NOTAT SAK 2495:

”Nettilknytning av småkraftverk i Nissedal og Drangedal”

Ny 132/22 kV trafostasjon i Drangedal

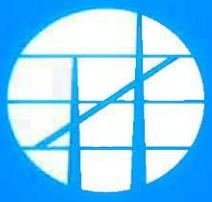
INNHOLD:

- Innledning
- Problemstilling
- Dagens nettsituasjon
- Lastflytanalyser
- Resultater, vurderinger og konklusjon

Oppdragsgiver: Vest-Telemark Kraftlag og Drangedal Elverk

Dato: 23. april 2015.
Revisjon og tilleggsberegning: 21. mai 2015

	Navn:	Tlf:	E-mail:
Rapport utført av	Kjetil R. Hegglid	55 11 60 43	kjetil.hegglid@josok-prosjekt.no



JØSOK PROSJEKT AS

INNHOLDSFORTEGNELSE:

1.0 INNLEDNING 2

2.0 PROBLEMSTILLING 4

3.0 FREMGANGSMÅTE 4

4.0 FORUTSETNINGER 5

5.0 NYE OG EKSISTERENDE KRAFTVERK 6

6.0 VURDERTE NETTLØSNINGER 7

6.1 ALTERNATIV 1 8
6.1.1 Nettløsning i Nissedal 8
6.1.2 Nettløsning i Drangedal 11
6.2 ALTERNATIV 2 12

7.0 LASTFLYTANALYSER 14

7.1 FORUTSETNINGER 14
7.2 RESULTATER FRA LASTFLYTANALYSER ALTERNATIV 1 15
7.3 RESULTATER FRA LASTFLYTANALYSER ALTERNATIV 2 15
7.4 OPPSUMMERING LASTFLYTANALYSER 16

8.0 KOSTNADSBEREGNING 16

9.0 SAMFUNNSØKONOMISK SAMMENLIGNING AV ALTERNATIV 17

10.0 BEREGNING OG FORDELING AV ANLEGGSBIDRAG 19

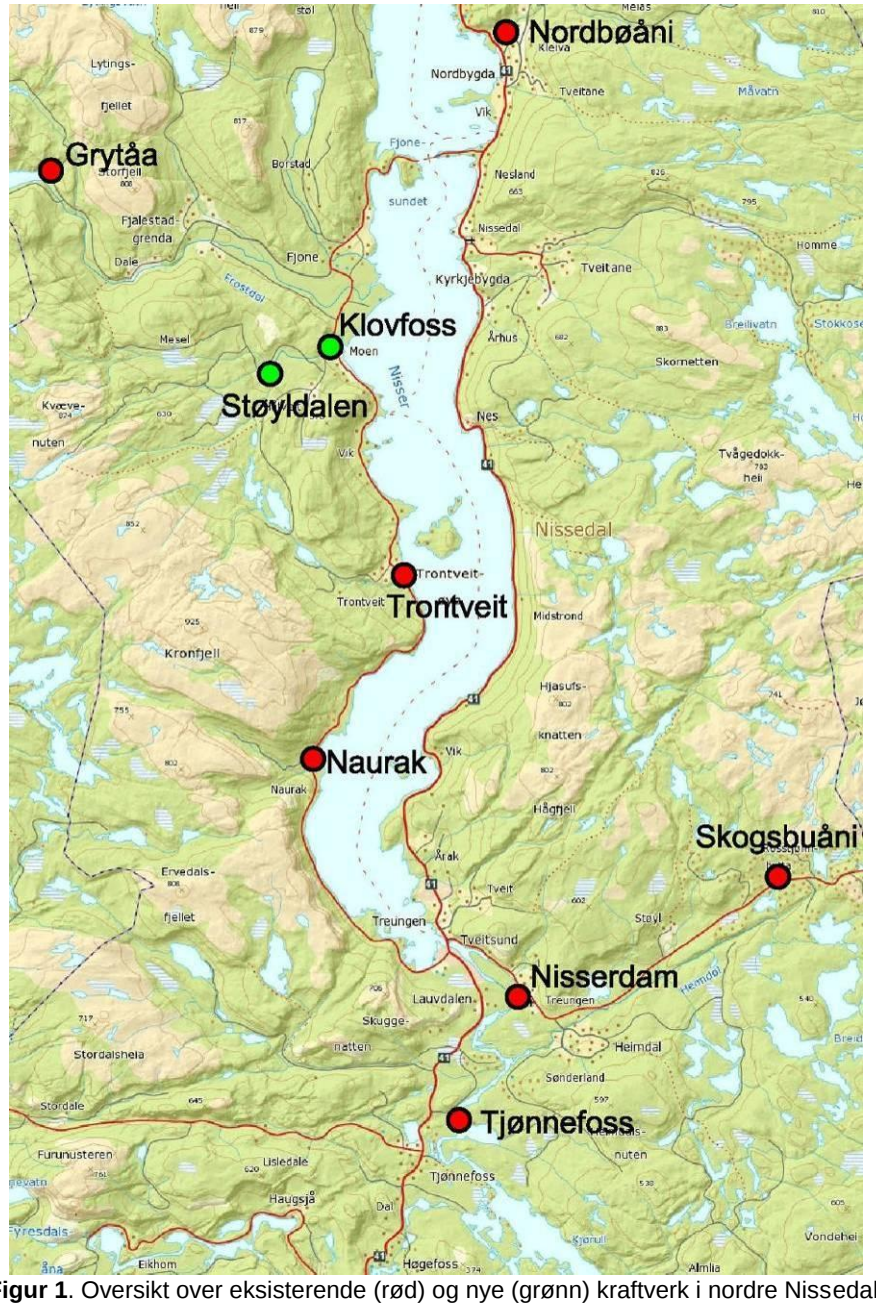
10.1 DEFINISJON AV RADIELT OG MASKET NETT 20
10.2 ANLEGGSBIDRAG FOR ALTERNATIV 2 20

1.0 INNLEDNING

I 2014 gjennomførte Jøsok Prosjekt (JP) en studie på vegne av Vest – Telemark Kraftlag for å utrede beste løsning for nettilknytning av to kraftverk i nordre Nissedal. De to kraftverkene, Støyldalen og Klovfoss, er planlagt med en installert effekt på til sammen 4,2 MW.

Det ble i rapport av 2014 vurdert totalt 4 løsninger for nettilknytning av de to nye kraftverkene:

1. Ny 22 kV sjøkabel fra kraftverkene over Nisser. Tilknytning til eksisterende 22 kV nett ved Nes. Produksjonen fra de to nye kraftverkene føres deretter sørover mot sekundærstasjon i Høgfoss.
2. Samme som alternativ 1, men 22 kV nett mellom Nes og sørover til Treungen forsterkes i tillegg.
3. Ny 132/22 kV trafostasjon på Sundsodden. Produksjonen fra de to nye kraftverkene i tillegg til de øvrige eksisterende kraftverk i nordre Nissedal føres mot den nye trafostasjonen.
4. Forsterket 22 kV nett fra Håtveitåi (hvor de to nye kraftverkene planlegges) nordover mot Fjonesundet, videre over Fjonesundet og over til østsiden av Nisser og sørover fra Fjonesundet og ned til Skjeggestad.

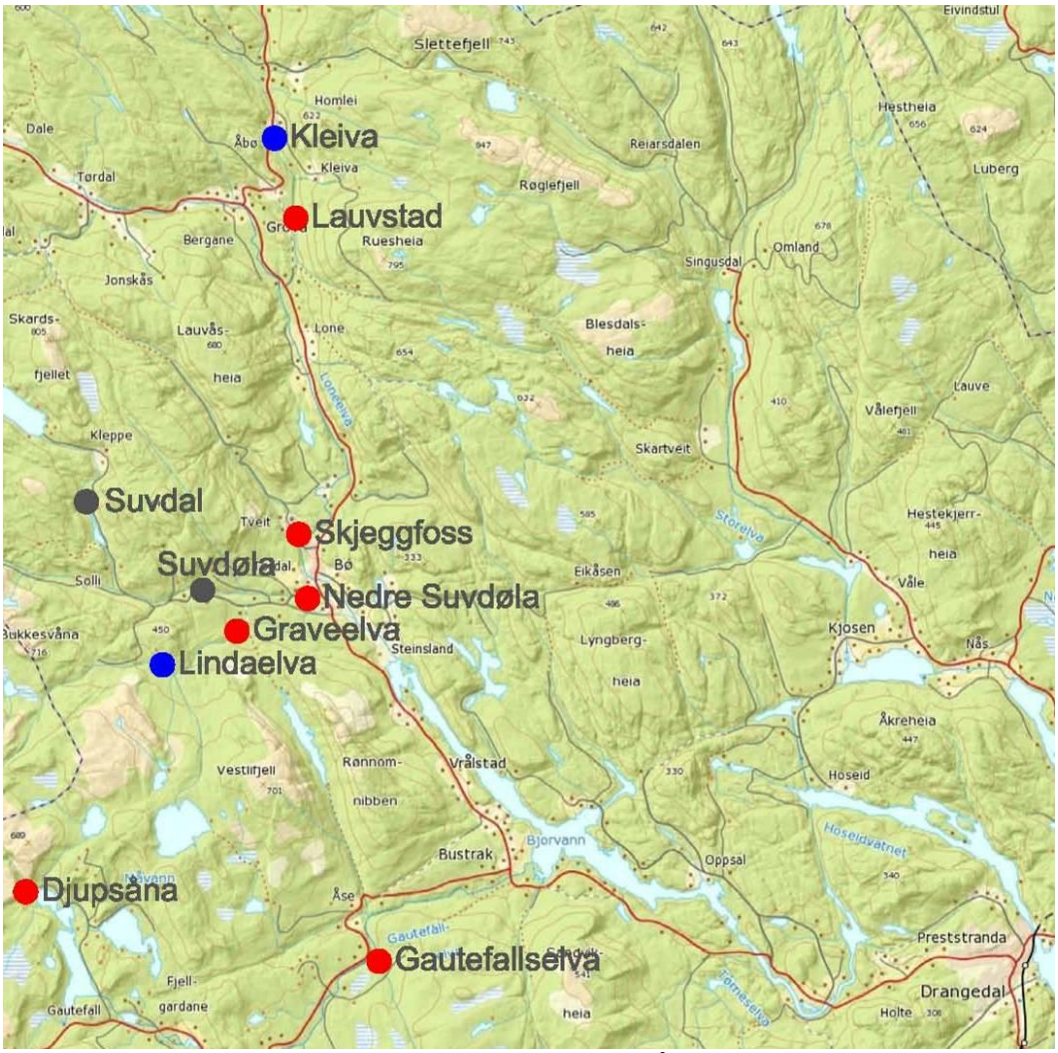


Figur 1. Oversikt over eksisterende (rød) og nye (grønn) kraftverk i nordre Nissedal.

