

**6893 VIK I SOGN**  
Telefon : 57 69 85 80

**Avdeling Voss**  
Bergliplassen 2  
5700 VOSS

E-mail : [post@bystol.no](mailto:post@bystol.no)  
Føret.nr. : 928 919 161 MVA  
Internett : [www.bystol.no](http://www.bystol.no)

Vår dato: 03.03.2017

NVE Konesjonsavdelingen  
Postbok 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Dykkar ref. NVE 200709348  
Sakshandsamar: Finn Roar Halvorsrud

## **Stardalen Kraft AS – Søknad om endring av minste driftsvassføring og stasjonsplassering for Stardalen Kraftverk i Jølster kommune, Sogn og Fjordane fylke.**

Vi viser til konsesjon gjeve Stardalen Kraft AS til bygging av Stardalen kraftverk meddelt ved kongeleg resolusjon 7. februar 2014 og NVEs innstilling med forslag til vilkår datert 28. juni 2012, ref 200709348. Stardalen Kraft AS er 100% eigd av Tinfos AS. Bystøl AS er Stardalen Kraft AS sin rådgjevar i prosjektet.

Utbyggar og rådgjevar var på synfaring i tiltaksområdet med sakshandsamar for detaljplan for Miljø og Landkap, Ole Per Schei, den 22.11.2016 og vart tilrådd å søkje om planendring.

### **Introduksjon**

Det vert med dette søkt om

1. å endre minste driftsvassføring frå 2,5m<sup>3</sup>/s til 1,0m<sup>3</sup>/s. Minste slukeevne vart omsøkt med utgangspunkt i at det var planlagt to like store Francis-turbinar og det vart omsøkt start-stopp-køyring. Fleire av høyringspartane og NVE var sterkt i mot «start-stopp-køyring» og det vart ikkje gjeve konsesjon til slik drift av kraftverket. Dessverre såg ikkje søkjar på dette tidspunktet høve til å køyre mest mogeleg kontinuerleg med ein liten turbin i tillegg til to større turbinar. Byggherre og rådgjevarar har kome fram til at installasjon av ein tredje turbin og reduksjon i minste driftsvassføring vil auke årsproduksjonen med 2,6GWh utan at dette vil føre til negative konsekvensar for fisk, ferskvannsbiologi, flora og fauna.
2. å flytte kraftstasjonen frå fjell til dagen til området der avløpskanalen var planlagt. Årsaka er at nye berekningar viser at det vert billigare å byggje kraftstasjonen i dagen og at økonomisk risiko og skaderisiko vert redusert. Det er til dømes kostbart å ha transformatorar plassert i fjell uavhengig om innkapsling mot eksplosjonstrykk, avlastingstunnel eller tørrtransformatorar vert valgt som risikoreducerande tiltak. Endringa vil føre til at kraftstasjon, grunnflate ca 500m<sup>2</sup> og høgd over terreng inntil 10,0 meter vert bygd i dagen. Det er lagd vekt på at utforminga av kraftstasjonen vert tilpassa terrenget og at stasjonsbygget vert godt lydisolert. Stasjonsplassering i dagen vart omsøkt som alternativ A.2 i konsesjonssøknaden /1/. Omsøkt plassering er lengre vest på myra og med trykkrøyr i tunnel gjennom Langskorhaugen enn det som er skildra i konsesjonssøknaden. Dette er gjort for å unngå ura under fjellsida og redusere risikoen for steinsprang og snøskred. Ved å flytte kraftstasjonen ut av fjellet vil Stardalen Kraft AS spare 5,0 mill. kr og risikoen i prosjektet vert redusert.

## Endring av minste driftsvassføring

### *Hydrologi og produksjon*

Målestasjonen 87.10.0 Gloppenelv v/Bergheim bru nokre kilometer nedstraums kraftstasjonen gjev gode hydrologiske data for kraftverket. Skaleringsfaktoren er 0,81. Produksjonssimuleringar med konsesjonsgjevne slukeevner og krav om minstevassføringar sommar og vinter viser at det er økonomisk lønnsamt å installere tre turbinar. To store med 2/5 av maksimal slukeevne kvar og ein turbin med kapasitet 1/5 av maksimal slukeevne. Dette gjev godt verknadsgrad for alle slukeevner mellom  $1,0\text{m}^3/\text{s}$  og  $31,6\text{ m}^3/\text{s}$ . Alternativet er tre like store turbinar og minste slukeevne  $2,5\text{m}^3/\text{s}$ . Våre produksjonssimuleringar viser at i perioden vil gjennomsnittleg produksjon ha auke med 2,6GWh til 49,4GWh ved redusere minstedriftsvassføring frå  $2,5\text{m}^3/\text{s}$  til  $1,0\text{m}^3/\text{s}$  og samtidig installere ein liten turbin. Av dette er 2,0GWh vinterproduksjon. Det vil ikkje vere økonomisk forsvarleg å installere ein liten turbin utan samtidig å redusere minste driftsvassføring.

Reduksjonen i minste driftsvassføring fører til at kraftverket vil ha svært få dagar med stans i produksjonen og det er svært bra for drifta. Tabellen under viser talet på dagar i året med minstevassføring i elva, overløp og stans i kraftverket i eit tørt år (1996), middels år (2008) og vått år (2005).

**Tabell 2.** Dagar med minstevassføring, stans og overløp i normalt, tørt og vått år.

	Normalt år (2008)		Tørt år (1996)		Vått år (2005)	
	Konsesjon	Omsøkt	Konsesjon	Omsøkt	Konsesjon	Omsøkt
Dagar med minstevassføring	257	336	193	256	268	304
Dagar kraftverket står	79	0	165	102	51	15
Dagar med overløp på dammen	29	29	7	7	46	46
Talet på oppstart frå grunna stans ved låg vassføring	13	0	11	6	7	5

Sidan minstevassføringa og maksimal slukeevne ikkje er endra vil talet på dagar med overløp vere uendra. Talet på dagar med mindre vatn enn minstevassføringa vert også uendra. Som det går fram av tabellen over, vil talet på dagar med minstevassføring auke og dynamikken i vassdraget vert noko redusert. Etter vårt syn er det den minst viktige dynamikken som forsvinn, dvs at det er nokon fleire dagar det renn minste driftsvassføring + minstevassføring i elva. I utgreiinga av konsekvensar i konsesjonssøknaden /1/ er vassføringa mellom inntak og kraftstasjon kun vurdert ut frå minstevassføringa og restvassføring. I høyringsuttalar og NVE si innstilling /2/ er det kun Sogn og Fjordane Turlag som har kommentert miste driftsvassføring og det i samband med «start-stopp køyring» («skvalpekøyning») som dei er sterkt i mot.

Lågare minste driftsvassføring vil føre til mindre endringar i vassføringa mellom inntak og kraftstasjon enn situasjonen med konsesjonsgjeven minste driftsvassføring. Ved stigande vassføring ved vinterminstevassføring vil vassføringa mellom inntak og kraftstasjon auke til  $3,0\text{m}^3/\text{s}$  før den plutselig vert  $0,5\text{m}^3/\text{s}$  når kraftverket starar. Ved å redusere minste driftsvassføring til  $1,0\text{m}^3/\text{s}$  vert spranget redusert tilsvarende. Vidare vert talet på gonger i løpet av eit år kraftverket startar opp halvert frå ca 10 til ca 4 gonger. Det vert altså færre naturlege start-stopp ved å redusere minste driftsvassføring. Minste driftsvassføring lik  $1,0\text{m}^3/\text{s}$  er det same som minste driftsvassføring til Hjelle kraftverk lengre nedstrøms i vassdraget.

#### *Kostnader og økonomi*

Tilleggskostnaden ved å kjøpe ein liten Francis og to dobbelt så store i i staden for tre like er 2,5 mill kr utfrå innhenta tilbod på komplette elektro-mekaniske leveransar. Plassbehovet og byggekostnaden elles vert om lag uendra slik at kostnaden for ekstra årsproduksjon vert 1,0 kr/kWh. Nedjustering av minste slukeevne vil ikkje vera avgjerande for bygging av kraftverket, men det vil føre til betre økonomi i prosjektet og betre ressursutnytting av elva.

### *Konsekvensar for fisk, ferskvassbiologi, flora og fauna*

Rådgivende Biologer AS ved Harald Sægrov og Linn Eilertsen har vurdert konsekvensar for fisk, ferskvassbiologi, flora og fauna og utalar mellom anna:

*«Det er låg tettleik av småfallen aure på den aktuelle strekninga i Stardalselva (Mork 2010). Utforminga av elveløpet, med mange hølar og djupe parti på strekninga med fråføring, og det finkorna botnsubstratet nedstraums avløpet frå kraftverket tilseier at det er liten strandingsfare for fisk. Det er litt større strandingsfare for botndyr som bevegar seg seint, men desse kan overleve i fuktig substrat til vassføringa er tilbake til nær opprinneleg nivå etter ca. 2 timar. Ved ei minste vassføring på 2 m<sup>3</sup>/s er ein stor del av elvearealet vassdekt og dette tilseier at det er liten strandingsfare for fisk og botndyr i sommarhalvåret. Også ved ei minstevassføring på 0,5 m<sup>3</sup>/s er ein betydeleg del av elvearealet vassdekt.*

*Med bakgrunn i låg tettleik av fisk, elveløpets utforming, botnsubstrat og ei minstevassføring på 0,5 m<sup>3</sup>/s i vinterhalvåret, blir det konkludert med at det er liten/ubetydeleg strandingsfare som medfører dødelegheit for fisk og botndyr ved ei minste slukeevne på 2,5 m<sup>3</sup>/s. Dersom minste slukeevne blir redusert til 1 m<sup>3</sup>/s vil dette vere gunstig for både fisk og botndyr, sjølv om skilnaden blir liten.*

- Redusert minste slukeevne frå 2,5 til 1 m<sup>3</sup>/s vil i liten grad påverke tilhøva for fisk og ferskvassbiologi, men har ei positiv retning.»*

Sjå vedlegg 6 for utfyllande informasjon.

### **Endring av stasjonsplassering**

#### ***Bakgrunn***

I konsesjonssøknaden er det som hovudalternativ omsøkt kraftstasjonsplassering i fjell. Dette vart vurdert som eit billegare alternativ enn kraftstasjon i dagen av søkjar og deira konsulent. Det vart lagd opp til ei løysing med vassveg i tunnel og direkte til turbin. Avløpskanalen var planlagd i fjell og vidare open kulvert over myra tilbake i elva. Kraftstasjon i dagen vart omsøkt som alternativ A2 og konsekvensane vert kraftstasjon i dagen vart vurdert like som ved bygging i fjell. Sidan verken høyringspartane eller NVE ikkje hadde noko spesielt å utsetja på hovudalternativet i fjell, vart alternativet med kraftstasjon i dagen ikkje grundig vurdert.

