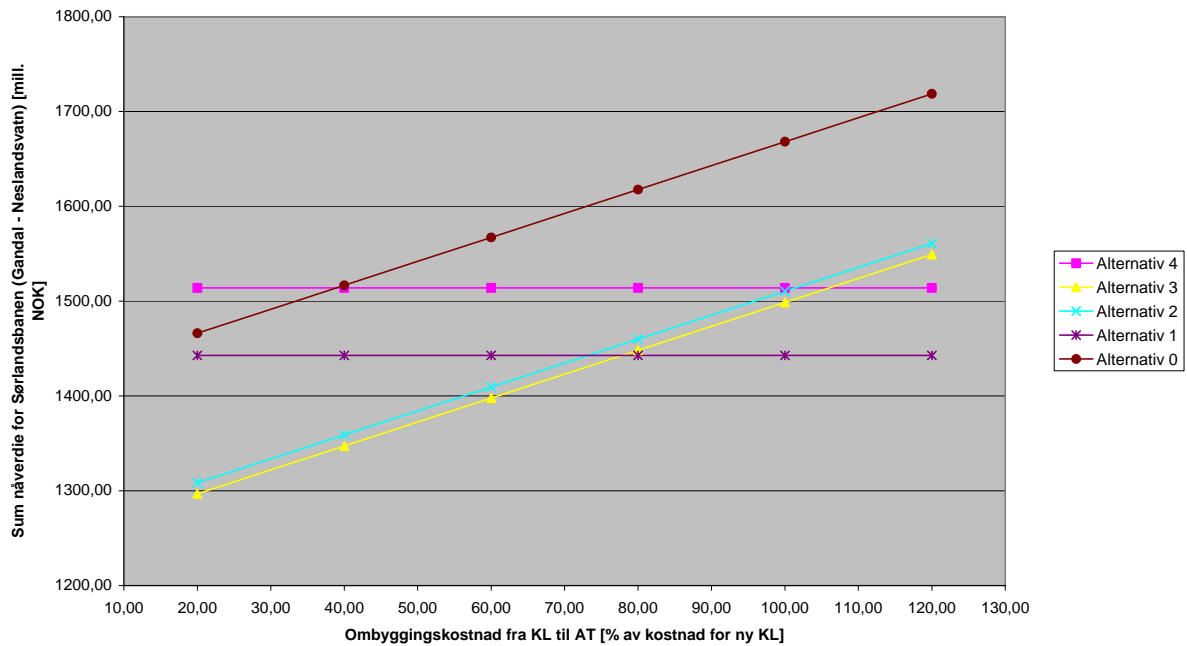
Figur 12. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av tilleggskostnad for kabel til AT-lederne i tunneler. Investeringskostnad for KL og AT er holdt konstant.

Som det fremgår av Figur 12 vil alternativ 2 og 3 være mer lønnsomme enn alle de andre sammenlignbare alternativene innenfor det vurderte variasjonsområdet. Så tross stor usikkerhet om kostnader for å føre AT-lederne gjennom tunneler virker det som det skal svært mye til for at AT-system totalsett ikke skal være lønnsomt. Alternativ 1, der eksisterende KL beholdes på den svært tunnelrike strekningen Krossen – Sira, kan bli et lønnsomt alternativ dersom kostnaden med å føre kabler gjennom tunnelen blir svært høy, om lag 1,8 mill. / km eller høyere.

5.3 KOSTNAD FOR OMBYGGING AV EKSISTERENDE KL TIL AT

På strekningen Sira – Leivoll - Krossen vil innføring av AT på hele strekningen medføre ombygging av nytt konvensjonelt kl-anlegg. Ombyggingen vil gi mulighet for færre omformerstasjoner. Kostnaden ved ombygging er i utgangspunktet anslått til 50 % av kostnaden for å bygge nytt kl-anlegg med AT-system.

Variasjon av kostnader for ombygging fra KL til AT (Krossen - Leivoll - Sira)