I 2014/2015 ble det også gjennomført en tilsvarende studie for nettilknytning av flere småkraftverk i vestre deler av Drangedal kommune. Drangedal Everk (DE) engasjerte JP for å utrede mulige løsninger for nettilknytning av totalt 8 kraftverk (egentlig 9 kraftverk, men to av kraftverkene skal benytte samme vannressurs).

De 8 nye kraftverkene er planlagt med en installert ytelse på ca 12,2 MW. I rapporten for vestre Drangedal ble det vurdert 3 stk løsninger for nettilknytning av de aktuelle kraftverkene:

1. Forsterket 22 kV mellom Suvdøla og Drangedal trafostasjon.
2. Ny 132/22 kV trafostasjon ved Torsbulia
3. Ny 132/22 kV trafostasjon på Sundsodden (Nissedal).



Figur 2. Plassering av omsøkte og konsesjonsfritatte småkraftprosjekter i vestre Drangedal. Svart sirkel angir eksisterende kraftverk, rød sirkel angir omsøkte kraftverk, blå sirkel angir kraftverk som er fritatt fra å søke konsesjon.

2.0 PROBLEMSTILLING

De to e-verkene VTK og DE fikk utarbeidet en rapport hver som omhandlet nettilknytning av nye småkraftverk i sine konsesjonsområder. Det ble i prosessen med å utforme disse rapportene opplagt at det kunne vært aktuelt å samarbeide om felles nettilknytning av alle nye (og eksisterende) småkraftverk i nordre Nissedal og vestre Drangedal.

Dette notatet skal gi et grunnlag for den videre prosessen med nettilknytning av de aktuelle småkraftverkene. Notatet skal gi grunnlag for å si om en felles nettilknytning av småkraftverkene mot en ny 132/22 kV trafostasjon er en bedre løsning enn å føre produksjonen frem til eksisterende trafostasjoner.

3.0 FREMGANGSMÅTE

I dette notatet skal de to rapportene som JP utarbeidet for henholdsvis VTK og DE slås sammen og en felles konklusjon avgis. Dette gjøres ved å sammenligne følgende to nettløsninger:

Alternativ 1

De to nye småkraftverkene i nordre Nissedal, Støyldalen og Klovfoss, fører produksjonen mot Høgfoss trafostasjon over en ny 22 kV sjøkabel fra Håtveitåi til Nes (over Nisser). Sjøkabelen fra Håtveitåi til Nes vil ikke bli sammenkoblet med det øvrige 22 kV nettet på vestsiden av Nisser (i normal drift). Det vil si at det etableres en ny radial fra Nes til Håtveitåi.

Denne løsningen tilsvarer alternativ 1 i VTK – rapporten fra 2014.

De 8 småkraftverkene i vestre Drangedal fører produksjonen mot Drangedal trafostasjon på et forsterket 22 kV nett.

Denne løsningen tilsvarer alternativ 1 i DE – rapporten fra 2014/2015.

Alternativ 2

Det etableres en ny 132/22 kV trafostasjon ved Torsbulia i Drangedal. Produksjonen fra nye og eksisterende kraftverk i nordre Nissedal og vestre Drangedal føres mot denne nye trafostasjonen.

Denne løsningen tilsvarer alternativ 2 i DE – rapporten fra 2014/2015 med det tillegg at produksjon fra nordre Nissedal kommer i tillegg.

4.0 FORUTSETNINGER

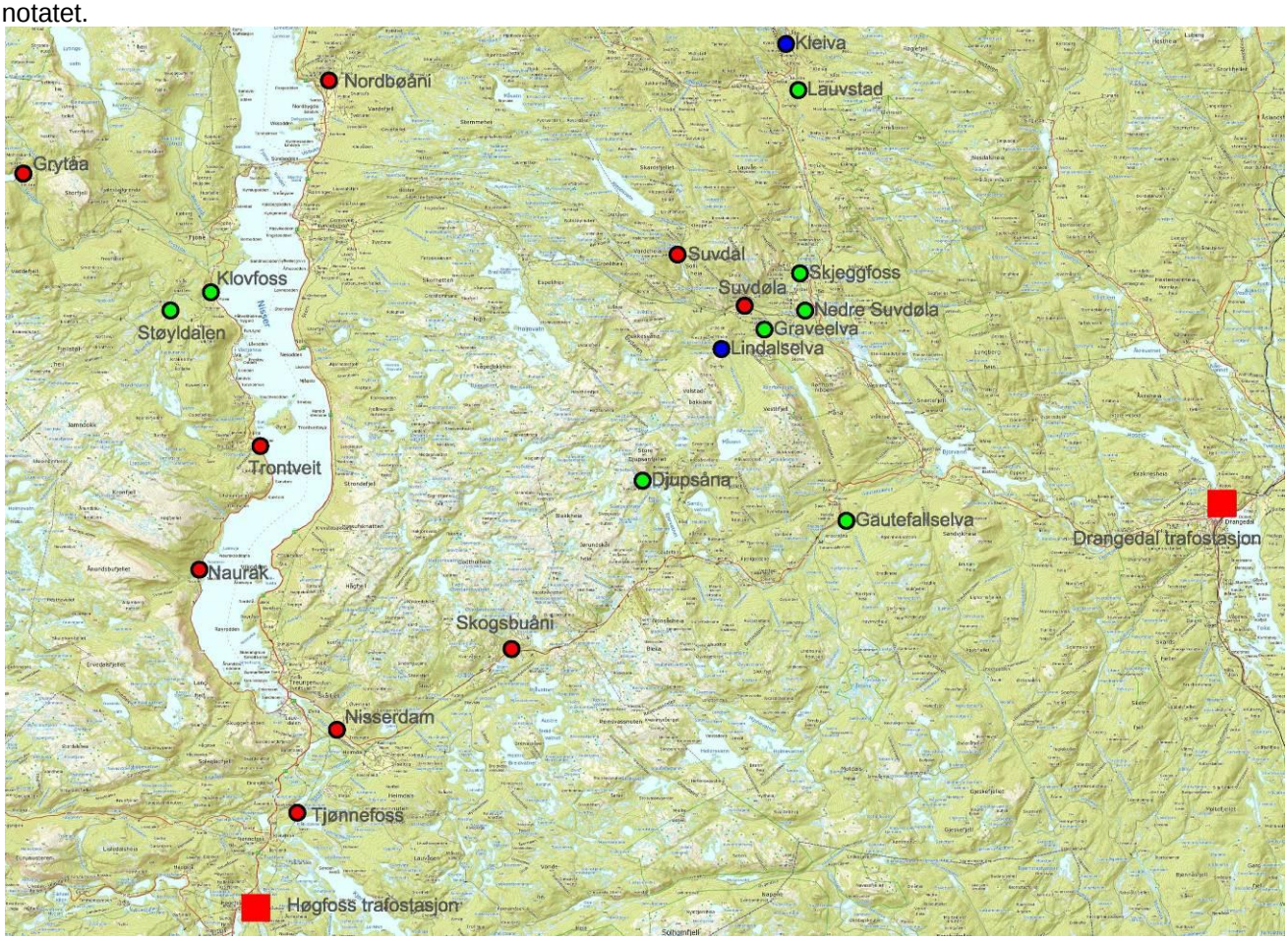
Følgende forutsetninger er benyttet i dette notatet:

Tabell 1. Tekniske og økonomiske forutsetninger som er benyttet i dette notatet.

Post	Beskrivelse
Tekniske forutsetninger	• Det er ikke tillatt med overlast i 22 kV jordkabler. • Det er ikke tillatt med overlast i 22 kV sjøkabler. • Det er tillatt med inntil 5 % overlast i luftledninger (blanke liner) i kortere perioder. • Det er ikke tillatt med overlast i krafttransformatorer. • Maks 7 % spenningsøkning i 22 kV nettet fra 22 kV SSK i transformatorstasjoner. • Lettlast utgjør 50 % av tunglast. • Det er satt 132 kV svingmaskiner på Glosimot og Høgfoss.
Økonomiske forutsetninger	• 30 års analysehorisont • 4,0 % kalkulasjonsrente • 0,36 kr/kWh kraftpris • Tapsbrukstid på 1 900 timer • Drift og vedlikeholdskostnader på nye nettanlegg utgjør 1,5 % av investeringskostnad pr år • Kostnader for planlegging og administrasjon av nye nettanlegg utgjør ca 10 % av anleggskostnad • Kapitaliseringsfaktor er 17,29 • Lettlast vektes 65 % i tapssammenligning.