## Plassering og utforming

Kraftstasjon i dagen er tenkt plassert i det sør-vestre hjørne på myra rett nord for Langeskorhaugen og under Svorene. Det er tenkt å leggje trykkrøyr i tunnel om lag 250 meter inn gjennom Langeskorhaugen til tilstrekkeleg overdekking for betongpropp er oppnådd. Kraftstasjonen vil ha eit areal på om lag 500m<sup>2</sup> og vere maksimalt 10,0 meter høg over terrenget. Lengda på maskinsalen vil vere 45meter og tekniske rom vert plassert mot elva for å dempe høgda og storleiken.

Bech Arkitekter står for utforminga og dei har lagd vekt på å dempe storleiken ved å bryte opp fasaden. Kraftstasjonen vert oppført i betongelement eller betong med litt svart fargestoff. Parti med trelekter på maskinsal og trelekter i brunt treverk på tekniske rom vil også bryte opp fasaden mot Klakegg. Maskinsalen får flatt tak for unngå store høgder og tekniske rom får 20° skråtak med torvtekkning for ytterlegare å dempe uttrykket.

Tilkomstveg til kraftstasjonen vert lagd langs Stardalselva og vert vesentleg mindre synleg i terrenget enn konsesjonssgjeven trase halvvegs opp i Langeskorhaugen. Det vert lagd vekt på at so lite skog som mogeleg langs elva vert fjerna for bygging av kraftverket. Plassering av kraftstasjonen er vist på vedlagde situasjonsplan, teikning nr 102. Teikningar i vedlegg 2 viser kraftstasjonsfasadar og vedlegg 3 viser ein 3d-modell og vedlegg 4 ein illustrasjon av kraftstasjon og massedeponi.

Massedeponiet vert lagd i ein inntil 15 meter høg fylling med stigning 1:1,5 på alle sider og er plassert parallelt med fjellsida på nordsida av myra. Deponiet med om lag 110.000m<sup>3</sup> massar, hovudsakleg sprengstein, vil fungere som ein skredvoll og gje tilstrekkeleg sikring mot snøskred og steinsprang, jamfør geologinotat i vedlegg 5. Det er planlagt to påhogg for tunnelen slik at kraftverket kan byggast samtidig med tunneldrivinga.

Me meiner at ein ved å flytte kraftstasjonen ut i dagen reduserer kostnadane og risikoen i prosjektet. Det er til dømes fleire problemområde knytt til kraftstasjon i fjell som er dårleg belyst i konsesjonssøknaden.

## Kostnader

Basert på erfaringstal frå nye prosjekt av tilsvarende storleik, budsjettprisar på tunnelarbeid, røyr, luker og røyrdelar og innhenta tilbod på komplett elektro-mekanisk leveranse (med tre turbinar) og nye linjekostnader frå Sunnfjord Energi vert revidert kostnadsestimat:

**Tabell 1.** Kostnader ved bygging av Stardalen kraftverk.

	Kraftstasjon i dagen	Kraftstasjon i fjell	Konsesjonssøknad
	mill. kr	mill. kr	mill. kr
Dam og inntak	9,0	9,0	7,0
Sandfang	-	-	2,0
Vassveg og tunnel	75,3	70,0	38,0
Kraftstasjon, bygg	12,3	18,4	17,5
El. mek leveranse*	35,6	38,6	55,0
Transportanlegg	4,3	4,3	3,6
Kraftlinje	8,0	8,0	8,5
Planlegging + adm	9,0	9,0	9,5
Uforutsett	22,0	23,0	9,0
Finansiering	7,0	7,0	8,0
Erstatning etc	7,0	7,0	2,0
<b>Totalt</b>	<b>189,5</b>	<b>194,3</b>	<b>160,1</b>

\*) Tilleggskostnad for transformator i fjell er lagd til el.mek leveranse då tørrtrafo eller bygging av transformatorstasjon utanfor fjellet er dei mest sannsynlege alternativa for å redusere eksplosjonsfaren i fjell.

Revidert kostnadsestimat viser at det er om lag 5,2 mill kr å spare på å flytte kraftstasjonen ut i dagen. I høve konsesjonssøknaden er tunnelarbeid og vassveg vorte vesentleg dyrare medan det er sterk konkurranse og prisnedgang på elektromekaniske leveransar.

### *Problemområde og risiko*

I samband forprosjekt og fleire synfaringar i området er følgjande problem- og risikoområde identifiserte i prosjektet:

1. **Geologi.** Det er fjell med store spenningar (sprak). Dette har på tunnelprosjekt i nærleiken ført til redusert drifthastigheit pga ventetid etter utsprenging og meirkostnad til bolting og sprøytebetong, sjå rapport om geologi i vedlegg 5. Kostnader til relativt tett med fjellboltar og sprøytebetong i heile kraftstasjonen er inkludert ved bygging i fjell.
2. **Ur og steinsprang** Området for påhogg til kraftstasjon og avløpstunnel er plassert i eit område med ur med stor stein. Det er usikkerheit knytt til kor djup ura er før ein finn fast fjell. I Idriftsfase vil det vera nødvendig med to lange og kraftige portalar for å verne avløpskanalen og tilkomst til kraftstasjonen mot steinsprang og mindre snørås ved konsesjonsgjeven plassering. Alternativet ved plassering av fjell er tilkomsttunnel frå sørsida av Langeskorhaugen.
3. **Transformator i fjell.** Plassering av transformator i fjell byr på utfordringar både med tanke på eksplosjonsfare og varme. Det er vurdert fire ulike alternativ for transformatorløyising:
  - a. Tørrisolert transformator. Tørrisolert transformator er 50% dyrar i innkjøp, mindre driftsikker og har større varmetap enn oljeisolerte transformatorar. Utbyggar ynskjer difor ikkje denne løysinga av driftsmessige årsaker.
  - b. Eksplosjonssikker innkapsling. Eit separat hvelv i fjellet til transformatorane vil vere kostbart å bygga med betongpropp / betongfylte port mot kraftstasjonstunnelen. Vidare må transformatorane ha eit eige system med vannkjøling i undervatnet.
  - c. Trykkavlastingstunnel med ventilasjon gjev mindre eksplosjonstrykk og luft kan nyttast til ventilasjon. For Stardalen vert trykkavlastingstunnelen relativt lang og dermed dyr. I tillegg er det utfordring knytt til sikring av påhogget.
  - d. Flytte transformator ut i dagen er det mest akutelle alternativet. Dette krev dyre kablar og separate høg-spent brytarar, men oljefylt transformator med naturleg kjøling kan nyttast. Transformatoren må plasserast so langt frå fjellsida at rasfaren er minimal.
4. **Skredfare.** Fare for snøskred og steinsprang er nemnd i konsesjonssøknaden og det vert hevda at massedeponiet skal utformast slik at det fungerer som skredvoll. Dette er delvis rett, men massedeponiet vil ikkje sikre tunnelpåhogga utan lange og dyre portalar. Spesielt avløpstunnelen, men også tilkomsttunnel til kraftstasjonen er teikna inn i ura rett under fjellsida. Dette vart kommentert av Jølster kommune i høyringsrunden, /2/:  
*«Administrasjonen i Jølster Kommune krev geologisk skredvurdering utført av godkjent geolog og synast ikkje gjennomførte vurderingar og løysningar er godt nok forankra fagmessig. Ein geolog bør også sei noko om eventuell førebygging og lokalisering av denne»* I omsøkt endring er påhogget til tunnelen flytta til tunnelen til vestsida av myra, rett inn i Langeskorhaugen. Dermed unngå ein risiko knytt ura under fjellsida og massedeponiet kan etablerast som rasvoll langs heile fjellsida. Rasvollen vil også verne kraftstasjonen for aktuelle skred og steinsprang, jamfør geologirapport i Vedlegg 5. Dersom det ikkje vert gjeve løyve til kraftstasjon i dagen, ynskjer ein framleis å flytte tunnelpåhogga vekk frå rasutsatte område. Dette vart diskutert med sakshandsamar for detaljplan for Miljø og Landskap, Ole Per Schei under synfaringa i Stardalen.

### Arealbruk

Kraftstasjonsbygg med snu og parkeringsareal vil bandleggje om lag 3 daa permanent. På den andre sida vert kanalen i myra redusert med om lag 2 daa. Vidare vil transformatorstasjon utanfor fjell beslaglegge om lag 1,0 daa, som det ikkje vart teke høgde for i konsesjonssøknaden. Arealbruk til vegar, massedeponi og dam/inntak er vurdert til å vera like for dei to alternativa. Bandlagt areal vil dermed vera uendra ved å flytte kraftstasjonen ut av fjellet.

### **Fisk, ferskvassbiologi, flora og fauna**

Rådgivende Biologer AS ved Harald Sægrov og Linn Eilertsen har vurdert konsekvensar for fisk, ferskvassbiologi, flora og fauna og utalar mellom anna:

*«Dei nye planane for Stardalen kraft omfattar redusert minste slukeevne og plassering av kraftstasjon i dagen i staden for fjell. Kraftstasjonen er tenkt plassert mellom ein lokalitet med gråor-heggeskog inntil elva og ein gamal lauvskog i den bratte lia ovanfor det planlagde massedeponiet. Det må påreknast noko hogst i gråor-heggeskogen nærmast elva i samband med etablering av veg til kraftstasjonen, men ikkje i større grad enn om kraftstasjonen vart bygd i fjell, sidan det uansett er planlagt veg i dette området. Den gamle lauvskogen blir kun råka av massedeponiet. Når det gjeld fauna vil kraftstasjonen i liten grad gje auka barriereeffektar for viltet som trekker gjennom i området.*

(...)

- *Nye planar for Stardalen Kraft vil ikkje auke dei negative verknadane for flora og fauna i forhold til dei opprinnelege planane.»*

Sjå vedlegg 6 for utfyllande informasjon.

### **Konklusjonar**

- Reduksjon av minste driftsvassføring vil føre til 2,6GWh auka produksjon, fleire dagar med minstevassføring, men også færre start og stopp gjennom året. I tillegg vil tilhøva for fisk og ferskvassbiologi i liten grad bli påverka, men har ei positiv retning. Med bakgrunn i dette meiner me difor at den omsøkte endringa vil få større fordeler enn ulemper.
- Flytting av kraftstasjonen ut av fjellet vil redusere byggekostnaden for Stardalen kraftverk med om lag 5 mill kr. Like viktig er det at risikoen i prosjektet vert redusert ved at ein unngår bygging av kraftstasjon i fjell med mykje spenningar. Ein unngår ura under den bratte fjellsida og ein unngår risikoreduserande tiltak for transformator. Bandlagt areal ved å flytte kraftstasjonen ut av fjellet vil ikkje auke i høve tiltaket som det er gjeve konsesjon til og det er lagd ved på god arkitektonisk utforming av kraftstasjonen. Me meiner difor at fordelane ved å flytte kraftstasjonen ut av fjellet er større enn ulempene.