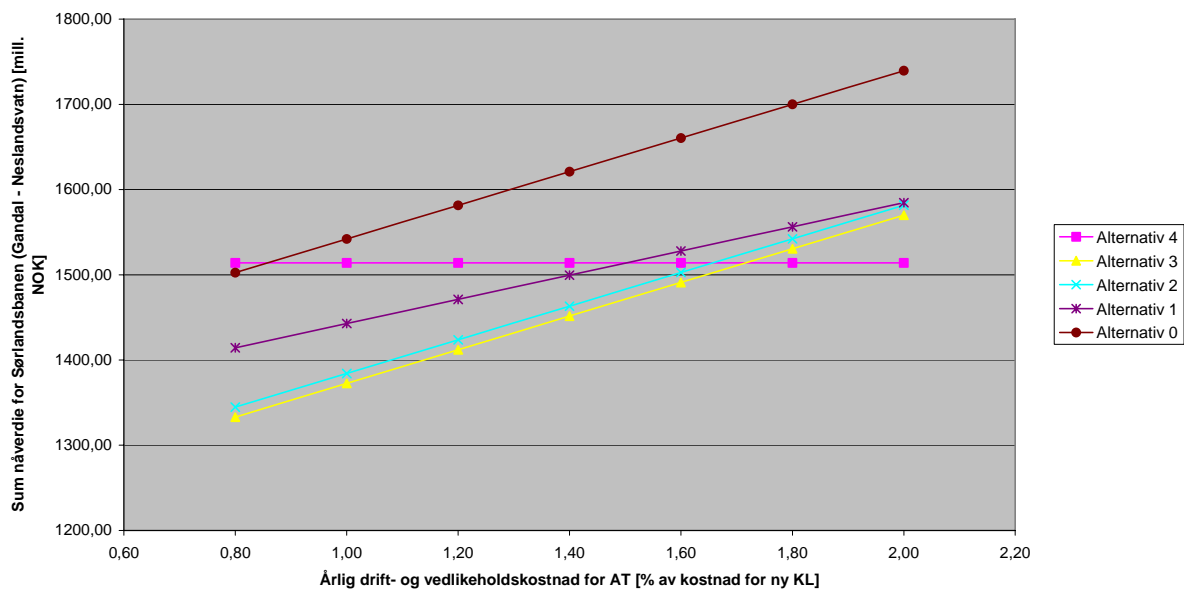


Figur 13. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av kostnaden for ombygging av konvensjonelt KL til AT på strekningen Sira – Krossen.

Som man ser av Figur 13 vil alternativ 2 og 3 være billigst opp til en ombyggingskostnad om lag 75 - 80 % av kostnaden for nytt KL-anlegg, sammenlignet med alternativ 1 (AT på alle strekninger unntatt Sira – Krossen). Sammenlignet med alternativ 4 (konvensjonelt KL på hele strekningen) vil AT på hele strekningen være lønnsomt selv om ombyggingskostnaden er tilsvarende kostnaden for å bygge helt ny KL.

5.4 DRIFT- VEDLIKEHOLDSKOSTNADER

Variasjon DV-kostnad for AT

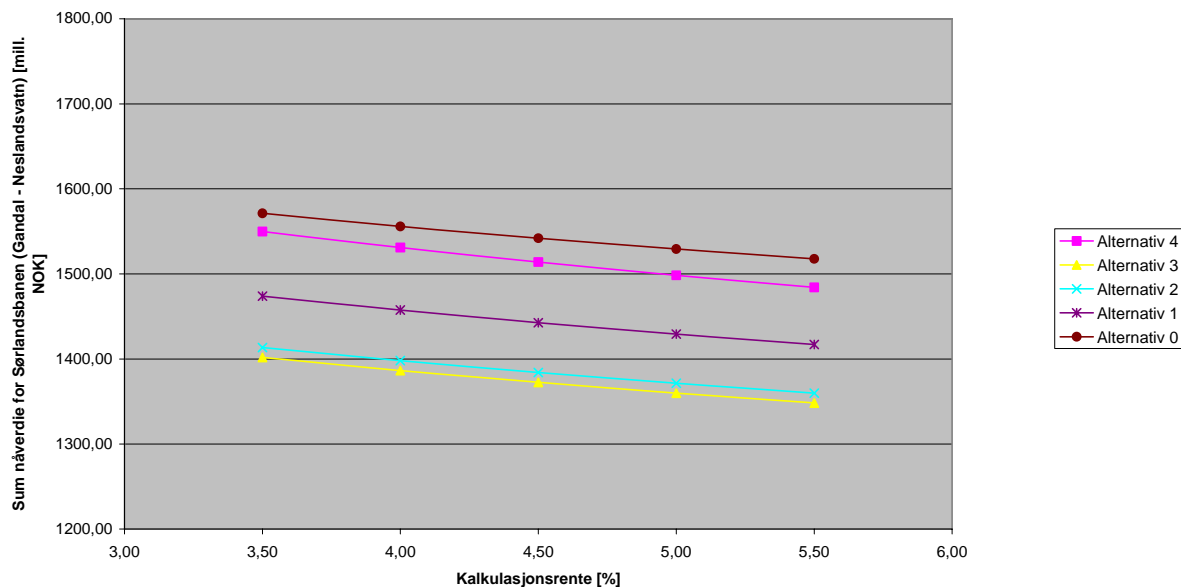


Figur 14. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av drift- og vedlikeholdskostnader for AT-system.