5.0 NYE OG EKSISTERENDE KRAFTVERK

Figur 3 viser oversikt over nye og eksisterende kraftverk som er omhandlet i de to nevnte rapporter og i dette notatet.



Figur 3. Oversikt over nye og eksisterende kraftverk.

Tegnforklaring

Rød sirkel	*Eksisterende kraftverk*
Grønn sirkel	*Planlagte konsesjonssøkte kraftverk*
Blå sirkel	*Planlagte kraftverk som er gitt fritak fra konsesjon*
Rød firkant	*Eksisterende trafostasjoner*

Tabell 2 viser en oversikt over nye og eksisterende kraftverk som er omhandlet i dette notat med installert ytelse og hvilken trafostasjon de skal føre produksjonen mot om det ikke blir etablert en ny felles 132/22 kV trafostasjon.

Tabell 2. Oversikt over aktuelle kraftverk. Rød betyr eksisterende kraftverk mens blå betyr nye kraftverk.

Mot Høgfoss trafostasjon		**Mot Drangedal trafostasjon**	
Kraftverk	Installert ytelse	Kraftverk	Installert ytelse
Nordbøåni	1,60 MW	Suvdal	2,85 MW
Grytåa	0,90 MW	Suvdøla	4,60 MW
Trontveit	0,11 MW	Lauvstad	1,95 MW
Naurak	0,45 MW	Skjeggfoss	1,80 MW
Skogsbuåni	0,86 MW	Nedre Suvdøla	2,70 MW
Nisserdam	2,00 MW	Graveelva	2,75 MW
Tjønnefoss	6,20 MW	Djupsåna	0,99 MW
Klovfoss	1,50 MW	Gautefallselva	0,80 MW
Støyldalen	2,70 MW	Kleiva	0,66 MW
		Lindalselva	0,53 MW
Sum	**16,32 MW**	**Sum**	**19,63 MW**

I tillegg ligger det inne en del mer produksjon i de analyser som er gjennomført i dette notatet. Denne produksjonen vil ikke ha innvirkning på 22 kV nettet som de kraftverk som er vist i tabell 1 er/vil bli tilknyttet, men denne produksjonen vil ha innvirkning på de samlede overføringstap i nettmodellene som er laget.

Følgende produksjon er tatt med utover den som er vist i tabell 1:

- Soks kraftverk 1,4 MW
- IATA G1 0,2 MW
- Dynjafoss kraftverk 33,0 MW
- Berlifoss kraftverk 9,6 MW
- Høgfoss G6 3,2 MW
- Høgfoss G7 18,0 MW

Totalt ligger det inne ca **101,4 MW** produksjon.

6.0 VURDERTE NETTLØSNINGER

Det er i dette notatet vurdert to ulike nettløsninger for nettilknytning av de nye planlagte kraftverkene i nordre Nissedal og vestre Drangedal.

Alt 1	Ny 22 kV sjøkabel fra Klovfoss/Støyldalen kraftverk over til Nes. Produksjonen fra de to nye kraftverkene på vestsiden av Nisser føres sørover mot Høgfoss trafostasjon i tillegg til produksjon fra eksisterende kraftverk. 22 kV forbindelsen mellom Suvdøla kraftverk og Drangedal trafostasjon forsterkes. Produksjon fra alle nye og eksisterende kraftverk føres mot Drangedal trafostasjon.
Alt 2	Ny 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia som tilknyttes en av de to 132 kV Brokkeledningene. Produksjonen fra Nordbøåni, Grytåa, Trontveit, Klovfoss og Støyldalen føres mot denne nye trafostasjonen i Drangedal. Øvrige kraftverk i øvre Nissedal (tabell 1) fører produksjonen mot Høgfoss trafostasjon som i dag. Alle nye og eksisterende kraftverk i vestre Drangedal (i tabell 1)fører produksjonen mot den nye 132/22 kV trafostasjonen

Utveksling mellom VTK og DE

I dag vil det i lettlastsituasjoner, når det er høy produksjon i nordre Nissedal, være en utveksling mellom VTK og DE ved Suvdøla. Lastflyten vil da gå fra VTK mot DE. I dette notatet er det satt opp at i lettlast vil det være en utveksling på ca 2 MW mellom VTK og DE i retning DE.

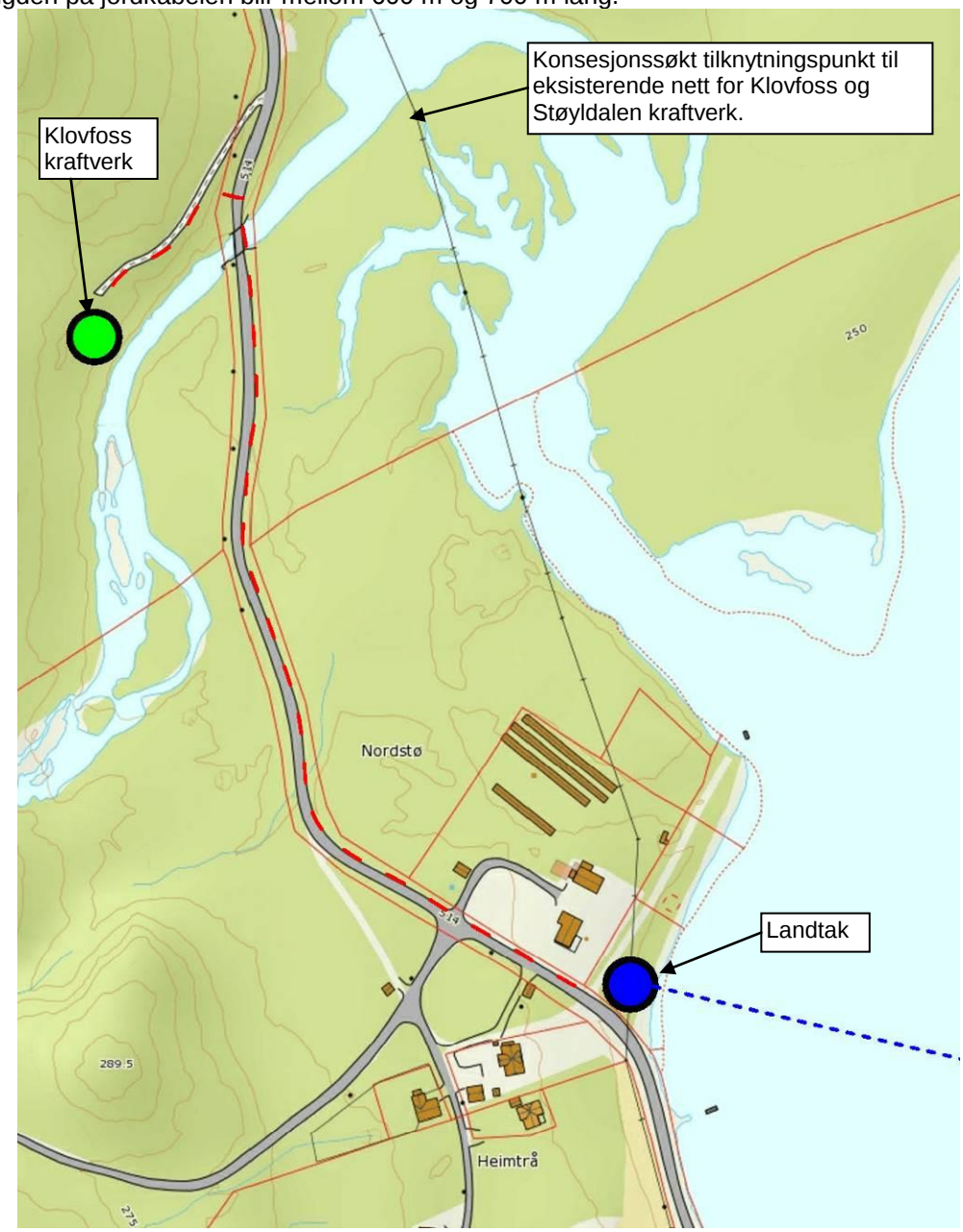
I tunglast vil det i dette notatet ikke være utveksling mellom VTK og DE.

Merk: *Utveksling mellom VTK og DE vil kun bli lagt inn i nettmodellene for alternativ 1. I alternativ 2 vil dette ikke være aktuelt.*

6.1 Alternativ 1

6.1.1 Nettløsning i Nissedal

Fra Klovfoss kraftverk føres en 22 kV jordkabel, tverrsnitt 95 mm² Al, bort til et landtak med plassering som vist i figur 4. Lengden på jordkabelen blir mellom 600 m og 700 m lang.