Ikkje nøl med å ta kontakt om dersom noko er uklart eller de treng ytterlagare informasjon. Me stiller gjerne til eit møte for å diskutere endringane dersom de ynskjer dette.

Med helsing  
Bystøl AS

Jens A. Melheim

Tlf: 41 21 55 17  
[jens@bystol.no](mailto:jens@bystol.no)

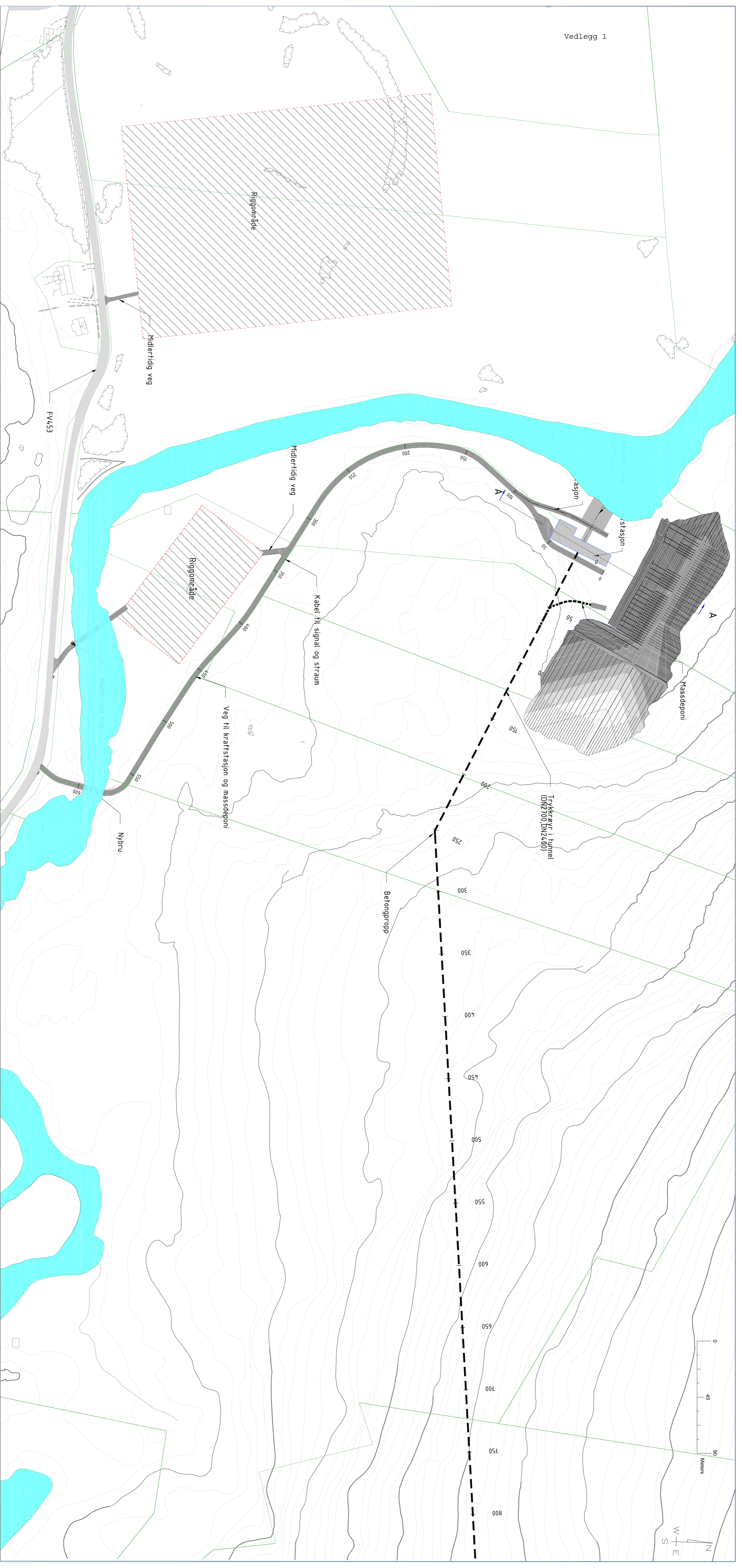
#### **Referansar**

1. Konesjonssøknad Stardalen Kraftverk
2. NVEs Innstilling til Stardalen Kraftverk, 28.06.2012

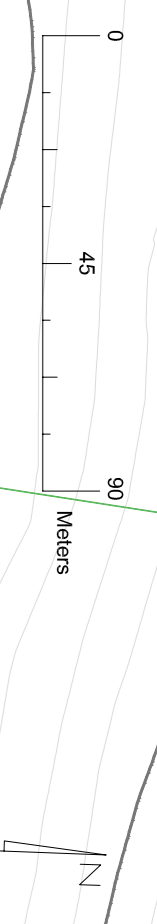
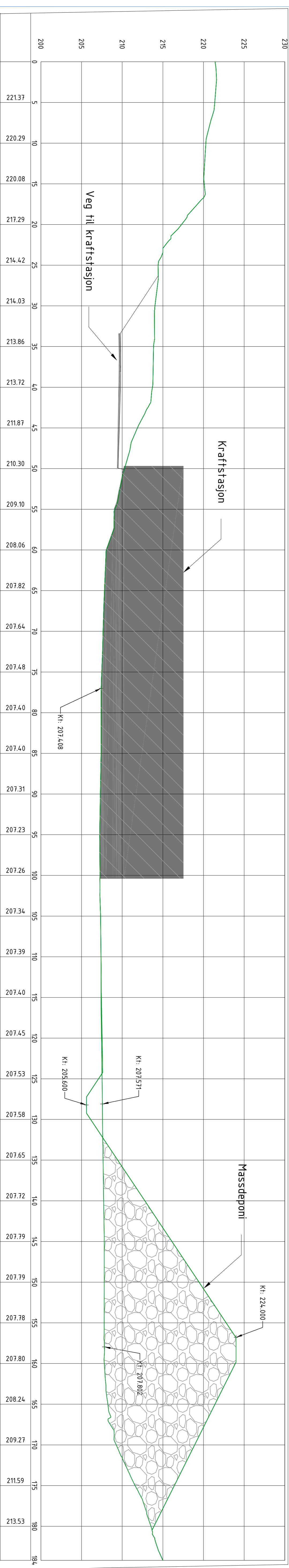
#### **Vedlegg**

1. Teikning nr 102. Situasjonsplan stasjonsområdet med terrengsnitt
2. Teikning nr 134. Fasadar kraftstasjon
3. Teikning nr 135. 3D-modell kraftstasjon
4. Illustrasjon av kraftstasjon og massedeponi
5. Stardalen Kraftverk – geologi. Svein Arne Drægner, Bystøl AS (Des. 2016)
6. Notat frå Rådgivende Biologer AS