Som det fremgår av Figur 14 vil alternativ 2 og 3 være mest lønnsomme med økt DV-kostnader for AT opp til om lag 1,7 ganger drift- og vedlikeholdskostnader for KL-anlegget.

5.5 KALKULSJONSRENTE

Variasjon kalkulasjonsrente, prisstigning fast 2,5 %

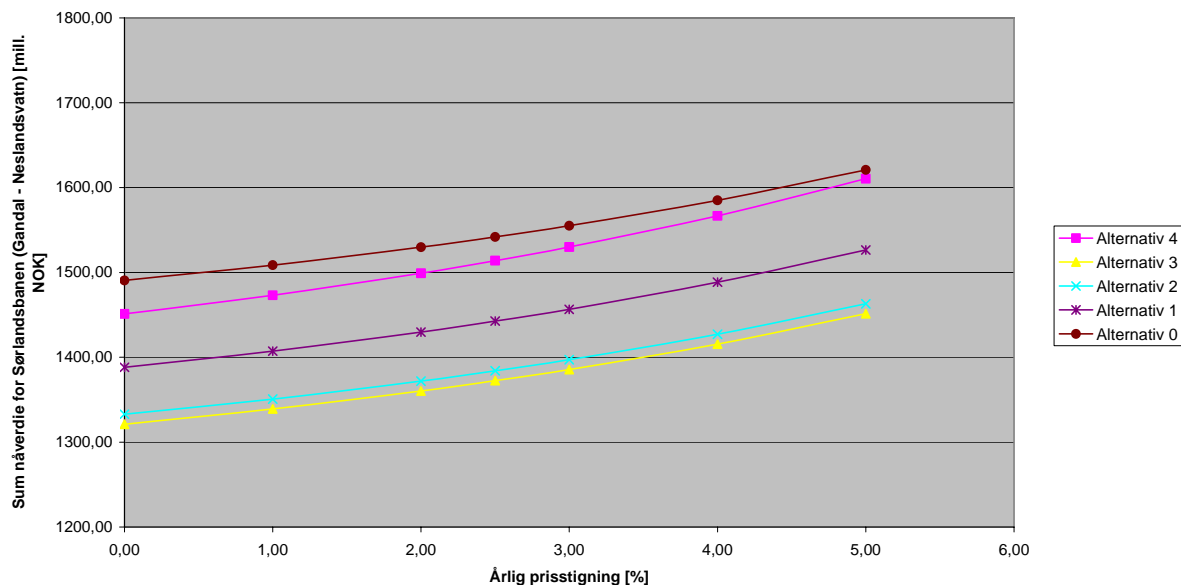


Figur 15. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av kalkulasjonsrenten fra 3,5 til 5,5 % når prisstigningen holdes fast 2,5 %.

Forholdet mellom de ulike alternativene endres om lag likt innefor variasjonsområdet. Med en økende kalkulasjonsrente vil forskjellen avta noe, men AT-alternativene vil likevel være mest lønnsomme.

5.6 ÅRLIG PRISSTIGNING

Variasjon av pristigning, kalkulasjonsrente fast 4,5 %



Figur 16. Sammenligning av kostnader for de vurderte alternativene ved variasjon av årlig prisvekst fra 0 til 5 %.

Prisvekst på 2,5 % per år er vurdert som realistisk og tatt med i beregningene. Hvordan en endring av prisveksten påvirker de ulike alternativene fremgår av Figur 16.

Innenfor dette variasjonsområdet vil ikke forskjellen mellom de ulike alternativene variere noe av betydning.

5.7 OPPSUMMERING FØLSOMHETSANALYSE

Innenfor de vurderte variasjonsområder for de ulike parametrene er AT-system (alternativ 2 og 3) mest lønnsomt for et stort variasjonsområde. Investeringskostnaden for AT skal være betydelig større enn for konvensjonelt KL for at konvensjonelt kl-anlegg skal være mest lønnsomt, alternativt at flere andre parametere samtidig gjør at konvensjonelt kl-anlegg blir mer lønnsomt. Eksempelvis at investeringskostnadene med AT-system øker betydelig, samtidig som kostnadene med kabel i tunnel øker betydelig, samt også om drift- og vedlikeholdskostnadene øker utover det som tidligere er antatt.