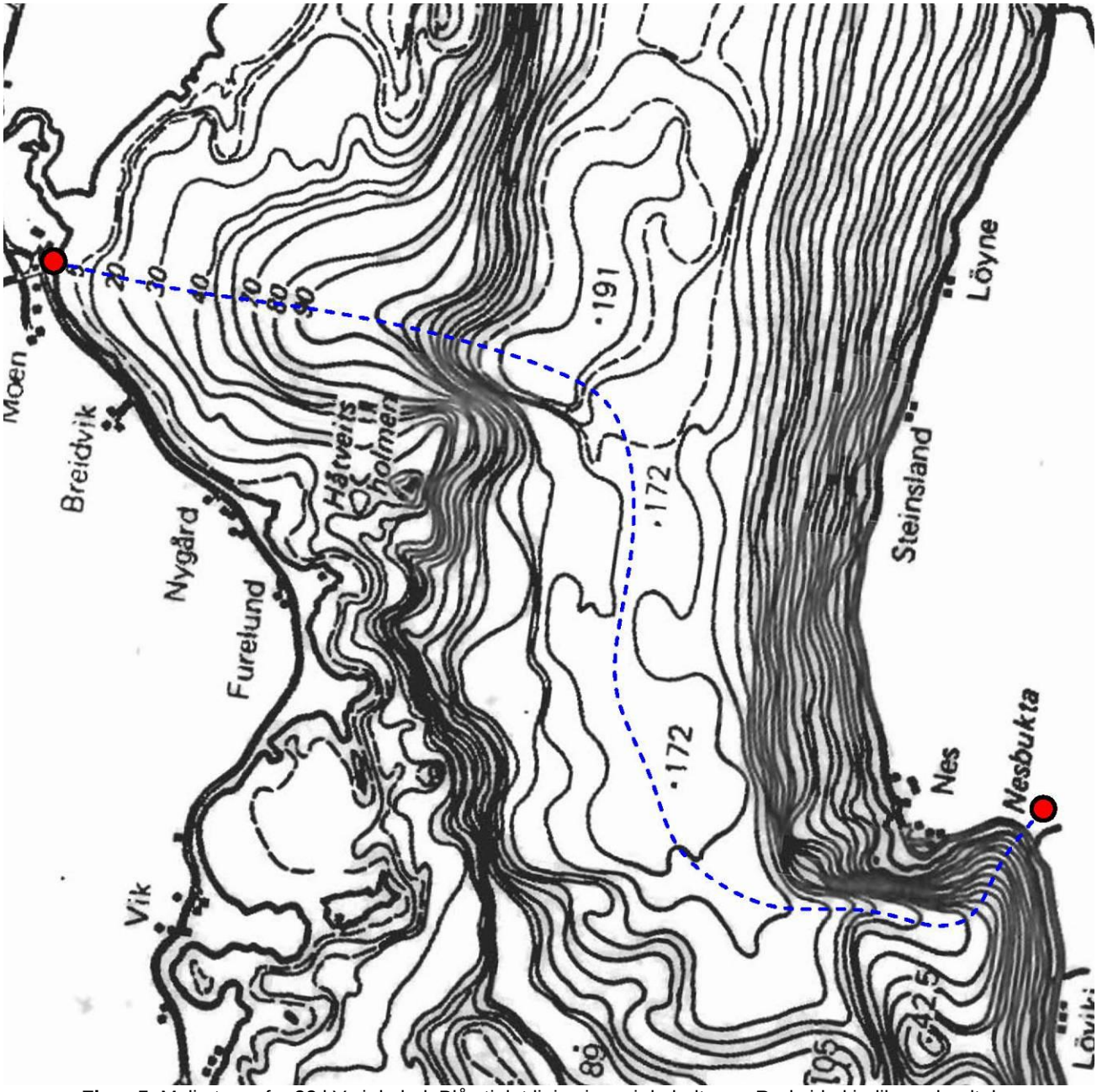


Figur 4. Sammenknytning av eksisterende 22 kV nett og Klovfoss kraftverk. Grønn sirkel er Klovfoss kraftverk, blå sirkel er landtak for 22 kV sjøkabel. Rød stiplet linje er 22 kV jordkabel og blå stiplet linje er 22 kV sjøkabel.

Kommentar: *I konsesjonssøknaden til Klovfoss og Støyldalen kraftverk er det skissert en løsning hvor kraftverkene blir tilknyttet eksisterende nett ca 200 m nordøst for Klovfoss kraftverk med egen jordkabel. Det konsesjonssøkte tilknytningspunktet er ikke særlig egnet for et landtak for en sjøkabel, og vil dermed bli flyttet.*

22 kV nettet på vestsiden, mellom Sundsåsen og Trontveit, kan kobles sammen med Klovfoss/Støyldalen kraftverk ved landtaket. Sammenkobling av det eksisterende 22 kV nettet på vestsiden av Nisser med den nye 22 kV forbindelsen er ikke omhandlet i denne rapporten.

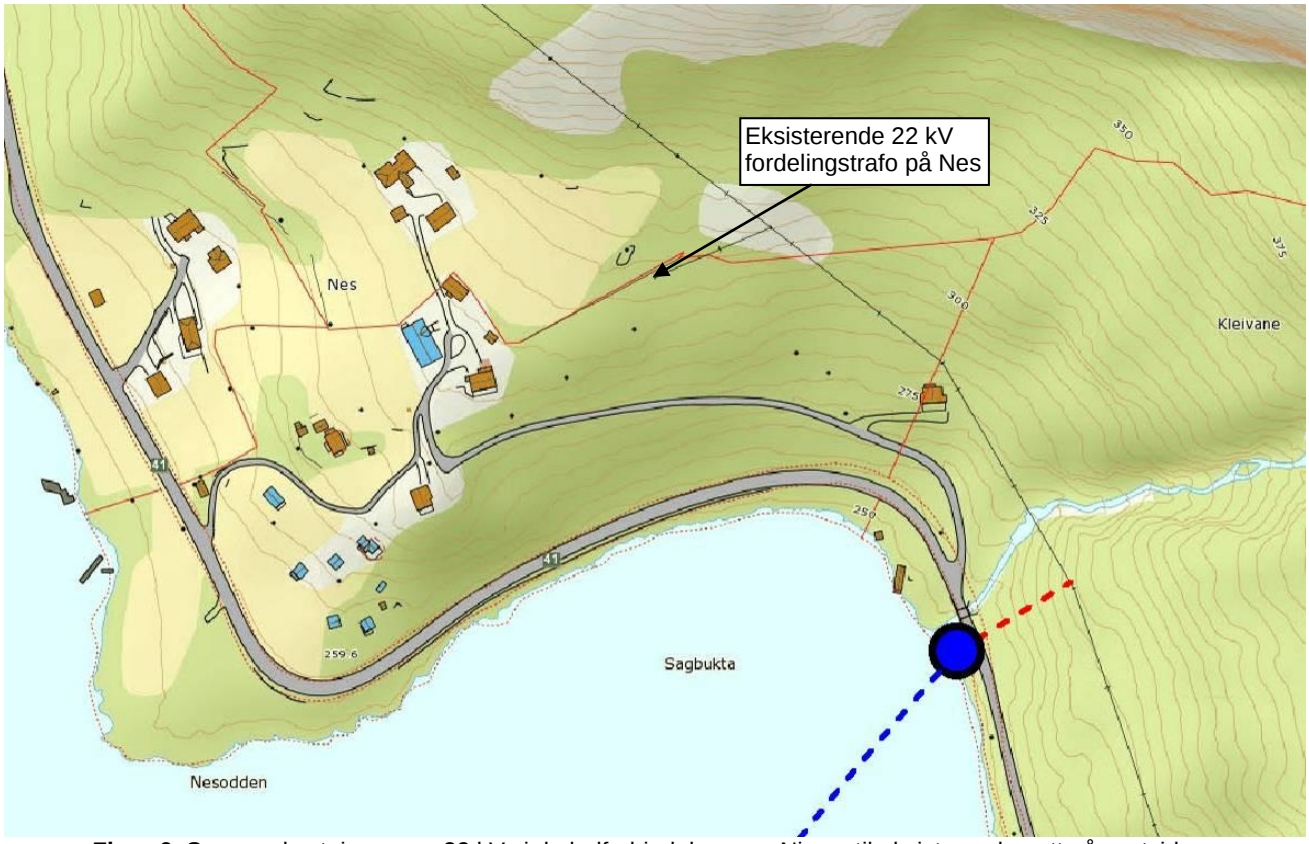
Fra landtaket legges en ny 22 kV sjøkabel frem til østsiden av Nisser hvor det etableres et landtak, se figur 5.



Figur 5. Mulig trase for 22 kV sjøkabel. Blå stiplet linje viser sjøkabeltrase. Rød sirkel indikerer landtak.

22 kV sjøkabel mellom landtakene bør minimum ha et tverrsnitt på 50 mm² Cu. Lengden på sjøkabelen vil være ca 4,8 – 5,0 km.

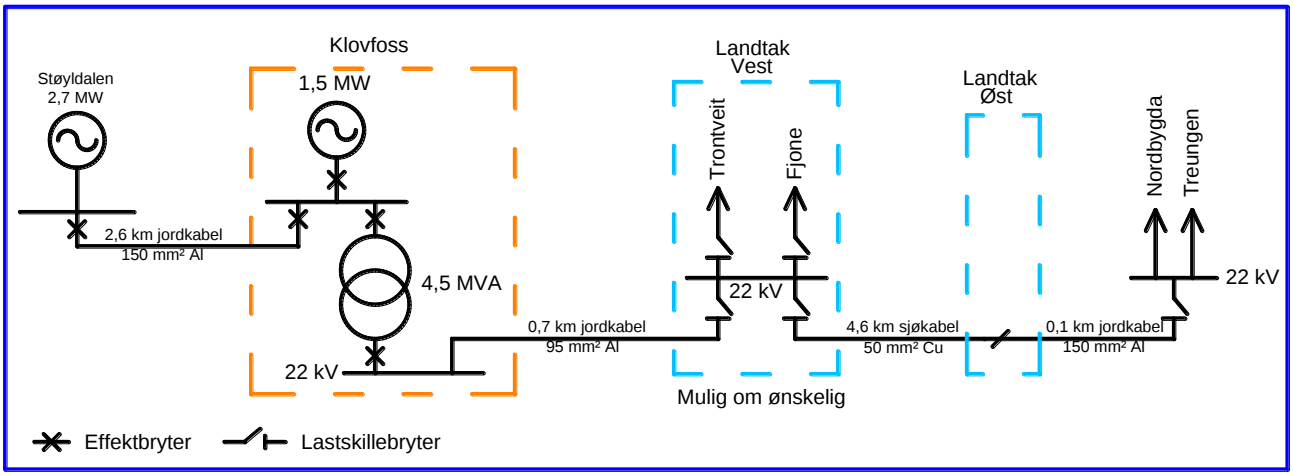
Landtaket vil bli liggende like øst for Nes. Fra landtaket legges en ny 22 kV jordkabel frem til eksisterende nett, se figur 6. Kabelen vil ha tverrsnitt 150 mm² Al og bli ca 100 m lang.