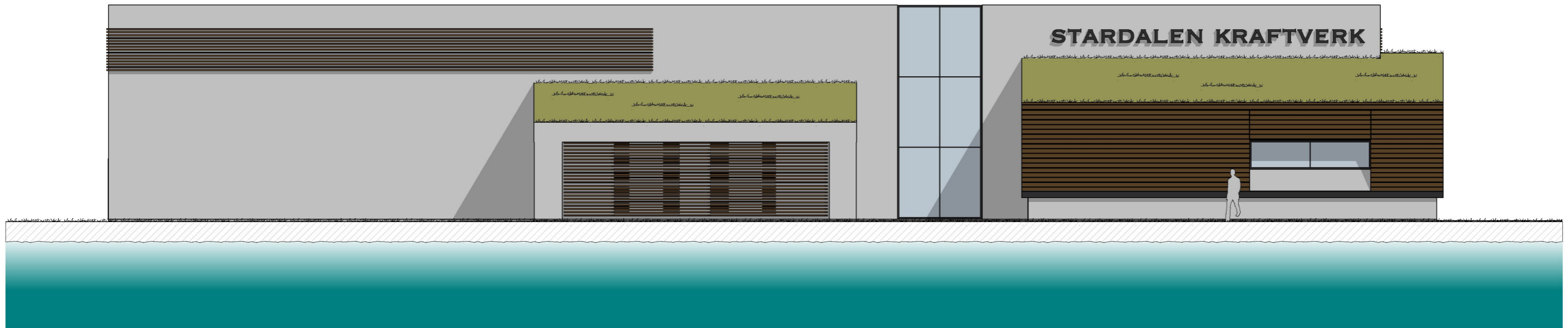




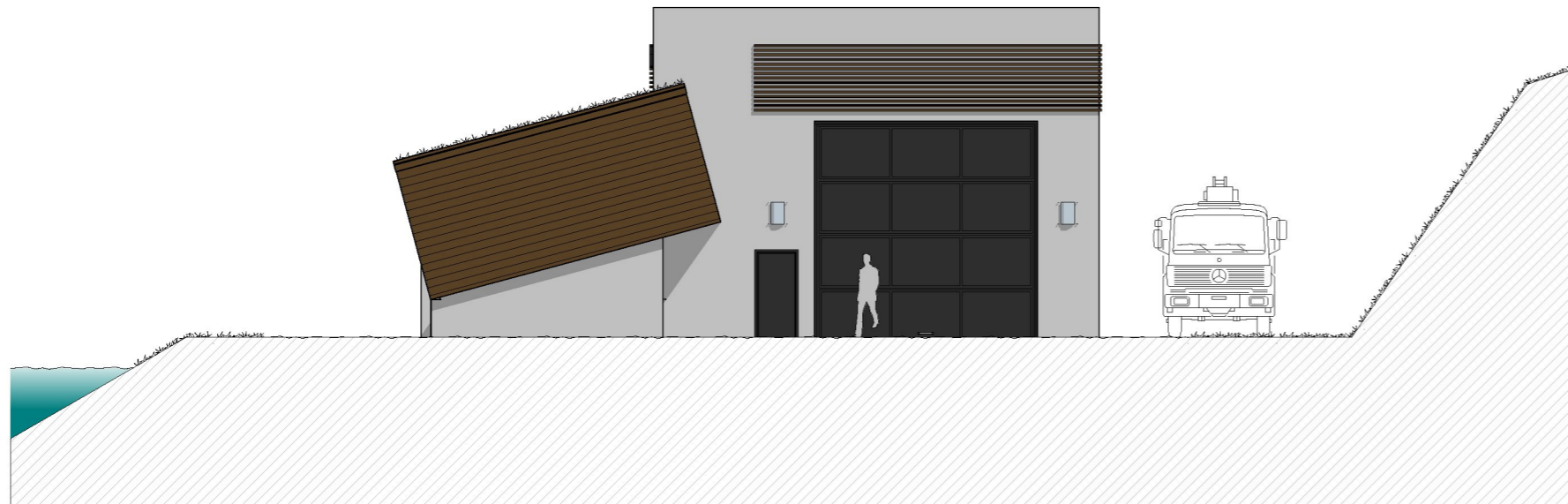
UTSNITT AA



<b>TINFOS AS</b> SITUASJONSPLAN OG SMITT STASJON	
13.01.2017 102-A	13.01.2017 PB JAN
1808	1808

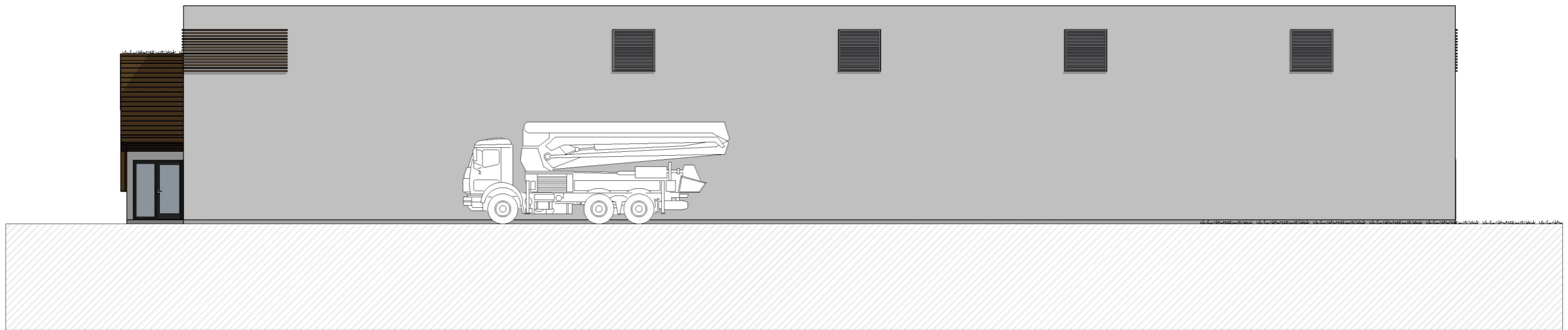


1:150 Fasade Nord



1:150 Fasade Vest

Prosjekt <b>Stardalen Kraftverk</b>		
Tiltakshaver <b>Bystøl</b> #Client Address1 #Client Postcode #Client City		
Prosjekterende: Thomas Frølund Bech <b>BECH ARKITEKTER AS</b> Postboks 115 Tlf: 90 92 09 66 6891 Vik i Sogn E-post: thomas@bechark.no		Gnr./Bnr./Festenr. <b>Gnr/Bnr</b>
© Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke		Dato <b>10.01.2017</b>
Tegning <b>Fasade Nord og Vest</b>		Målestokk <b>Papir:</b> <b>1:150 A3</b> Tegningsnr. <b>134-1</b>



1:150 Fasade Sør



1:150 Fasade Øst

Prosjekt <b>Stardalen Kraftverk</b>		
Tiltakshaver <b>Bystøl</b> #Client Address1 #Client Postcode #Client City		
Prosjekterende: Thomas Frølund Bech <b>BECH ARKITEKTER AS</b> Postboks 115 Tlf: 90 92 09 66 6891 Vik i Sogn E-post: thomas@bechark.no		Gnr./Bnr./Festenr. <b>Gnr/Bnr</b>
© Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke		Dato <b>10.01.2017</b>
Tegning <b>Fasade Sør og Øst</b>		Målestokk <b>1:150</b> Papir: <b>A3</b> Tegningsnr. <b>134-2</b>



Prosjekt <b>Stardalen Kraftverk</b>		
Tiltakshaver <b>Bystøl</b> #Client Address1 #Client Postcode #Client City		
Prosjekterende: Thomas Frølund Bech <b>BECH ARKITEKTER AS</b> Postboks 115 Tlf: 90 92 09 66 6891 Vik i Sogn E-post: thomas@bechark.no		Gnr./Bnr./Festnr. <b>Gnr/Bnr</b>
© Alle rettigheter tilhører utførende for prosjektering, kopiering eller bruk av disse tegningene er forbudt uten skriftlig samtykke		Dato <b>10.01.2017</b>
Tegning <b>3D illustrasjon</b>		Målestokk <b>Papir:</b> <b>A3</b>
		Tegningsnr. 135



# Tinfos AS

## Stardalen kraftverk

### Geologi

Utarbeida av: <b>S. A. Drægni</b>	Kontroll:	Dato:19.12.2016  <i>Rev.</i>
<b>Bystøl AS</b>	Tlf: 57 69 85 80 Fax: 57 69 85 81	e-post: <a href="mailto:post@bystol.no">post@bystol.no</a> web.: <a href="http://www.bystol.no">www.bystol.no</a>

# Innhold

1. Innleiing .....	2
1.1 Orientering .....	2
1.2 Synfaring.....	2
2. Topografi.....	2
3. Geologi.....	3
3.1 Kvartærgeologi .....	3
3.2 Berggrunnen .....	4
3.2.1 Nedstrøms påhogg .....	5
3.2.2 Tunneltraseen.....	7
3.2.2 Dam og inntak.....	8
4. Oppsprekking og svakheitssoner .....	9
5. Vurderingar .....	9
5.1 Stabilitetsforhold.....	10
5.2 Permeabilitet.....	11
5.3 Betongpropp .....	11
5.3.1 Plassering.....	11
5.3.2 Dimensjonering av betongpropp .....	12
5.4 Skred.....	12
5.4.1 Grunnlagsmateriale.....	14
5.4.2 Generell skredfare.....	14
5.4.3 Steinsprang .....	14
5.4.4 Snø- og sørpeskred .....	15
5.4.5 Jord- og flaumskred .....	16
5.4.6 Faresonegrense og førebyggande tiltak .....	16
6. Konklusjonar.....	17
7. Referansar .....	17

## 1. Innleiing

### 1.1 Orientering

Tinfos AS planlegg å byggje kraftverk i Stardalselva i Jølster kommune. NVE har gjeve kraftverket vassdragskonsesjon etter vannressurslova § 8. Kraftverket får ein installert effekt på omlag 18 MW og vil gi ein produksjon på omlag 50 Gwh. Største slukeevne til kraftverket er sett til 31,6 m<sup>3</sup>. Prosjektet består i inntak og dam med HRV på kote +266,5. Frå inntaket går vatnet i tunnel med areal på 25 m<sup>2</sup> ned til betongpropp på kote +209,5. Vidare går vatnet i røyr tunnel på 57 m<sup>2</sup> ned til kraftstasjonen på kote +204,3.

Dette notatet gir ein oversikt over dei geologiske forholda knytt til kraftstasjon, tunnel og damklassering.

### 1.2 Synfaring

Synfaring vart utført 23.11.2016. Tilstades ved synfaringa var Mads Nilsen (Tinfos AS), Jens Melheim, Pujan Bajracharya og Svein Arne Drægni (alle Bystøl AS).

## 2. Topografi

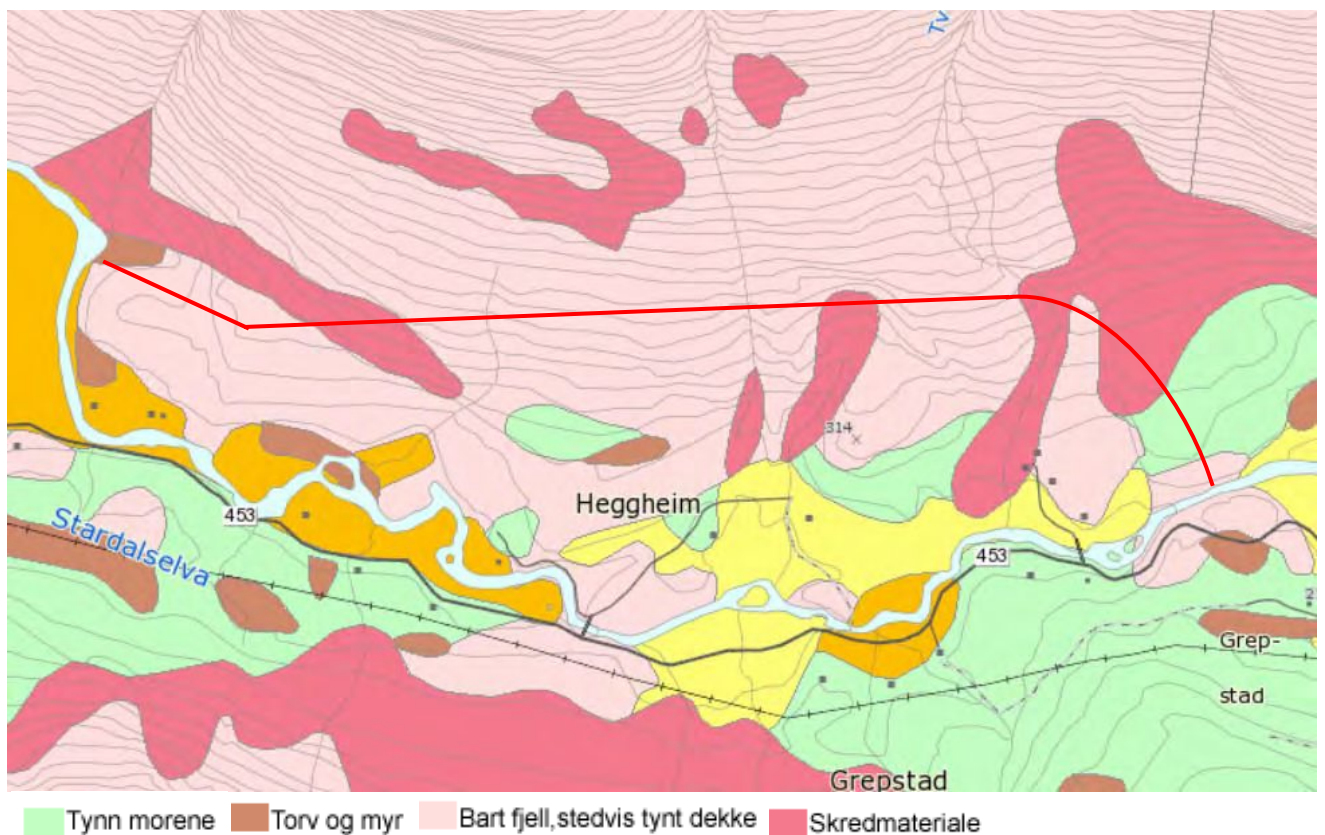
Kraftstasjonen ligg på elvesletta vest for Sauelia. Terrenget på elvesletta ligg på kote 207,5. Påhogg for røyr tunnelen er planlagt i ein bratt skråning med fjell i dagen. Toppen av denne skråninga ligg på kote +223. Vidare mot aust stig terrenget med om lag 1:6,5 til om lag pel 100. Her er det ei forsenking i terrenget med orientering nordaust-sørvest. Vidare mot aust stig terrenget i avsatsar med gjennomsnittleg stigning om lag 1:5 til profil 800. Høgaste overdekning i traseen er om lag 145 meter,

ved profil 1230. Frå dette punktet har traseen synkende overdekning, samt at den kryssar fleire forsenkingar i terrenget mot inntaket. Overdekning i dei to djupaste forsenkingane er 76 meter (ved pel 1670) og 52 meter (ved pel 2250). Frå inntaket stig terrenget om lag 1:4,5 fram til pel 2240. Her er overdekkinga om lag 30 meter. Vidare mot nord-nordvest flatar terrenget ut med stigning om lag 1:8.