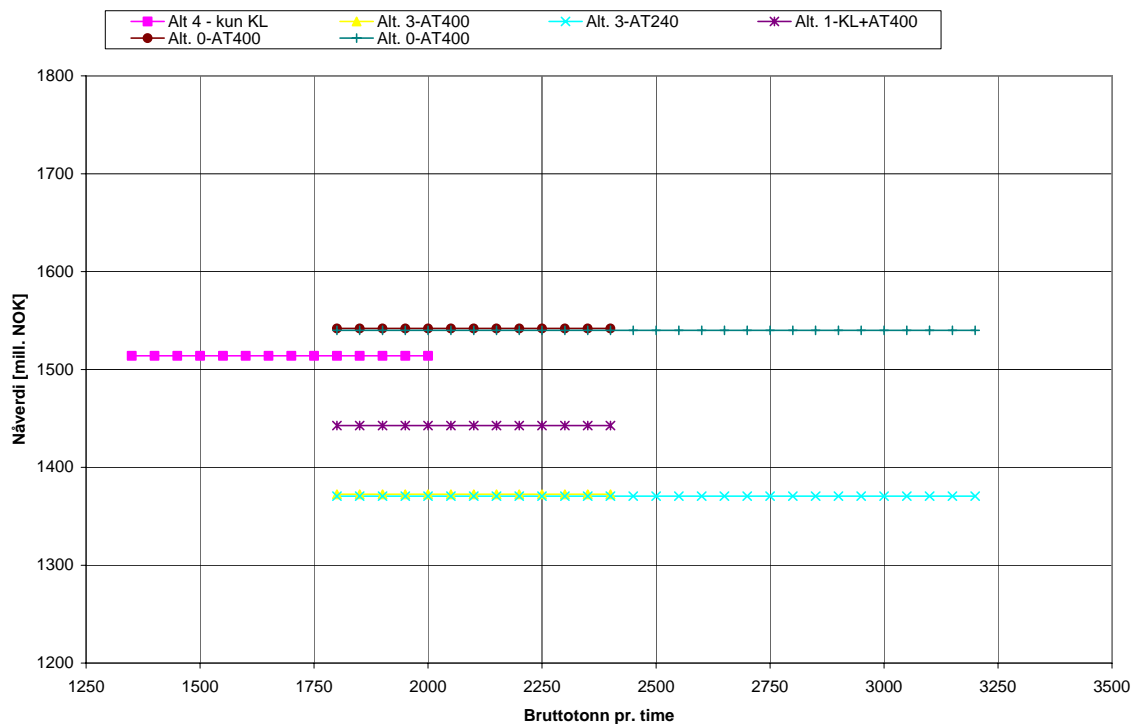
De ulike parametrene kan ikke sies å være direkte avhengig hverandre og konklusjonen/anbefalingen om at AT-system er mest lønnsomt kan sies å være relativt robust.

Variasjon av kalkulasjonsrente og prisvekst gir ingen utslag på forholdet mellom de ulike alternativene og beregningsmodellen.

6 KOSTNADER SOM FUNKSJON AV YTELSE TIL DE ULIKE ALTERNATIVENE

For å sammenligne de ulike systemene også med tanke på ytelse er det forsøkt beregnet hvor mange og hvor tunge tog man kan forsvare å kjøre ved de ulike systemene. I appendiks B i [1] er det satt opp en oversikt som viser antatte lastveker og togtettheter (som gir bruttotonn per time) for ulike typer trekkraftmateriell. Oversikten viser lastveker fra dagens ca 750 tonn (1350 bruttotonn per time) til 1600 tonn (3200 bruttotonn per time) for de vurderte alternativene. Ikke alle disse alternativene er simulert, men antagelser er gjort basert på erfaringene fra simuleringene i [1] og tidligere arbeider som [2].

Ved å kombinere oversikten i appendix B og beregningene av kostnader over, kan kapasiteten til de ulike alternativene fremstilles som vist i Figur 17.



Figur 17. Sammenstilling av kostnader for de vurderte alternativene som funksjon av beregnet/antatt kapasitet for fremføring av godstog.

For AT-systemet slik som tenkt bygget med omformeravstand om lag 120 km, er øvre kapasitetsgrense beregnet til om lag 1600 tonn lastvekt med to tog per time (3200 bruttotonn per time) dersom det bygges med 400 mm². Med 240 mm² er øvre grense beregnet til 1200 tonn lastvekt (2400 bruttotonn per time). Dagens anlegg har en øvre grense på beskjedne 750 tonn lastvekt (1500 bruttotonn per time). Det er også verdt å merke seg at for alternativ 1 vil kapasiteten nok være begrenset av at det er ordinært kl-anlegg på strekningen Sira – Krossen, slik at man ikke fullt ut får utnyttet kapasiteten med AT-system på de øvrige delene av strekningen.