Figur 6. Sammenknytning av ny 22 kV sjøkabelforbindelse over Nisser til eksisterende nett på vestsiden.
Blå sirkel er landtak for 22 kV sjøkabel. Rød stiplet linje er 22 kV jordkabel og blå stiplet linje er 22 kV sjøkabel.

Det er i denne løsningen valgt 22 kV jordkabel opp til nærmeste mast. Alternativt kan det bygges et 22 kV luftspenn fra eksisterende mast ned til landtak for sjøkabel. Uavhengig av hvilken løsning som velges, må det etableres en T – avgreining her med skillebryterarrangement.

Figur 7 viser en prinsippskisse av nettløsningen.



Figur 7. Prinsippskisse, nettilknytning av Støyldalen og Klovfoss kraftverk.

6.1.2 Nettløsning i Drangedal

Løsningen innebærer at all eksisterende og ny kraftproduksjon i vestre Drangedal føres mot Drangedal trafostasjon. For å kunne klare dette må hele 22 kV forbindelsen mellom Suvdøla kraftverk og Drangedal trafostasjon, bortsett fra en seksjon med BLX 150, forsterkes.

Samlet installert effekt på de kraftverk som skal overføre produksjon fra Suvdøla - området mot Drangedal trafostasjon er 17,9 MW. I tillegg kommer produksjonen fra Gautefallselva og Djupsåna kraftverk, samlet effekt på 1,8 MW, som kommer inn ved Miland. Man vil ha lastuttak og noe overføringstap før produksjonen fra alle kraftverkene havner i Suvdøla, så ny 22 kV forbindelse Suvdøla – Drangedal skal i denne løsningen dimensjoneres for overføring av 15 - 17 MW produksjon.

Om 22 kV ledning Suvdøla – Drangedal trafostasjon måtte skiftes, har DE uttalt ønske om å legge så mye av luftledningen i kabel. Med lokale entreprenører og egne mannskaper vil kostnaden for legging av jordkabel mellom Suvdøla og Drangedal bli omtrent lik som for bygging av luftledning.

Tverrsnitt på nye 22 kV luftledninger og 22 kV jordkabler blir som følger:

- Nye 22 kV luftledninger får tverrsnitt Feal 240
- Nye 22 kV jordkabler får tverrsnitt 400 mm² Al

Dagens 22 kV forbindelse mellom Suvdøla kraftverk og Drangedal trafostasjon består av ca 19,1 km luftledning. Av dette må ca 18,7 km luftledning forsterkes for å kunne ta mot produksjonen fra de eksisterende og omsøkte kraftverkene.

Ca 30 % av denne forbindelsen vil bli erstattet med ny 22 kV luftledning, mens resten blir forlagt som 22 kV jordkabel:

- Ca 5,6 km med Feal 240
- Ca 13,8 km med 400 mm² Al jordkabel

Merk: *Nye 22 kV jordkabler skal erstatte ca 13,1 km luftledning. Det er her tillagt ca 5 % på kabellengden da det gjerne er litt vanskeligere å legge jordkabel i rett linje enn en luftledning.*

Det vil ikke bli behov for å endre oppsett på 22 kV bryteranlegg i Suvdøla kraftverk. Se vedlegg 1 for enlinjeskjema over 22 kV anlegg i Suvdøla kraftverk.

Kompensering for uttak av reaktiv effekt

Da store deler av 22 kV forbindelsen mellom Drangedal og Suvdøla er forsterket, vil ikke spenningsøkningen fra Drangedal trafostasjon til Suvdøla bli så stor som før forsterkningen. Kraftverkene kan driftes med cos phi = 0,99 induktivt, referert generatorklemme.

Selv om kraftverkene driftes med cos phi = 0,99 induktivt, vil det trekkes en del reaktiv effekt ut fra 132 kV regionalnett ved Drangedal trafostasjon. Sammenlignes situasjonen før og etter implementering av omsøkte kraftverk (inkl forsterkning av 22 kV forbindelse) så vil uttak av reaktiv effekt fra Drangedal trafostasjon øke med ca 4 MVAr.

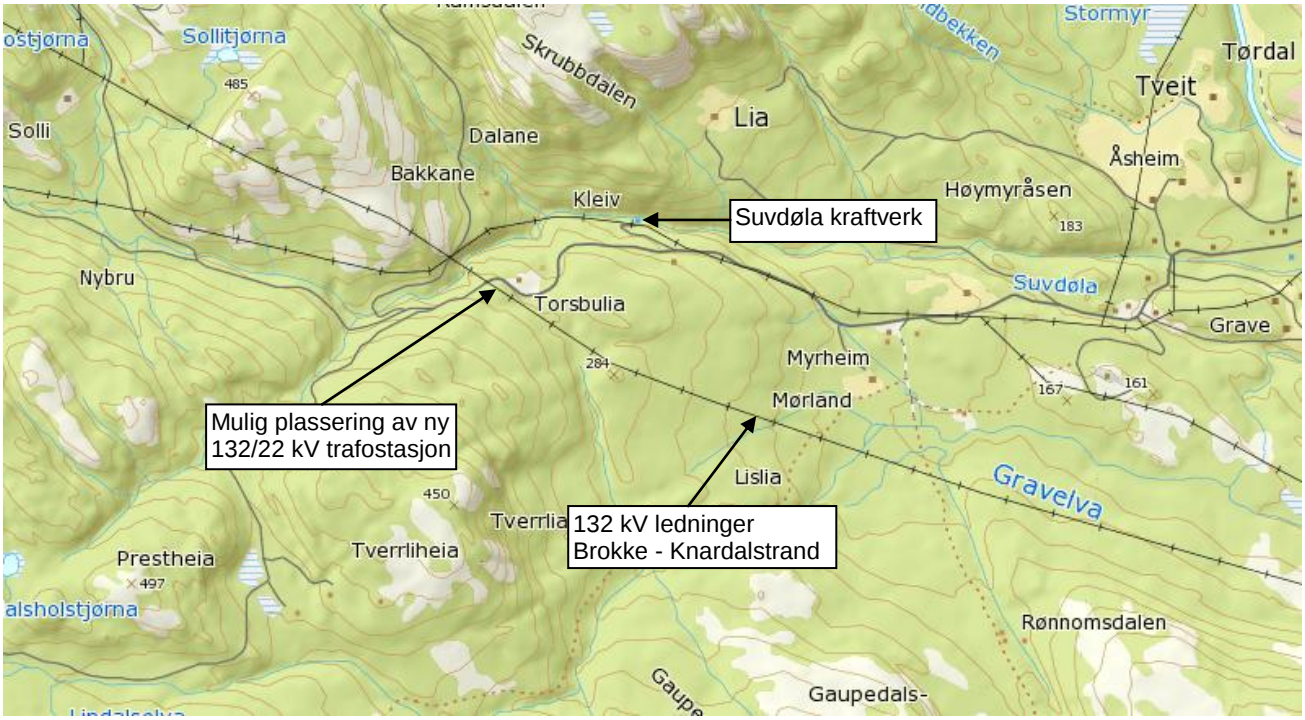
Det er derfor i løsningen lagt opp til at man må montere 1 stk 22 kV kondensatorbatteri i Drangedal trafostasjon. Ytelsen på kondensatorbatteriet blir på 4 MVAr. Batteriet tilkobles eksisterende 22 kV SSK i Drangedal med egen 22 kV effektbryter.

Kommentar: *Da uttak av reaktiv effekt fra Drangedal trafostasjon vil være avhengig av hvor stor ytelse kraftverkene kjøres med, kan det være et alternativ å ha 2 stk kondensatorbatterier à 2 MVAr i stedet for ett batteri på 4 MVAr. På denne måten kan uttak av reaktiv effekt kompenseres trinnvis. Med 2 stk batterier à 2 MVAr har man reguleringsmulighet på 0, 2 og 4 MVAr. Det er imidlertid i kostnadsoverslaget for denne nettløsningen lagt opp til 1 stk kondensatorbatteri på 4 MVAr.*

6.2 Alternativ 2

132 kV spenningsnivå

132 kV ledningene Brokke – Knardalstrand går like ved Suvdøla kraftverk, se figur 6. Denne løsningen går ut på å etablere en ny 132/22 kV trafostasjon som er tilknyttet en av disse to 132 kV ledningene. Mulig plassering av stasjonen er også vist i figur 8.



Figur 8. Oversiktskart Suvdøla kraftverk.