### 3. Geologi

#### 3.1 Kwartærgeologi

Stardalen er ein U-dal med orientering aust-vest og er ein sidedal til Våtedalen, nord for Skei. Figur 1 viser lausmassekart frå NGU, [www.ngu.no](http://www.ngu.no). Kartet viser at traseen hovudsakeleg går gjennom område med fjell i dagen. Stadvis går den gjennom område med tynn morene og skredmateriale. Det generelle inntrykket er at det er lite lausmassar i traseen for tunnelen. Ved nedstrøms tunnelpåhogg er det fjell i dagen. Vidare austover mot området for betongproppen er det tett mellom fjellblotningane i traseen med unntak av forsenkingane i terrenget.



Figur 1: Lausmassekart, NGU ([www.ngu.no](http://www.ngu.no)). Plassering av tunnel er forsøkt vist med raud strek.

Frå betongproppen og vidare austover vart ikkje traseen synfart. Her har traseen >50 meter overdekning.

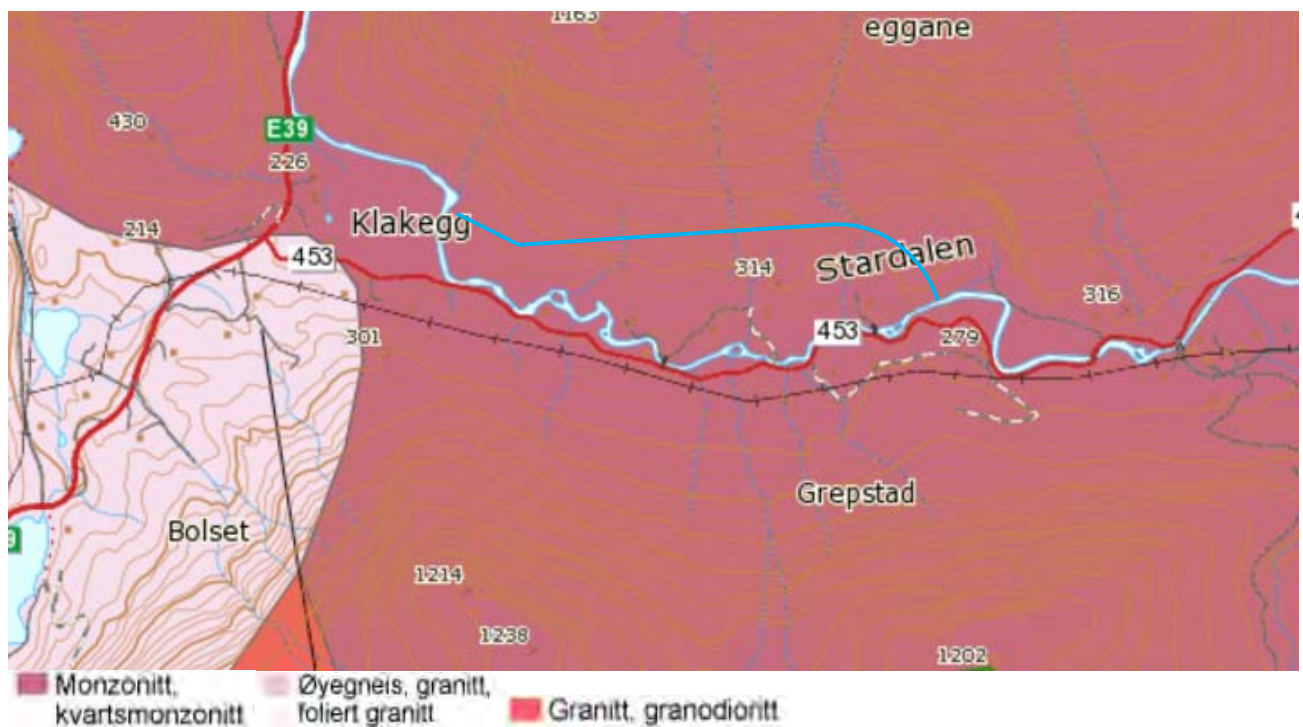
Ved inntaket er det fjell i dagen. I tunneltraseen frå inntaket og vidare mot nord-nordvest er det observert eit tynt lag lausmassar over fjell. I damfeste på sørsida av elva er det noko skredmateriale som truleg stammar frå skråninga over, sjå bilde 1. Det er observert fjell innanfor lausmassane, sjå bilde 1. I skråninga over damfeste kan det også vera vera nokre lause blokker som må reinskast ned eller boltast fast før arbeid med dammen kan starte. I damfeste på nordsida av elva er det fjell i dagen.





Bilde 1: Damstad, sørlege damfeste. Skredmassar over fjell.

### 3.2 Berggrunnen



Figur 2: Berggrunnsgeologisk kart over tiltaksområdet. Planlagt tunnel er markert med blå strek.

Bergarten i Stardalen er monzonitt. Monzonitt er ein magmatisk djupbergart. Dette betyr at den har krystallisert (størkna) sakte nede i jordskorpa, slik at krystallane har hatt lang tid til å veksa. Dette gjer

at bergarten er middels- til grovkorna. Mineralinnhaldet i bergarten består av noko kvarts og om lag like stor andel plagioklas og feldspat. Omdanning (metamorfose) under den svekonorvegiske og kaledonske fjellkjededannelsen har ført til at bergarten stadvis er omdanna til augegneis. Bergarten er del av eit stort massiv som strekker seg frå Fjærland i sør til Hornindal i nord.

I denne rapporten er strøk og fall angitt etter høgrehandsregelen. Ved høgrehandsregelen blir strøket oppgjeve mellom 0-360°. Strøket representerer skjæringslinja mellom ein planstruktur og horisontalplanet. Fallet til eit plan er vinkelen mellom planet og horisontalplanet. Fallretninga står alltid normalt på strøkretninga og fallet ligg alltid til høgre for strøket.

### 3.2.1 Nedstrøms påhogg

Ved nedstrøms påhogg er det observert kvartsmonzonitt. Bergarten viser blokkig oppsprekking. Tre ulike sprekkesett er observert, og følgjande målingar av strøk og fall vart utført:

Sprekkesett #1: 110/28

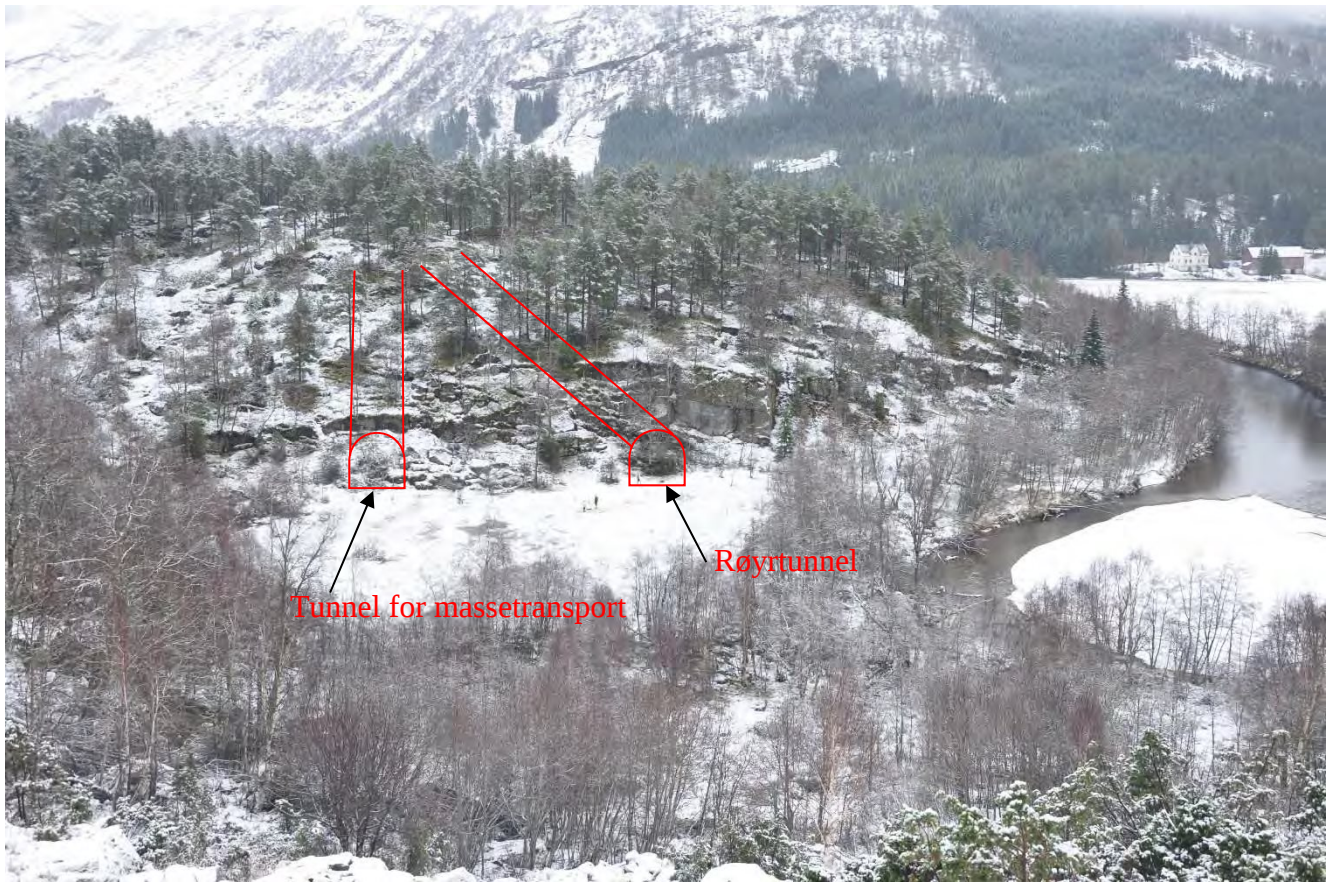
Sprekkesett #2: 278/63

Sprekkesett #3: 180/90



Bilde 2: Ved nedstrøms borholspåhogg. Sprekkesett er vist med piler.