Som man også kan se av appendiks B i [1], er maksimal lastvekt avhengig av type trekkraftmateriell som vil bli benyttet, og hvor tett disse kan kjøre (antall tog per time).

EL16 (og RC-materiell) vil ha en øvre grense som enkle lok på om lag 750 tonn lastvekt, og vil med doble lok gi en betydelig belastning slik at maksimal lastvekt da er ca 1100 tonn. Med mer moderne lok med bedre effektfaktor, slik som BR189 kan man utnytte doble lok bedre og trekke større lastvekter. Det loket som kan trekke mest er det 6-akslede EG3100 som har ytelse (i MW) om lag som de 4-akslede BR189, men er beregnet til å kunne trekke opp til 1600 tonn alene. Doble EG3100 er anslått til en maksimal kapasitet på 2600 tonn med 2 tog per time, men dette vil kreve ytterligere forsterkningsalternativer enn det som her er vurdert.

6.1 OPPSUMMERING KOSTNADER SOM FUNKSJON AV LASTVEKT

Figur 17 er ment å være et verktøy for de som skal beslutte hvilket alternativ som skal velges på Sørlandsbanen. Her kan man sette seg mål om hvor tunge lastvekter og hvor hyppig man vil ha behov for å kjøre godstog, for deretter og velge det alternativet for banestrømforsyning som gir best lønnsomhet. Fra figuren kan man oppsummere med følgende for hele denne utredningen:

- Dagens anlegg med konvensjonelt kl-anlegg (6 omformerstasjoner) har ikke kapasitet til særlig tyngre tog enn i dag. Ved å forsterke med ytterligere to omformerstasjoner på strekningen kan kapasiteten økes til om lag 1000 tonn lastvekt med to tog per time. Dette forutsetter 6-akslede godslok.
- Det alternativet med lavest nåverdi for forsterkning opp til om lag 1200 tonn er AT-system med 240 mm² ledertverrsnitt (alternativ 3). Dette gir behov for 4 omformerstasjoner og kan med moderne 4-akslede lok klare om lag 1200 tonn lastvekt med to tog per time. Dersom dette AT-systemet bygges med 400 mm² ledertverrsnitt vil kapasiteten være maksimalt 1600 tonn med 2 tog per time. Kostnaden for å bygge med 400 mm² er bare marginalt høyere enn med 240 mm² og I sammenstillingen i Figur 8 og Figur 9 er kostnaden for 400 mm² medregnet.
- For ytterligere kapasitetsøkning utover dette er det med AT-system behov for minst en omformerstasjon til, med antatt maksimal kapasitet på 2600 tonn lastvekt med 2 tog per time med doble 6-akslede lok.

7 KONKLUSJON OG ANBEFALING

Nåverdiberegninger for 5 ulike alternativer for fremtidig banestrømforsyning på Sørlandsbanen (Neslandsvatn til Ganddal) viser at alternativ med AT-system og totalt 4 omformerstasjoner på strekningen er mest lønnsomt. To alternativer finnes med dette, alternativ 2 med oppgradering av eksisterende Nelaug omformerstasjon, og alternativ 3 der Nelaug erstattes av ny omformerstasjon om lag ved Herefoss (23 km sydvest for Nelaug) .

Dagens konvensjonelle KL anlegg vil ikke ha kapasitet for fremføring av særlig større lastvekter enn i dag (750 tonn) selv med to nye omformerstasjoner. Med to nye omformerstasjoner slik at avstanden blir maksimalt 40 km på hele strekningen og bruk av nye 6-akslede lokomotiver (eksempelvis EG3100) kan det maksimalt tillates om lag 1000 tonn lastvekt.

Lastvekter på mer enn 1200 tonn på Sørlandsbanen kan tillates dersom man bygger ut med AT-system på hele den analyserte strekningen. Et slikt AT-system bør bygges med AL400 mm² NL og PL.

Med AL240 mm² tverrsnitt på PL og NL vil det med lastvekter over 1200 tonn være fare for lavere spenninger enn akseptert for togene, og i ugunstige driftssituasjoner vil det være fare for overbelastning av PL og NL.

Da alternativ med AT-system både er mest lønnsomt og det system med størst kapasitet anbefales hele strekningen utbygd med AT-system med AL400 mm² ledertverrsnitt på PL og NL. Omformerstasjoner anbefales plassert i henhold til alternativ 2 eller 3, avhengig av nærmere vurdering av kostnadene for ny omformerstasjon på Herefoss kontra oppgradering av Nelaug.