Like over Torsbulia ligger det en liten flate som kan være egnet for plassering av en 132/22 kV trafostasjon. På denne flaten står det en 132 kV dobbelkurs (planoppheng) bæremast som kan danne utgangspunkt for en ny trafostasjon.

En eventuell ny 132/22 kV trafostasjon i vestre Drangedal vil bli eid og driftet av Skagerak Nett (SN). I forbindelse med denne rapporten har det vært etablert kontakt med SN for å høre hvilke krav de har til en slik stasjon. Følgende layout på ny 132/22 kV trafostasjon har SN satt som krav:

- Det er ikke anledning å etablere ny 132/22 kV trafostasjon i Drangedal som T – avgreining.
- 132 kV bryteranlegg i ny trafostasjon skal etableres som duplex – anlegg (doble samleskinner)
- Det skal være satt av plass til en ekstra 132/22 kV trafo, ett ekstra 132 kV trafofelt og ett ekstra 132 kV linjefelt for eventuelt å møtekomme fremtidige behov.

Ny 132/22 kV trafostasjon i vestre Drangedal vil dermed bli utstyrt med følgende 132 kV komponenter:

1. 132 kV duplex bryteranlegg med plass til totalt 5 stk felt:
    a. 132 kV felt mot Brokke
    b. 132 kV felt mot Knardalstrand
    c. 132 kV felt mot 132/22 kV transformator
    d. 2 reservefelt
2. 25 MVA 132/22 kV transformator
3. Areal til ytterligere en (25 MVA) 132/22 kV transformator

Eksisterende bæremast må undersøkes for å finne ut om den lar seg forsterke til en forankringsmast. Dette må gjøres for å etablere et skille i 132 kV ledningen. Det må etableres et innstrekkstativ like under masten som skal betjene strekkene inne i bryteranlegget.

Om eksisterende 132 kV bæremast ikke lar seg forsterke til en forankringsmast, må det bygges et nytt innstrekkstativ som erstatning til bæremasten.

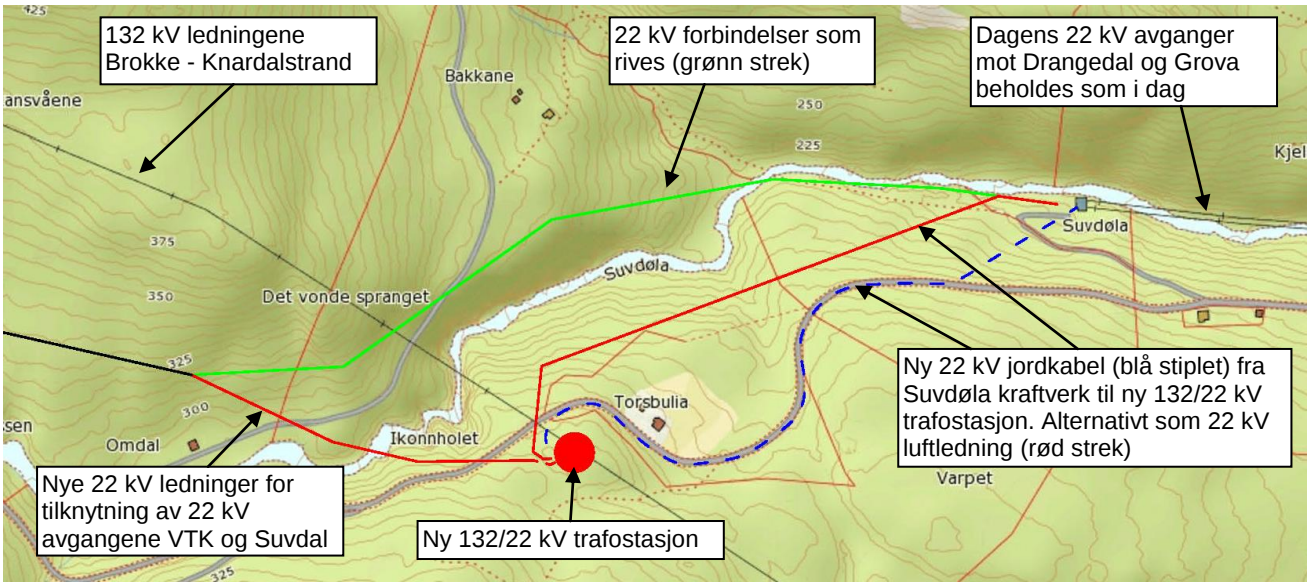
22 kV spenningsnivå

En ny 132/22 kV trafostasjon ved Torsbulia vil innebære noe omlegging av eksisterende 22 kV nett. I dag er Suvdøla kraftverk et knutepunkt i 22 kV nettet med 4 avganger. Om det blir etablert en ny 132/22 kV trafostasjon må disse 22 kV avgangene på en eller annen måte tilknyttes den nye trafostasjonen.
22 kV avgangene som går fra Suvdøla kraftverk mot Drangedal (trafostasjon) og Grova blir fortsatt tilknyttet Suvdøla kraftverk som i dag.

De to siste avgangene som er tilknyttet Suvdøla kraftverk, avgang VTK og avgang Suvdal, blir koblet av Suvdøla og tilknyttet ny trafostasjon ved Torsbulia.

Til sist blir det etablert en ny 22 kV forbindelse mellom Suvdøla kraftverk og ny 132/22 kV trafostasjon.

Se figur 9 for mulig omlegging av 22 kV nett rundt Suvdøla kraftverk.



Figur 9. Oversikt over omlegging av 22 kV linjer rundt Suvdøla kraftverk.

Følgende tiltak/omlegging er nødvendig i dagens 22 kV nett rundt Suvdøla kraftverk om denne nettløsningen benyttes:

Tabell 3. Nødvendig omlegging av 22 kV nett rundt Suvdøla kraftverk.

Avgang fra Suvdøla kraftverk	Nødvendige tiltak
Drangedal	Ingen
Tørdal/Grova	Ingen
VTK (Nissedal)	Siste 850 m inn til Suvdøla kraftverk (BLX 95) rives. Ny ca 350 m lang BLX 95 – ledning bygges som vist i figur 9. Innføring til 22 kV bryteranlegg i trafostasjonen som jordkabel (240 mm² Al).
Kleppe/Suvdal	Siste 850 m inn til Suvdøla kraftverk (BLX 50) rives. Ny ca 350 m lang BLX 95 – ledning bygges som vist i figur 9. Innføring til 22 kV bryteranlegg i trafostasjonen som jordkabel (150 mm² Al).
132/22 kV trafostasjon	Ca 730 m ny 22 kV jordkabel (400 mm² Al) delvis i vegskulder og delvis i terreng fra Suvdøla kraftverk til 22 kV bryteranlegg i ny trafostasjon. Eksisterende 22 kV bryterfelt for avgang VTK eller Suvdal (i Suvdøla) benyttes for å betjene ny 22 kV jordkabel til ny trafostasjon.

Vedlegg 1 viser enlinjeskjema på hvordan 22 kV anlegget i Suvdøla kraftverk er i dag, mens vedlegg 2 viser enlinjeskjema på hvordan 22 kV nettet vil bli rundt Suvdøla kraftverk om denne nettløsningen benyttes.

Merk: *Det er her forutsatt en 30 MVA 132/22 kV trafo i ny trafostasjon på Torsbulia. DE må vurdere om dette er tilstrekkelig på bakgrunn av eventuelle fremtidige utbyggingsprosjekter i området. Analyser viser at det med 1 stk 30 MVA 132/22 kV trafo er ca 4 – 6 MVA 132/22 kV trafokapasitet til fremtidige utbyggingsprosjekter.*
Ved etablering av ny 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia, vil sjøkabelen fra vestsiden til østsiden av Nisser ha en noe endret trase. I stedet for å legge kabelen mellom Klovfoss og Nes, så er beste løsning å legge sjøkabelen fra Klovfoss og opp til Sundsodden og tilknyttes eksisterende 22 kV nett her.

Kompensering for uttak av reaktiv effekt

Det vil ikke være nødvendig for kraftverkene i Drangedal å driftes med over/underkompensering. Kraftverkene vil likevel forårsake noe reaktive nettap, men dette er så lite at det ikke vil være behov for å ha ekstra kompenseringsanlegg for disse. Kraftverkene kan eventuelt driftes noe overkompensert for å bøte på dette.

For kraftverkene i Nissedal så må de driftes maksimalt undermagnetisert (cos phi = 0,95/0,97) for å unngå at spenningen blir for høy i endepunktene. Samlet produksjon som kommer fra Nissedal vil imidlertid være så liten at det ikke er nødvendig å etablere et kompenseringsanlegg ved 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia.

7.0 LASTFLYTANALYSER

I dette avsnittet skal det avdekkes de konsekvenser som nettilknytning av alle 10 småkraftverk vil ha. 22 kV nettet i henholdsvis Nissedal og Drangedal er ikke dimensjonert for å ta mot produksjonen fra disse kraftverkene.

I lastflytanalysene skal det undersøkes følgende:

- Spenningsforhold
- Overføringskapasitet
- Overføringstap

De overnevnte punkter vil også ligge som grunnlag for sammenligningen mellom de to alternativene som er utredet i dette notatet.

7.1 Forutsetninger

Tabell 3 viser de forutsetninger som er benyttet i lastflytanalysene.

Tabell 3. Forutsetninger i lastflytanalysene.