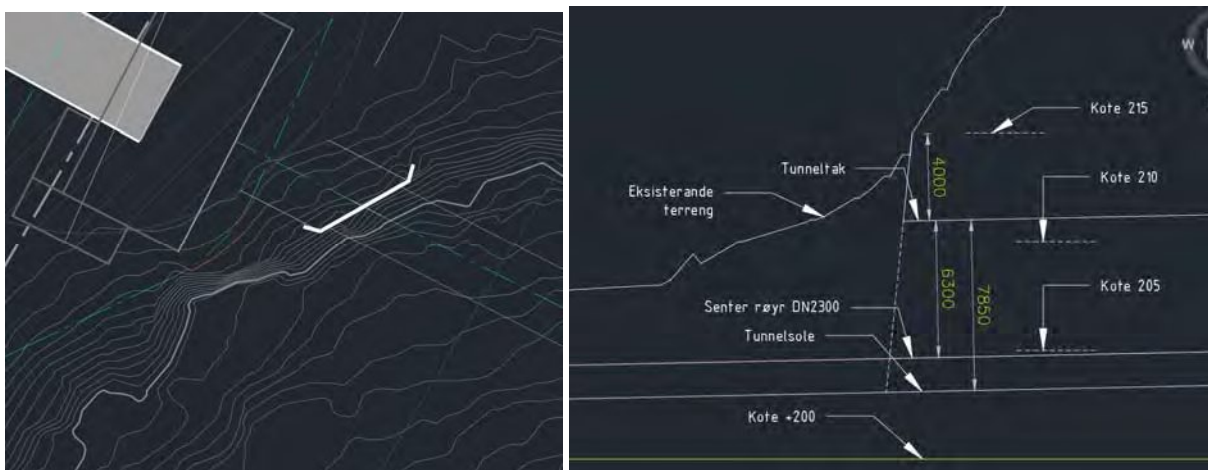
I dei blotningane som vart synfart var det i hovudsak stor avstand mellom sprekker (blokkig oppsprekking). Avstand mellom sprekker er minst langs sprekkeplan #1, med ned mot 0,5 meter. Avstanden mellom sprekker i sprekkesett #2 og #3 er hovudsakeleg >1 meter.



Bilde 3: Område for kraftstasjon og påhogg for tunnel.

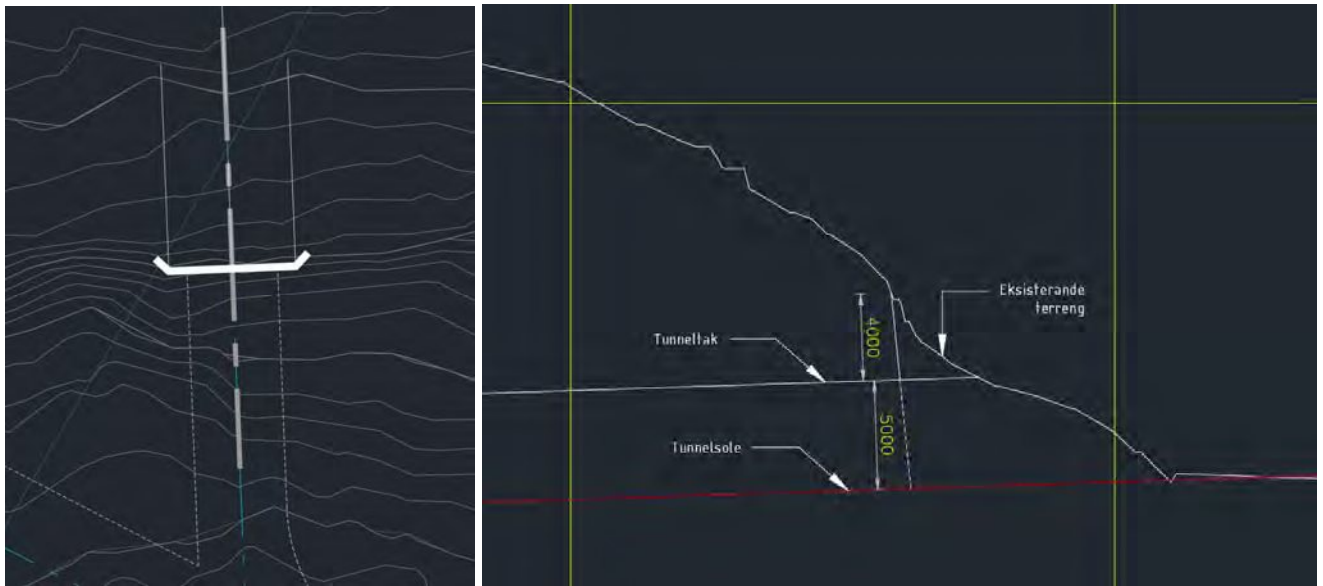
Under befaringa vart det sett på alternativ for påhogg for tunnelen diskutert. På grunn av dårleg plass mellom påhogg for røyr tunnelen og kraftstasjonen skal det etablerast to tunnelpåhogg i området for kraftstasjonen. Eit påhogg for røyr tunnelen og eit påhogg for massetransport når bygging av kraftstasjonen har starta. Dei to påhogga er vist på bilde 3.

For røyr tunnelen er det forventast ein om lag 10 meter lang forskjæring. Overdekningen blir då om lag 4 meter i påhogget, sjå figur 3.



Figur 3: Påhogg for røyr tunnelen, plan og snitt.

I tunnelen for massetransport er det forventet ein om lag 10 meter lang forskjæring. Overdekningen blir omlag 4 meter.

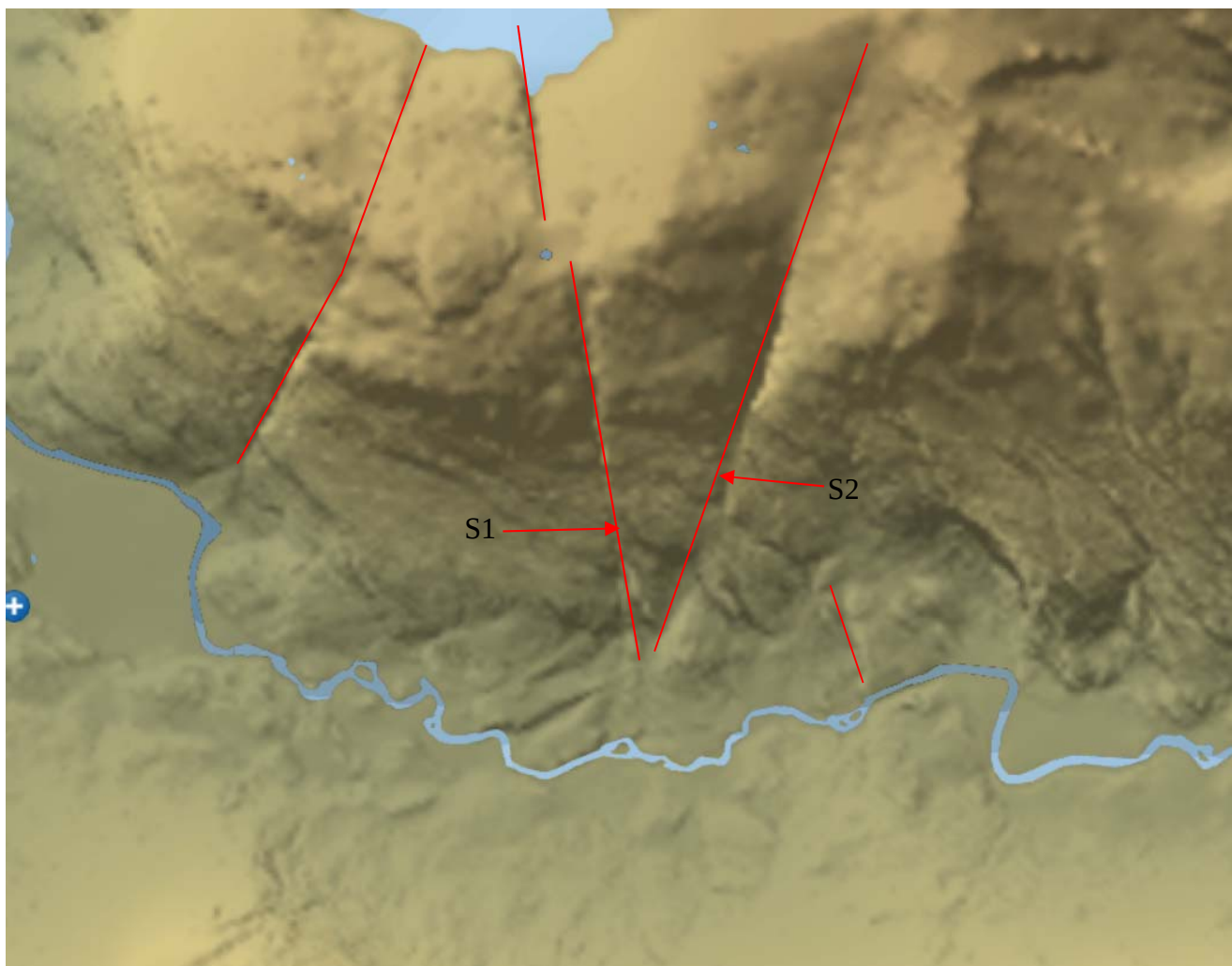


Figur 4: Påhogg tunnel for massetransport, plan og snitt.

### 3.2.2 Tunneltraseen

Mellom pel 25-150 har tunnelen overdekning mellom 12-20 meter. Her er det observert fjellblotningar i dagen på forhøgingar i terrenget, mens fjelloverflata er dekket av sediment i forsenkingar i terrenget. Fjellblotningane viser blokkig oppsprekking. Det er observert to forsenkingar i terrenget mellom påhogget og pel 250. Desse er omtala i kap. 4. Tunneltraseen vart synfart fram til pel 240, her stig terrenget opp til kote +262, og tunnelen har om lag 45 meter overdekning. I overgangen mellom rørtunnel og trykktunnel vil det bli støypt ein betongpropp. Denne er planlagt plassert ved pel 246. For vurderingar av plassering og dimensjonering av betongpropp, sjå kap. 5.

Vidare mot aust er ikkje tunneltraseen synfart. Vurderingane som utført er basert på flyfoto og geologisk kart. Omlag ved pel 1440 kryssar tunnelen under ein forsenking i terrenget. Ein bekk som drenerer Støylsvatnet renn i denne forsenkinga. Vidare mot aust kryssar tunnelen under ein forsenking i terrenget om lag ved pel 1680. I denne forsenkinga renn Tverrelva. Tunnelen kryssar også under forsenkingar i terrenget om lag ved pel 2130 og 2250.



**Figur 5: Terrenkart over tiltaksområdet, frå [www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no). To lineære strukturar, S1 og S2, i terrenget er observert i traseen for tunnelen. Desse er tolka til å vera svakheitssoner i fjellet.**

### 3.2.2 Dam og inntak

Ved dam og inntak er det fjell i dagen og bergarten er kvartsmonzonitt. Bergarten viser blokkig oppsprekking. Tre ulike sprekkesett er observert, og følgjande målingar av strøk og fall vart utført:

Sprekkesett #1: 57/50, 70/27

Sprekkesett #2: 304/43

Sprekkesett #3: 220/72, 257/80



Bilde 4: Område for dam og inntak, sett mot nedstrøms. Øvre og nedre bergartslag.