8 REFERANSER

1. Simuleringsrapport – Strekningsvisse utbyggingsplaner Sørlandsbanen, ITPE oktober 2006.
2. Hovedplan Banestrømforsyning Dovrebanen, fase 1 – 2001, fase 2-2002, BanePartner/Region Nord
3. Fremtidig banestrømforsyning, Bane Energi april 2005.
4. Autotransformator for norske forhold – Negativleder i tunneler. BanePartner, januar 2003.
5. Autotransformator for norske forhold, teknisk godkjenning og krav til utførelse for autotransformatorsystem med seksjonert kontaktledning, ITPE, november 2007 (Proarc EK.800118-000)

9 VEDLEGGSOVERSIKT

Vedlegg 1 – Kostnader for hver enkelt omformerstasjon

Vedlegg 2 – Sammenstilling av alle kostnader

Vedlegg 3 – Sammenstilling av tapskostnader

Vedlegg 4 – Kostnadskalkyle ombygging fra KL til AT

VEDLEGG 1 KOSTNADER FOR HVER ENKELT OMFORMERSTASJON

3 aggregater uten apparatvogn		
Ombygging roterende omformerstasjon med ett ekstra aggregat - totalt 3 aggregater		
VVS	1,59	Tall fra COWI -lagt på 15 % i tillegg til verdien med to aggregater (totalt 32 % økning fra høsten 2006)
Ombygging av elektro	49,80	Reviderte tall fra COWI basert på gjennomsnitt fra to mottatte tilbud
Revisjon av aggregater	8,00	4 mill. pr. aggregat
Rehabilitering av bygg	16,40	Tall fra COWI -lagt på 15 % i tillegg til verdien med to aggregater (totalt 32 % økning fra høsten 2006)
Ett ekstra aggregat	10,90	4 mill. revisjon aggregat og 6,9 mill. tilpasninger for 3. aggregat
Oppfølging - interne timer og konsulentbistand	5,00	
Sum investering	91,69	
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	40,34	2 % av sum investering årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjonsrente
Reinvesteringskostnader	2,17	Større vedlikehold i år 15; 6 mill.
Sum nåverdi roterende med 3 aggregater	134,20	
Ny statisk omformer 2x15		
Investering omformere med transformatorer og bygg		
Investering utgående linjeutrustning	56,70	Priser fra Banverket (siste kjøp) forutsatt bestilling av 4 enheter.
Kontrollutrustning og tilpasninger	4,50	Kostnader som for Kongsvinger. Dersom 3 aggregater; 5 mill.
Oppfølging - interne timer og konsulentbistand	10,00	
Sum investering	5,00	
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	33,53	2 % av sum investering årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjonsrente
Reinvesteringskostnader	-	Ingen reinvestering i 30 års perioden
Sum nåverdi ny statisk	109,73	
3 aggregater med apparatvogn		
Ombygging roterende omformerstasjon med ett ekstra aggregat - totalt 3 aggregater		
VVS	1,19	Tall fra COWI -lagt på 15 % i tillegg til verdien med to aggregater (totalt 32 % økning fra høsten 2006)
Ombygging av elektro	32,00	Reviderte tall fra COWI basert på gjennomsnitt fra to mottatte tilbud
Revisjon av aggregater	15,00	7,5 mill. pr. aggregat
Rehabilitering av bygg	12,83	Tall fra COWI -lagt på 15 % i tillegg til verdien med to aggregater (totalt 32 % økning fra høsten 2006)
Ett ekstra aggregat	14,40	7,5 mill. revisjon aggregat og 6,9 mill. tilpasninger for 3. aggregat
Oppfølging - interne timer og konsulentbistand	5,00	
Sum investering	80,42	
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	35,38	2 % av sum investering årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjonsrente
Reinvesteringskostnader	2,17	Større vedlikehold i år 15; 6 mill.
Sum nåverdi roterende med 3 aggregater	117,97	
2 aggregater uten apparatvogn		
Ombygging roterende omformerstasjon med 2 aggregater		
VVS	1,38	Tall fra COWI -lagt på 15 % fra høsten 2006
Ombygging av elektro	39,00	Reviderte tall fra COWI basert på gjennomsnitt fra to mottatte tilbud
Revisjon av aggregater	8,00	4 mill. pr. aggregat
Rehabilitering av bygg	14,26	Tall fra COWI -lagt på 15 % fra høsten 2006
Oppfølging - interne timer og konsulentbistand	5,00	
Sum investering	67,64	
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	29,76	2 % av sum investering årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjonsrente
Reinvesteringskostnader	1,45	Større vedlikehold i år 15; 4 mill.
Sum nåverdi roterende med 2 aggregater	98,85	
2 aggregater med apparatvogn		
Ombygging roterende omformerstasjon med 2 aggregater		
VVS	1,04	Tall fra COWI -lagt på 15 % fra høsten 2006
Ombygging av elektro	25,90	Reviderte tall fra COWI basert på gjennomsnitt fra to mottatte tilbud
Revisjon av aggregater og apparatvogn	15,00	7,5 mill. pr. aggregat
Rehabilitering av bygg	11,16	Tall fra COWI -lagt på 15 % fra høsten 2006
Oppfølging - interne timer og konsulentbistand	5,00	
Sum investering	58,09	
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	25,56	2 % av sum investering årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjonsrente
Reinvesteringskostnader	1,45	Større vedlikehold i år 15; 4 mill.
Sum nåverdi roterende med 2 aggregater	85,10	
Kjelland		
Ingen investering nødvendig		
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	33,53	Ingen investering nødvendig
Reinvestering	2,54	2 % av sum investering for ny statisk, årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjonsrente
Sum nåverdi roterende med 3 aggregater	36,07	10 mill. reinvestering i år 20 da Kjelland er ca 10 år allerede.
Leivoll		
Ett nytt aggregat		
Sum investering	7,50	
Nåverdi av drift- og vedlikehold over 30 år	29,76	2 % av investering for roterende med 2 aggregater, årlig 30 år. 2,5 % prisstigning, 4,5 % kalkulasjon
Reinvestering	2,80	Revisjon år 15; 4 mill. pr. aggregat = NV 1,4 mill. pr. aggregat, totalt 2 aggregater
Sum nåverdi roterende med 3 aggregater	40,06	