Post	Beskrivelse
Forutsetninger	• 21,6 – 21,9 kV utgangsspenning fra 22 kV SSK i trafostasjoner • Nye kraftverk kan forbruke reaktiv effekt tilsvarende cos phi = 0,95 induktiv (kraftverkene forbruker reaktiv effekt for å regulere spenningen) • Eksisterende kraftverk kan forbruke reaktiv effekt tilsvarende cos phi = 0,97 induktiv • Ny 22 kV 50 mm² Cu sjøkabel mellom Klovfoss kraftverk og Nes. Lengde ca 5 km. Tilknytning til eksisterende 22 kV nett ca 400 m øst for Nes. • Ny 6 kV 150 mm² Al jordkabel mellom Støyldalen og Klovfoss kraftverk. Lengde ca 2,6 km. • 4,5 MVA 22/6 kV transformator i Klovfoss kraftverk.

7.2 Resultater fra lastflytanalyser alternativ 1

Tabell 4 viser resultatene fra lastflytanalysene på alternativ 1.

Case 1 Lastflytanalyse i lettlast
Case 2 Lastflytanalyse i tunglast

Tabell 4. Resultat fra lastflytanalyser.

Resultater mot Høgfoss trafostasjon			Resultater mot Drangedal trafostasjon		
Post	Case 1	Case 2	Post	Case 1	Case 2
Spenning 22 kV SSK Høgfoss	21,6 kV	21,7 kV	Spenning 22 kV SSK Drangedal	21,6 kV	21,9 kV
Spenning 22 kV SSK Haukerhyl	21,7 kV	21,6 kV	Spenning 22 kV SSK Bostrak	22,0 kV	22,2 kV
Spenning 22 kV SSK Sundsodden	22,8 kV	21,5 kV	Spenning 22 kV SSK Suvdøla	22,1 kV	22,3 kV
Spenning 22 kV SSK Breivik	23,2 kV	22,2 kV	Spenning 22 kV SSK Gautefall	22,2 kV	22,1 kV
Overføringstap	2 877 kW	2 724 kW	Overføringstap	2 877 kW	2 724 kW

7.3 Resultater fra lastflytanalyser alternativ 2

Tabell 5 viser resultatene fra lastflytanalysene på alternativ 2.

Case 3 Lastflytanalyse i lettlast
Case 4 Lastflytanalyse i tunglast

Tabell 5. Resultat fra lastflytanalyser.

Resultater mot Torsbulia trafostasjon		
Post	Case 3	Case 4
Spenning 22 kV SSK Torsbulia	21,6 kV	21,7 kV
Spenning 22 kV SSK Sundsodden	22,7 kV	22,5 kV
Spenning 22 kV SSK Breivik	23,0 kV	22,8 kV
Spenning 22 kV SSK Suvdøla	21,6 kV	21,7 kV
Spenning 22 kV SSK Gautefall	22,1 kV	21,5 kV
Overføringstap	1 977 kW	1 725 kW

7.4 Oppsummering lastflytanalyser

Ser av tabell 4 og 5 at spenningsforholdene i endepunktene ikke bedrer seg særlig (i Nissedal) ved å etablere en ny 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia i Drangedal. Dette har med den lange avstanden mellom Klovfoss/Støyldalen og ny trafostasjon i Drangedal.

Når det gjelder overføringstap så vil etablering av ny 132/22 kV trafostasjon i Drangedal redusere nettapene med ca 25 %. Dette er ganske mye, og logisk da avstand mellom produksjonstyngdepunkt og overliggende nett reduseres kraftig.

Tabell 6 viser vektede overføringstap for de to nettløsningene.

Tabell 6. Vektede overføringstap.

Post	Alt 1	Alt 2
Overføringstap [kW]	2 823	1 889
Årlige nettap [kr]	1 930 932	1 292 076
Kapitaliserte nettap [kr]	33 389 740	22 342 621
Differanse i kap. Nettap [kr]	11 047 119	0

8.0 KOSTNADSBEREGNING

Det skal i dette avsnittet beregnes kostnader for de to vurderte løsningene for nettilknytning av småkraftverk i nordre Nissedal og vestre Drangedal.

Kostnadsoverslaget er basert på erfaringer med tilbud fra entreprenører og budsjettpriser fra forhandlere.

Kostnadsoverslaget for de vurderte nettløsninger er for komplette nettanlegg og inkluderer følgende:

- Nye 22 kV luftledninger
- Nye 22 kV jordkabler
- Arbeid med fra og tilkobling av avgreininger (ved nettforsterkning)
- Komplette 132/22 kV trafostasjoner (i alternativ 2)
- Sanering av eksisterende luftledninger
- Kompenseringsanlegg
- Bryteranlegg

Det er videre ikke inkludert følgende:

- Elektriske anlegg i nye småkraftverk
- 22 kV forbindelse fra 22 kV anlegg i kraftverk frem til eksisterende 22 kV nett
- Jordkabel mellom Klovfoss og Støyldalen kraftverk
- Grunneiererstatning for nye 22 kV forbindelser (hovedsakelig alternativ 1).

Tabell 7 viser kostnadsoverslaget for alternativ 1 og 2.

Tabell 7. Kostnadsoverslag for vurderte nettløsninger

K	Kostnadsoverslag	Alternativ 1	Alternativ 2
1	*22 kV overføringsnett*		
1.1	22 kV luftledninger	8 400 000	750 000
1.2	22 kV jordkabler	23 840 000	4 531 000
1.3	22 kV sjøkabler	7 105 000	5 826 100
1.4	Arbeid med fra- og tilkobling av avgreininger	2 000 000	0
1.5	Sanering av eksisterende nett	3 366 000	0
S 1	*Sum post 1, 22 kV overføringsnett*	*44 711 000*	*11 107 100*
2	*Ny 132/22 kV trafostasjon*		
2.1	Tomteforberedelser, planering, sprenging, veg etc	0	4 328 000
2.2	Kontrollbygg	0	1 600 000
2.3	30 MVA 132/22 kV transformator, inkl overspgavleder	0	4 575 000
2.4	Trafocelle, fundament, innstrekkstativ etc	0	1 000 000
2.5	132 kV bryteranlegg, inkl SSK	0	11 550 000
2.6	132 kV innstrekkstativ, inkl innstrekk av ledning	0	1 860 000
2.7	22 kV bryteranlegg	0	1 400 000
2.8	Kontrollanlegg, jordingsanlegg, uforutsett etc	0	2 787 000
S 2	*Sum post 2, ny 132/22 kV trafostasjon*	*0*	*29 100 000*
3	*Kompenseringsanlegg*		
3.1	Kondensatorbatterier, eksl 22 kV bryterfelt	380 000	0
3.2	22 kV bryterfelt for kondensatorbatteri	350 000	0
S 3	Sum post 3, kompenseringsanlegg	730 000	0
4	Sum investeringskostnader	45 441 000	40 207 100

9.0 SAMFUNNSØKONOMISK SAMMENLIGNING AV ALTERNATIV

På grunnlag av nettberegninger og systemvurderinger er det foretatt en samfunnsøkonomisk evaluering av alle økonomiske forhold som har betydning for valg av nettløsning ved nettilknytning av småkraftverk i Drangedal og Nissedal, herunder:

- Anleggskostnader — Prisnivå og pengeverdi: År 2015, nøyaktighet +/- 20 %
- Prosjekteringskostnader — Kostnader vurdert til ca 10 % av anleggskostnader
- Driftskostnader — For nye nettanlegg er driftskostnadene vurdert til 1,5 % av anleggskostnader
- Tapskostnader — Ekvivalent årskostnad for overføringstap er satt til 0,36 kr/kWh. Brukstid for tap er satt til 1 900 timer.
- Fordel av forsterket nett — Når reinvestering i 22 kV nett blir fremskyndet på grunn av innmating av ny produksjon, skal dette tas med som en fordel. Fordelen er like stor som nåverdien av fremtidig reinvestering. I dette tilfelle er det antatt at 22 kV nettet til Drangedal (alt 1) uten innmating av ny produksjon kan holdes slik som i dag i 15 år til.

Den totale differansen mellom alternativ 1 og 2 fremkommer av tabell 8.

Tabell 8. Samfunnsøkonomisk sammenligning av vurderte nettløsninger.

S	SAMFUNNSØKONOMISK SAMMENLIGNING	Alternativ 1	Alternativ 2
4	Sum investeringskostnader	45 441 000	40 207 100
5	Planleggings - og administrasjonskostnader	4 544 100	4 020 710
6	Kapitaliserte driftskostnader	10 913 435	10 428 938
7	Fordel av fremskutt investering i 22 kV nett	-11 849 344	0
8	Kapitaliserte overføringstap	33 389 740	22 342 621
9	**Sum samfunnsøkonomiske kostnader**	**82 438 930**	**76 999 369**
10	*Differanse samfunnsøkonomiske kostnader*	*5 439 562*	*0*
11	Totale kostnader pr installert MW [kr/MW]	5 032 902	4 700 816
12	Totale kostnader [kr/kWh]	1.26	1.18

Rimeligste nettløsning for nettilknytning av omsøkte kraftverk er alternativ 2 som medfører en nettkostnad på ca 41,2 MNOK. Alternativ 2 er ca **5,2 MNOK** rimeligere (investeringsmessig) enn alternativ 1 (tabell 7).

Alternativ 2 er også den samfunnsøkonomisk beste nettløsningen. I og med den sentrale plasseringen i forhold til nye kraftverk gir dette alternativet lave overføringstap i forhold til øvrige vurderte alternativer. Alternativ 2 er rimeligere selv om man trekker inn fordel av fremskyndet reinvestering i 22 kV nettet til DE.

Totalt er alternativ 2 samfunnsøkonomisk ca **5,4 millioner NOK** rimeligere enn alternativ 1.