VEDLEGG 2 SAMMENSTILLING AV ALLE KOSTNADER

Sammenstilling av kostnader for et "normal" alternativ der alle omformerstasjoner oppgraderes (eller det tas høyde for oppgradering) til 3 omformeraggregater

	Alternativ 4 - kun kl, 8 omformere, 2 aggr.		Alternativ 3 - kun AT, 4 omformere (ny Herefoss)		Alternativ 2 - kun AT, 4 omformere (Nelaug)		Alternativ 1 - AT +KL (Sira-Krossen), 5 omf.		Alternativ 0- kun AT, 4 omformere (Sir-Kro)	
	Kun KL, 2 nye omformere, 2 aggregater		Kun AT, Herefoss		Kun AT, Nelaug		KL mellom Krossen og Sira		Kun AT, Kjelland og Leivoll ute.	
	Beskrivelse	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK	Kostnad - mill. NOK
Gaddal	2x5,8	85,10	Fra 2x5,8 til 3x5,8 aggregater	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8 aggregater	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8 aggregater	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8 aggregater	117,97
61	KL	183,35	AT	203,52	AT	203,52	AT	203,52	AT	203,52
Kjelland	2x6	36,07	2x6	36,07	2x6	36,07	Nedlegges	0,00	Nedlegges	0,00
53	KL	161,65	AT	177,87	AT	177,87	AT	177,87	AT	177,87
Sira	2x5,8	85,10	Nedlegges	0,00	Nedlegges	0,00	Fra 2x5,8 til 3x5,8	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8	117,97
59	Kun DV for eksisterende KL	32,45	Ombygging til AT = x % av Investering og DV for AT	123,20	Ombygging til AT = x % av Investering og DV for AT	123,20	Kun DV for eksisterende KL	32,45	Ombygging til AT = x % av Investering og DV for AT	123,20
Leivoll	Fra 1x5,8 til 1x7/2x5,8	40,06	Fra 1x5,8 til 2x7	40,06	Fra 1x5,8 til 2x7	40,06	Fra 1x5,8 til 2x7	40,06	Nedlegges	0,00
42	Kun DV for eksisterende KL	23,10	Ombygging til AT = x % av Investering og DV for AT	80,60	Ombygging til AT = x % av Investering og DV for AT	80,60	Kun DV for eksisterende KL	23,10	Ombygging til AT = x % av Investering og DV for AT	80,60
Krossen	2x5,8	85,10	Nedlegges	0,00	Nedlegges	0,00	Fra 2x5,8 til 3x5,8	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8	117,97
32	KL	94,00	AT	105,79	AT	105,79	AT	105,79	AT	105,79
Vatnestraum	Ny statisk 2x10	109,73	-----	0,00	-----	0,00	-----	0,00	-----	0,00
25	KL	76,25	AT	83,90	AT	83,90	AT	83,90	AT	83,90
Herefoss	-----	0,00	Ny 2x10 statisk	109,73	-----	0,00	-----	0,00	-----	0,00
25	KL	76,25	AT	83,90	AT	83,90	AT	83,90	AT	83,90
Nelaug	2x5,8	85,10	Nedlegges	0,00	Fra 2x5,8 til 3x5,8 aggregater	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8	117,97	Fra 2x5,8 til 3x5,8	117,97
62	KL	186,40	AT	206,87	AT	206,87	AT	206,87	AT	206,87
Neslandsvatn	Ny statisk 2x10	109,73	-----	0,00	-----	0,00	-----	0,00	-----	0,00
Sannering av omformere 1 mill. pr. omformerstasjon	0	0,00	3	3,00	2	2,00	1	1,00	2	2,00
Sum NV; Omformere, KL-anlegg,	Totalt	1513,92	Totalt	1372,48	Totalt	1384,12	Totalt	1442,71	Totalt	1541,94
	Omformere	635,98	Herav omformere	306,83	Herav omformere	314,07	Herav omformere	512,95	Herav omformere	471,89
	KL/AT	833,45	Herav KL	1065,65	Herav KL	1065,65	Herav KL	917,40	Herav KL	1065,65
	Tilleggskap	44,48	Tilleggskap	0,00	Tilleggskap	4,40	Tilleggskap	12,36	Tilleggskap	4,40

VEDLEGG 3 SAMMENSTILLING AV TAPSKOSTNADER

		KL	AT400mm ²	AT240mm ²
Simulert energiforbruk pr. døgn [MWh]		342,852	320,694	327,832
Årlig enrgiforbruk, kWh		125 140 980	117 053 310	119 658 680
Energipris [kr/kWh]	0,25			
Årlig kostnad [mill. NOK]		31,29	29,26	29,91
NV (30 år, 4,5 % kalk.rente, 2,5 % prisvekst)		688,28	643,79	658,12
Tilleggstap		44,48		14,33
Beregning for alternativ 1 med KL og AT:				
KL på 100 km av totalt 360 km	27,8	% av strekningen.		
Antar tilleggstap lik andel KL av strekning		12,36		

VEDLEGG 4 KOSTNADSKALKYLE OMBYGGING FRA KL TIL AT

På strekninger med konvensjonelt KL med stålmaster og returledning er det mulig å bygge om anlegget til AT-system. Følgende tiltak er vurdert som nødvendige og kostnadsberegnet;

Tiltak	Område	Enhetspris	Antall pr. km	Pris pr. km.
Oppspiring av master (er mulig på alle gittermaster) med bruk av kurvebardun i de krappeste kurvene	Ute	8 000	20	160 000
Kurvebardun	Ute	3 000	5	15 000
Oppgradering av returledning til AT-ledere (flytte ledning opp på nye isolatorer). Nødvendig med bardunering ved alle avspenninger av ledningene (alle brytere og kabelnedføringer)	Ute	1 000	20	20 000
Ny isolatorer for PL og NL	Ute	3 500	20	70 000
Avspenningsbarduner for AT-ledere	Ute	10 000	2	20 000
Autotransformatorer i kiosk	Alle	2 000 000	0,10	200 000
Fjerning av sugetransformatorer	Alle	10 000	0,33	3 333
Lasking / fjerning av nullfelt	Alle	10 000	0,33	3 333
Brytere i AT-nettet etableres hver 10. km	Alle	200 000	0,10	20 000
Endring av seksjonering i KL-nettet	Alle	2 000	5	10 000
Kabelkanal i tunneler (50 % av total kostnad ny kabelkanal)	Tunnel	500	1 000	500 000
Kabler for AT-ledere i tunneler.	Tunnel	400	1 000	400 000
Tillegg for evt. 400 mm ² ledertverrsnitt	Alle	100	1 000	100 000
Nye RTUer	Alle	100 000	1	100 000
Sum 240 mm² - ute				621 667
Sum 240 mm² - tunnel				1 336 667
Sum 400 mm² - ute				721 667
Sum 400 mm² - tunnel				1 436 667

Sum for strekningen Krossen - Sira - 240 mm²

Anntall km

Ute	58,4	36 305 333
Tunnel	42,6	56 942 000
Sum 240 mm²		93 247 333
Snitt pr. km	101	923 241

+ 10 % for prosjektering og prosjektadministrasjon

92 324

+ 30 % for rigg og drift

276 972

Total kostnad for ombygging av KL til AT240 mm²

[NOK/km]

1 292 537

Sum for strekningen Krossen - Sira - 400 mm²

Anntall km

Ute	58,4	42 145 333
Tunnel	42,6	61 202 000
Sum 400 mm²		103 347 333
Snitt pr. km	101	1 023 241

+ 10 % for prosjektering og prosjektadministrasjon

102 324

+ 30 % for rigg og drift

306 972

Total kostnad for ombygging av KL til AT400 mm²

[NOK/km]

1 432 537