Teknisk sett er alternativ 2 den klart beste nettløsningen for nettilknytning av de aktuelle kraftverkene. I denne analysen er det ikke medtatt fordeler med å få et stivere nett eller den fordel med at man vil ha en sikrere strømforsyning i området. Dette er fordeler som ville forstørret den samfunnsøkonomiske kostnadsdifferansen som er mellom alternativ 1 og 2.

Videre er alternativ 2 den nettløsningen som vil medføre minst inngrep i eksisterende 22 kV nett. Det er kun noen små, korte 22 kV forbindelser som må rives/bygges (om) etter at ny 132/22 kV trafostasjon er ferdigstilt.

Det anbefales følgende prosedyre for videre behandling:

1. Samfunnsøkonomisk og bedriftsøkonomisk analyse for å konstatere at utbygging av kraftverkene er lønnsom. Man vil ha et *"break even"* punkt for når det er bedre å forsterke eksisterende 22 kV nett i forhold til å bygge ny 132/22 kV trafostasjon i Torsbulia. Jo færre kraftverk som realiseres jo dårligere vil en løsning med ny trafostasjon bli.
2. Dersom en ønsker å gå videre med prosjektene, må det klargjøres med Skagerak Nett og Agder Energi Nett om det vil påløpe kostnader ved nettforsterkning i SN og AE sitt regionalnett og størrelse på nettariff i dette nettet.
3. Om alternativ 2 gås videre med, klargjøre hvem som skal skrive konsesjonssøknad for ny 132/22 kV trafostasjon i Torsbulia.
4. Grov beregning av innmatingstariff for nye kraftverk. Gjelder både i 22 kV nett og 132 kV regionalnett. Dette skal kunne forespeiles utbygger av kraftverk som del av grunnlaget for investeringsbeslutning i tillegg til blant annet størrelsen på anleggsbidrag.

KONKLUSJON

Det er vår konklusjon at nettilknytning av aktuelle nye småkraftverk som er omhandlet i dette notatet, bør skje mot en ny 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia i Drangedal. En slik løsning er:

- Den samfunnsøkonomisk beste nettløsning
- Den nettløsning som gir minst overføringstap i 22 kV nettet
- Den nettløsning som gir det stiveste 22 kV nettet
- Den nettløsning som gir best reserve for øvrig lastuttak i nordre Nissedal og vestre Drangedal
- Den nettløsning som gir minst inngrep i eksisterende 22 kV nett (omtrent alle tiltak i nettet er konsentrert til Torsbulia)
- Den mest fremtidsrettede nettløsningen iht til mulig ny småkraftutbygging i fremtiden
- En nettløsning som legger til rette for utvikling i 132 kV regionalnett i området

Det er vår vurdering at alternativ 2, ny 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia, bør benyttes for nettilknytning av aktuelle småkraftverk i nordre Nissedal og vestre Drangedal.

10.0 BEREGNING OG FORDELING AV ANLEGGSBIDRAG

Det bør kreves inn anleggsbidrag for samtlige nettinvesteringer som er utløst av ny produksjon. Eksisterende kraftverk kan ikke avkreves anleggsbidrag, så fremt det ikke står noe spesifikt i nettavtalen mellom kraftverk og Drangedal Everk.

Følgende prinsipper bør legges til grunn når det gjelder anleggsbidrag:

- Produsent betaler samtlige produksjonsrelaterte kostnader, herunder nye overføringsledninger, oppdimensjonering av eksisterende linjer, økede transformatorytelser samt planleggings-/ administrasjonskostnader utløst av produksjonen.

Følgende bør legges til grunn ved fastsettelse av kostnadsfordeling mellom netteier og produsent:

1. Nye nettanlegg utløst av produksjon betales i sin helhet av produsent.
2. Ved forsterkning i eksisterende nett regnes anleggsbidraget ut som følger: Kraftverkets andel av forsterkningen * (Nåverdi på forsterkning – Nåverdi av fremtidig reinvestering av eksisterende anlegg)

Det er regnet et grovt anslag på anleggsbidrag utløst av produksjonen fra nye småkraftverk. Anleggsbidraget inkluderer ikke følgende:

- Krafttransformatorer for kraftverkene, mellom maskinspenning og 22 kV nett.
- 22 kV bryteranlegg i kraftstasjonene, vern, lokalkontroll
- Tilknytning av kraftverk til eksisterende nett.

Det vil kun bli beregnet anleggsbidrag for alternativ 2 som er bygging av ny 132/22 kV trafostasjon på Torsbulia i vestre Drangedal.

10.1 Definisjon av radielt og masket nett

Nettanlegg uavhengig av spenningsnivå kan deles inn i to hovedgrupper:

- Radielle nettanlegg
- Maskede nettanlegg

Radielle nettanlegg omfatter radialer og distribusjonsanlegg som driftes radielt og som forsyner en avgrenset og identifiserbar kundegruppe. I radielle nettanlegg kan en forholdsmessig andel av investeringskostnadene inngå i kundens (kraftutbygger) anleggsbidrag. En fordeling etter kundens effektbehov i forhold til kapasitetsøkningen er et relevant nettforhold som anleggsbidraget kan differensieres på bakgrunn av.

I motsatt fall har man maskede nettanlegg hvor det er vanskelig å definere en bestemt kunde eller kundegruppe som har nytte av anlegget. Det er ikke mulig å avkreve kunder i maskede nettanlegg anleggsbidrag for nye/forsterkede anlegg. Kostnader i anlegg som er definert som maskede nettanlegg skal fordeles på alle nettselskapets kunder gjennom økt nettleie og ikke dekkes av den eller de kundene som utløser forsterkningen.

I hovedsak skal transformatorer mellom regionalnett og distribusjonsnett klassifiseres som del av maskede nettanlegg.

For beregningene av anleggsbidrag i denne rapporten blir konklusjonen følgende:

- Alt 132 kV nettanlegg defineres som del av masket nett. Det kan ikke kreves anleggsbidrag fra kraftutbyggere for disse nettanlegg
- Nye 132/22 kV transformatorer defineres som del av masket nett. Det kan ikke kreves anleggsbidrag fra kraftutbyggere for disse nettanlegg.
- Nye 22 kV nettanlegg defineres som del av radielt nett, også for 22 kV nettanlegg i nye/eksisterende trafostasjoner. Det kan dermed kreves anleggsbidrag for nye 22 kV nettanlegg.
- Fordeling av anleggsbidrag for de resterende kostnader som ikke dekkes av de tre ovennevnte punkter skjer ved effektfordeling.

10.2 Anleggsbidrag for alternativ 2

Total beregnet investeringskostnad for alternativ 2 er ca **40,2 MNOK**.

Investeringskostnadene i alternativ 2 fordeler seg på følgende vis:

22 kV nett Drangedal kommune	2,09 MNOK
22 kV nett Nissedal kommune	9,02 MNOK
132 kV nettanlegg Torsbulia inkl kontrollanlegg	14,99 MNOK
132/22 kV transformator Torsbulia inkl trafocelle	5,58 MNOK
22 kV nettanlegg Torsbulia inkl kontrollanlegg	2,00 MNOK
Felleskostnader (bygg etc)	6,54 MNOK
Sum	**40,22 MNOK**

Som nevnt i avsnitt 9 så skal all ny produksjon være med på å dekke kostnaden for nettforsterkninger om dette er nødvendig. Herunder skal nye kraftverk i vestre Drangedal og Nissedal være med å betale for punkt 1, 2, 5 og 6.

Beregning av anleggsbidrag for felleskostnader fordeles slik at Skagerak Energi dekker 25 % mens produsentene (nye kraftverk) dekker de resterende 75 % av felleskostnadene.

*Utgangspunkt for beregning av anleggsbidrag vil da være **18,02 MNOK**. Inkludert planleggings – og administrasjonskostnader utgjør dette ca **19,82 MNOK**.*

Det vil i hovedsak bli etablert nye 22 kV forbindelser i både Nissedal og Drangedal, så det vil ikke være nødvendig å beregne fratrekk for fremtidig reinvestering i eksisterende nett.

Tabell 9 viser en oversikt over alle nye kraftverk og hva de skal dekke av anleggsbidrag for følgende poster:

1. 22 kV nett i Drangedal kommune
2. 22 kV nett i Nissedal kommune
3. 22 kV nettanlegg i Torsbulia
4. Felleskostnader i Torsbulia (bygg, jordingsnett etc)

Anleggsbidrag er inkludert planleggings – og administrasjonskostnader på 10 %.

Tabell 9. Oversikt over anleggsbidrag for de nye kraftverkene som skal føre produksjon mot Torsbulia.

Kraftverk	Post 1	Post 2	Post 3	Post 4	Sum
Lauvstad	0.31		0.29	0.72	**1.32**
Skjeggfoss	0.28		0.27	0.67	**1.22**
Nedre Suvdøla	0.43		0.41	1.00	**1.83**
Graveelva	0.43		0.41	1.02	**1.86**
Kleiva	0.10		0.10	0.24	**0.45**
Lindalselva	0.08		0.08	0.20	**0.36**
Klovfoss	0.24	3.54	0.23	0.55	**4.56**
Støyldalen	0.43	6.38	0.41	1.00	**8.21**
Sum	**2.30**	**9.92**	**2.20**	**5.40**	**19.81**

Merk: *Ikke alle nye kraftverk skal betale anleggsbidrag. De to som "slipper unna" er Gautefallselva og Djupsåna. Disse kraftverkene skal føre produksjonen mot Drangedal trafostasjon.*