#### 4. Oppsprekking og svakheitssoner

Det er som tidlegare nevnt registrert tre hovudspekkesett i tiltaksområdet. Generelt vurderast bergmassen til å vera lite til middels oppsprukken, med enkelte tett oppsprukne soner. Svakheitssoner i traseen vil opptre som ei sone med utbredelse større enn ein meter som er tettare oppsprukke enn omliggjande fjell.

Identifisering av svakheitssoner kan utførast hjelp av innsamling av seismiske data og/eller kjerneboring. Det er ikkje utført slike undersøkingar for dette prosjektet. Identifisering av svake soner er utført ved hjelp av observasjonar på kart og i terrenget samt tolkningar av geologien i området.

Om lag ved pel 140 og 230 er det forsenkingar i terrenget. Desse kan indikere svakheitssoner i fjellet. Overdekninga er henholdsvis 19 og 32 meter. Sonene kryssar tunnelen om lag vinkelrett på tunnelen, noko som er fordelaktig. Vidare mot aust er det ikkje observert formasjonar i terrenget før ved pel 1440 (S1 på figur 5) og pel 1680 (S2 på figur 5). S1 har orientering om lag nord-sør og kan følgjast frå Heggheim og opp til Støylsvatnet. S2 har orientering nordaust-sørvest og kan følgjast frå Stardalen og nordover langs Tverrelva opp mot Trollebottseggane. Desse strukturane er høgst truleg svakheitssoner med anslagsvis 1-5 meters breidde. I tillegg til desse to er det observert lineære strukturar ved pel 1880 og 2240 som kan indikere svake soner i fjellet. Desse er ikkje like distinkte i terrenget og er derfor meir usikre enn S1 og S2.

#### 5. Vurderingar

Viktige geologiske forhold:

- Stabilitetsforhold og sikringsomfang i tunnel og påhogg. Sprekker og svakheitssoner.

- Fjelloverdekning.
- Hydrogeologiske forhold. lekkasje inn i tunnel under driving av tunnel og lekkasje ut av tunnel etter at den er trykksett.
- Dimensjonering og plassering av betongpropp
- Fare for skred

Entreprenøren kan på eigen risiko nytte vurderingane som er gjort i dette notatet i sitt tilbod og planleggingsarbeid. Han skal imidlertid også utføre sine egne vurderingar av grunn- og fjellforhold, og vurdere om han har behov for supplerande undersøkingar.

### 5.1 Stabilitetsforhold

Røyr tunnelen vil ha eit areal på om lag 60 m<sup>2</sup>, mens tunnelen for massetransport vil ha eit areal på 25 m<sup>2</sup>. Røyr tunnelen blir om lag 230 meter lang, mens tunnelen for massetransport vil bli om lag 20 meter lang. Påhogget til tunnelane vil ha liten overdekning. Det same gjeld heile tunnelen for massetransport og dei første 150 meterane for røyr tunnelen. Det må forventast at det vil bli behov for forbolting med 6 meter lange fullt innstøpte kamstålboltar rundt dei to påhogga og dei første 10-12 meterane av tunnelane. Dette vil seie tre omgangar med henholdsvis 15 og 25 boltar i kvar omgang. Det vil venteleg vera tilstykkeleg med boltesikring av tunnel påhogga. Det er ikkje forventa behov for sikring med sprøytebetong i tunnel påhogga.

Røyr tunnelen skal i framtida vera sikra mot nedfall på dei to trykkrøyra, samt at det skal vera trygt for personar som skal utføre inspeksjonar i tunnelen når anlegget er sett i drift. Røyr tunnelen er om lag 220 meter lang og det må forventast behov for om lag 5 sikringsboltar for kvar meter tunnel. Ved kryssing av sprekkesoner/svakheitssoner må det forventast at ein må sikre med tettare boltemønster (5-8 boltar pr meter), samt bruk av sprøytebetong (1,5-2 m<sup>3</sup> pr meter tunnel) Vi antek at dette blir aktuelt i 2 parti i tunnelen der kvart parti er 5-10 meter lange.

Trykktunnelen vil bli om lag 2350 meter lang. Vi antek at denne tunnelen vil bli arbeidssikra til eit nivå som kan tilfredstille kravet til permanent sikring. Dette vil seie anslagsvis 3 boltar pr. meter tunnel. Ved kryssing av sprekkesoner/svakheitssoner må det forventast at ein må sikre med tettare boltemønster (4-5 boltar pr meter), samt bruk av sprøytebetong (1,0 m<sup>3</sup> pr meter tunnel) Vi antek at dette blir aktuelt i 4 parti i tunnelen der kvart parti er 5-10 meter lange.

	Spilingsboltar, 6 meter lange, fullt innstøpte, antal	Sikringsboltar 3,0 m lange, fullt innstøpte eller endeforankra, antal	Sikringsboltar 4,0 m lange, fullt innstøpte eller endeforankra, antal	Sprøytebetong, energiklasse E1000, med fiber, kubikkmeter
Røyr tunnel 0-20 meter	75	50	50	
Røyr tunnel 20-220 meter		700	300	50
Tunnel for massetransport 0-20 meter	45	50	50	
Trykktunnel		5000	2000	100
Sum	120	5800	2400	150

Figur 6: Sikringsanslag tunnel.

Mengdene innebær stor usikkerheit då dei kun er gjort på grunnlag av befaringa.

For tunnelpåhogg ved dam og inntak må siste salve ut mot dagen borast opp og skytast frå oppstrøms side. Massane kan ligge etter sprenging og lastast ut frå nedstrøms side.

Under driving av tunnel i dette området har det vore problem med redusert inndrift i tunnelen pga spenningar (sprak). Det er derfor forventa at ein kan støyte på problem med spenningar også i tunnelen i Stardalen kraftverk.

På nordsida av elva vil det nedre bergartslaget venteleg gi gode fundamenteringstilhøve for dammen, sjå bilde 5. Det øvre bergartslaget er avløyst av dei tre hovudsprekkesetta i området. Det vart observert to sprekker (sprekkesett #3) med steilt fall som går om lag parallelt med elva. Blokka som er vist på bilde 5 er dermed avløyst i underkant og bakkant og må fjernast før etablering av dammen. Det må reinskast til fast fjell før etablering av damfot. Tunnel og grop for inntak skal sprengast ut på nordsida av elva. Det må derfor forventast behov for insjeksjon av fjellet på denne sida av elva og i damfoten. Opplegget for daminjeksjon må omfatte vanntapsmålingar, djupinjeksjon og kontaktinjeksjon mellom betong og fjell. På sørsida av elva må skråninga over dammen gåast over av eit reinskelag før etablering av dammen. Dette arbeidet innebær rydding av skog, reinsking av lausmassar/blokker og bolting av blokker. Blokkene like over damvederlaget er blokker som bør boltast.

## 5.2 Permeabilitet

Tunnelen vil bli driven i kvartsmonzonitt. Massiv monzonitt vil vera tilnærma impermeabel. Den sekundære permeabiliteten, dvs permeabilitet langs sprekker, kan derimot vera stor. I området ved betongproppen er det ikkje indikasjonar i terrenget som tilseier at fjellet vil vera meir oppsprukke enn omliggande fjell. Dersom ein ved inspeksjon ved området for betongproppen finn at fjellet er tett oppsprukke bør det vurderast å flytte betongproppen lenger mot oppstraums til eit område der det er betre fjell.

Innlekkasje i tunnelen under driving er forventa som kortvarige vannlekkasjar som avtek etter kort tid. Det er ikkje venta vasslekkasjar som fører til behov for injeksjon framfor stuff, men vi vil likevel tilrå at post for dette blir inkludert i tilfelle det blir behov for det.

I damfot og vederlag må alt laust fjell fjernast. Tetting må utførast med injeksjon. Vi vil tilrå at det blir bora 2 hol langs damaksen. Det blir utført vanntapsmåling i desse hola, og deretter kan ein setje opp eit injeksjonsopplegg. I tillegg vil vi tilrå at det blir nytta fugeband og injeksjonsslangar mellom betong og fjell i damfoten.

## 5.3 Betongpropp

### 5.3.1 Plassering

For å leda vatnet frå trykktunnelen og over i røyrsgata skal det byggjast ein betongpropp i fjellet. Det er planlagt å byggje betongproppen på kote +215. Berekning for plassering av botongproppen er utført med følgjande føresetnader:

- Vasstrykk = 55 meter
- Terrenghelling = 11 grader
- Eigenvekt bergmasse = 26 kN/m<sup>3</sup>
- Sikkerheitsfaktor = 1,5

Berekninga viser at betongproppen må ha ein overdekning til alle sider på minimum 32 meter. Etter at tunnelen er sprengt ut bør det utførast ein geologisk inspeksjon ved betongproppen.



### 5.3.2 Dimensjonering av betongpropp

I høve /1/ skal betongproppen tilfredstille tre krav:

- 1) Skjærspenningen i kontaktflata mellom betong og fjell skal ikkje setjast høgare enn 0,35 N/mm<sup>2</sup>.
- 2) Hydraulisk trykkgradient langs betongproppen skal vera mindre enn 0,5 N/mm<sup>2</sup>/m eller 50 m vanntrykk pr. meter propplengde.
- 3) Lengden på betongproppen skal vera minst 2 gonger største tverrsnittsdimensjon, høgde eller breidde av tunnelen. Betongproppar i store tunnelar med låge vanntrykk (mindre enn 100 m) kan og bør vurderast spesielt.

- 1) Skjærspenning:
  - Trykkstøt: 34%
  - Lastfaktor: 1,2
  - Tverrsnitt betongpropp: 20 m<sup>2</sup>
  - Dimensjonerande vanntrykk: 17720 kN
  - Omkrets betongpropp: 25 meter
  - **Dimensjonerade lengde krav 1: 2,0 meter**

- 2) Hydraulisk trykkgradient:
  - Trykkhøgde: 55,1 mvs
  - **Dimensjonerande lengde krav 2: 1,1 meter**

- 3) 2x største av høgde eller breidde:
  - Høgde: 4 meter
  - Breidde: 8 meter
  - **Dimensjonerande lengde krav 3: 16,0 meter**

Krav 3 fører til urimeleg store dimensjonar for betongproppen. Uansett bør proppen vera minimum vera største av b eller h for å fordela vanntrykket ut i tunnelsidene. Betongproppen bør derfor vera 8 meter lang.

### 5.4 Skred

TEK 10 stiller krav til at byggverk blir plassert i sikkerheitsklasse. Dei ulike sikkerheitsklassane har krav til sannsynet for at eit skred vil råke byggverket. Dersom byggverk ligg i skredfarleg område kan det dimensjonerast eller sikrast mot skred slik at kravet til sannsyn ikkje ligg over kravet til sikkerheitsklassen som tiltaket tilhøyrer. Etter våre vurderingar ligg kraftstasjonen for Stardalen kraftverk i sikkerheitsklasse S2, med største tillete årlege sannsyn for skred lik 1/1000 (eit skred pr. tusen år). Tilhøyrande uteareal blir vurdert til å liggje i sikkerheitsklasse S1, med største tillete årlege sannsyn for skred lik 1/100.

Sikkerheitsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Figur 7: Sikkerheitsklassar ved plassering av bygg i skredfareområde.

I rettleiar til TEK10 er det beskrive om sikkerheitsklasse S2:

«Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

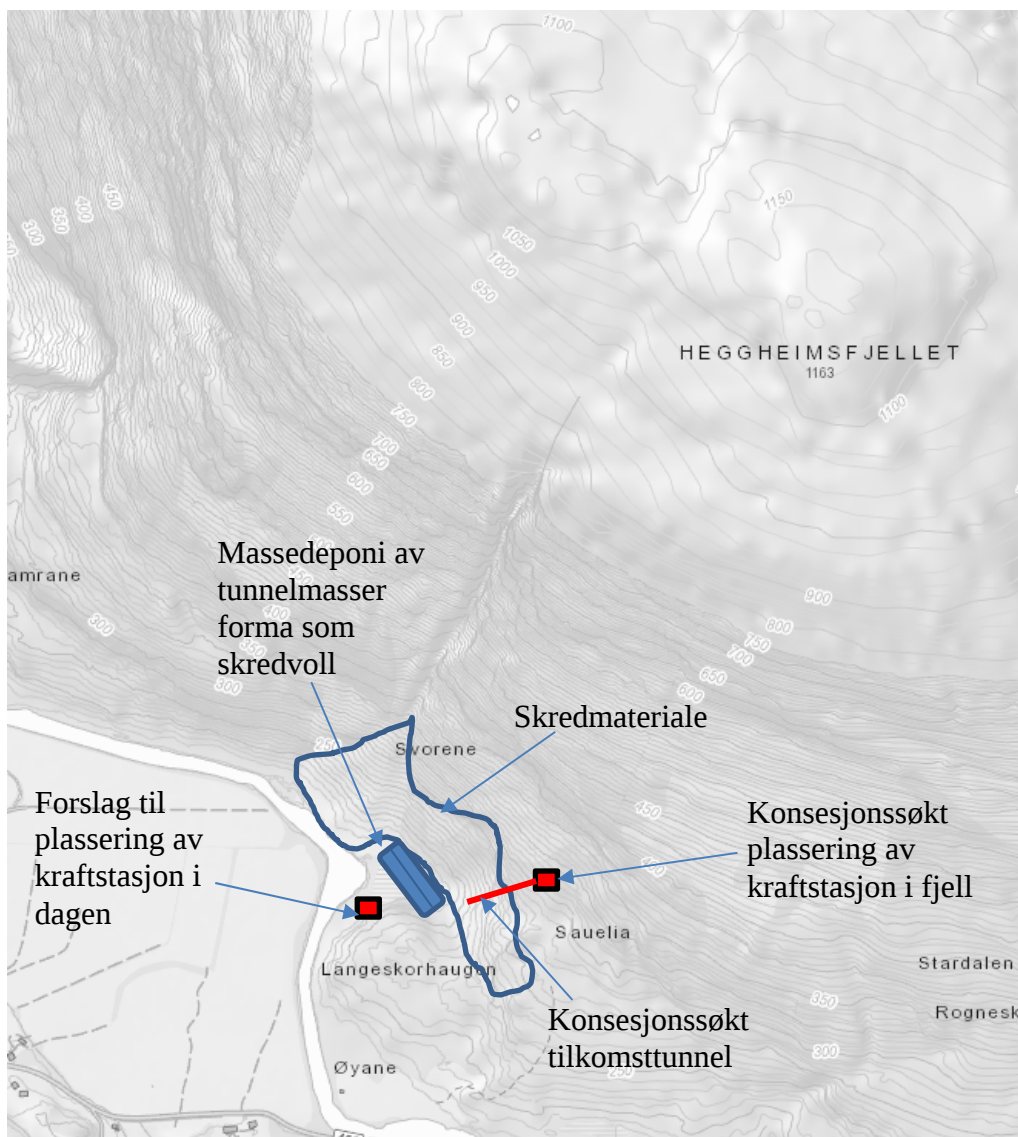
Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er: enebolig, tomannsbolig og eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med maksimum 10 boenheter.

- arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg maksimum 25 personer. Byggverk der det er nødvendig å kreve et høyere sikkerhetsnivå ut fra hensynet til personsikkerhet inngår i sikkerhetsklasse S3, eksempelvis sykehjem, skole og barnehage.
- driftsbygning i landbruket
- parkeringshus og havneanlegg

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S2 kan kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal reduseres til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S1 (1/100). Dette fordi eksponeringstiden for personer og dermed faren for liv og helse normalt vil være vesentlig lavere utenfor bygningene.»

Eit kraftverk i drift vil ha lite personopphald. Dersom det skal opphalda seg meir enn 25 personar i kraftstasjonen vil den havne i sikkerheitsklasse S3. Etter vår vurdering havnar kraftstasjonen i sikkerheitsklasse S2. Uteområdet nord for kraftstasjonen vil ha lite personopphald. Vi vurderer det derfor slik at uteområde kan plasserast i sikkerheitsklasse S1.

Stardalen kraftverk er gjeve konsesjon med kraftstasjonen i fjell i Saueia, sjå figur 6. På grunn av høge kostnader ved kraftstasjonens plassering i fjell ynskjer Tinfos å flytte kraftstasjonen ut i dagen. For omsøkt alternativ vil sjølve kraftstasjonen vera sikra mot skred, men tilkomsten (tunnelpåhogg og veg) vil bli plassert i skredfarleg område. Ved plassering av kraftstasjon i dagen vil bygget ligge innafor område fareområde for skred på kart frå NVE. Dette kapittelet vil ta føre seg skredfare for kraftstasjon plassert i dagen.



Figur 6: Terrengekart over tiltaksområdet. To alternative plasseringar for kraftstasjon er vist med raudt.

#### 5.4.1 Grunnlagsmateriale

Grunnlag for vurderingane er:

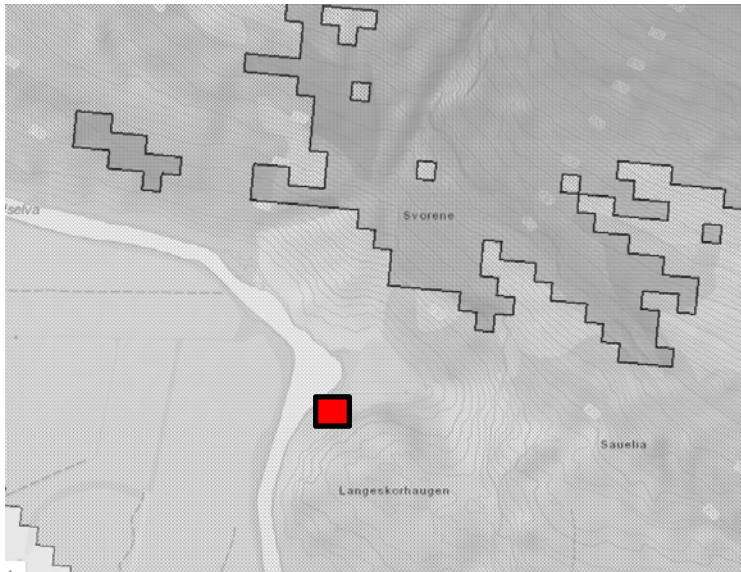
- Kart og 3D-terrengmodell frå [www.norgeskart.no](http://www.norgeskart.no)
- Berggrunnskart og lausmassekart frå [www.ngu.no](http://www.ngu.no)
- Aktsomheitskart for skred frå [www.skrednett.no](http://www.skrednett.no)

#### 5.4.2 Generell skredfare

Planlagt plassering av kraftstasjonen ligg innafør NVE sine aktsemdsområde både med omsyn til snøskred og steinsprang. Etter våre vurderingar vil steinsprang vera dimensjonerande skredtype i området for kraftstasjonen.

#### 5.4.3 Steinsprang

Det er ikkje observert ferske blokknedfall i det kartlagde området. Urmassane nordaust for kraftstasjonen har fot om lag 100 meter frå planlagt kraftstasjon. Det er observert blokker på myrområdet mellom ura og kraftstasjonen. Det er antekje at desse blokkene stammar frå steinsprang. I fjellsida er det observert fleire blokkparti med oppsprekking langs dei tre hovudsprekkesetta i området. Langtidsstabiliteten til desse blokkene er ukjent. Det kan ikkje utelukkast utfall av blokker med sannsyn større enn sikkerheitsklassen til bygget ligg innanfor. Faren for steinsprang som kan råke planlagt kraftstasjon vurderast som begrensa men tilstades.



Figur 7: Steinsprang aktsomheit, NVE.

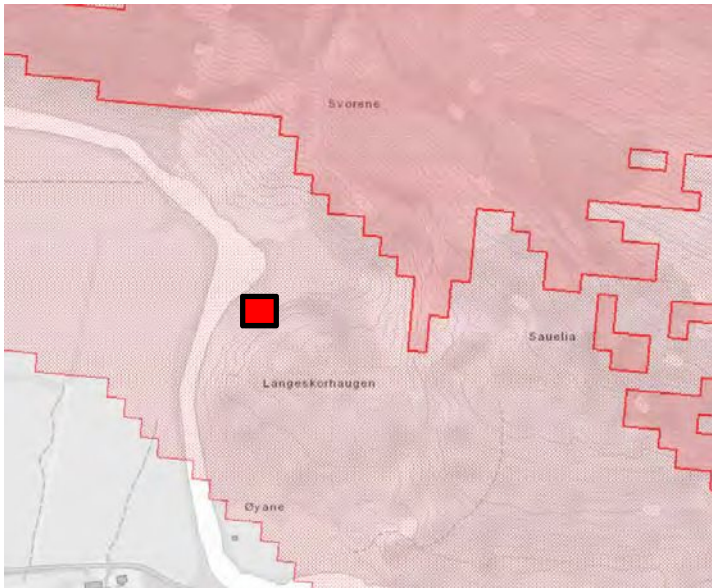


Bilde 5: Fjellsida nordaust for kraftstasjonen. Raude sirklar viser potensielle løysneområde for steinsprang.

#### 5.4.4 Snø- og sørpeskred

I dalsida ovanfor kraftstasjonen er det fjell i dagen om lag frå kote +250 og opp til kote +950. Hellinga på dalsida saman med låg ruheit i fjellsida fører til at snø ikkje legg seg i denne delen av dalsida. Utglidingar skjer kort tid etter snøfall som små skred med begrensa utstrekning. Frå kote +950 og opp til kote +1100 er hellinga noko slakare enn lenger nede med hellingar på om lag 1:2-2,5. I dette området er det potensiale for at det kan akkumulere store nok snømengder til at ein kan få danna snøskred. Etter våre vurderingar er topografien i dalsida slik at snøskred frå denne høgda vil bli leda mot skredløpet nordvest for kraftstasjonen. I tillegg vil eit skred frå denne høgda bli fordelt utover når det blir transportert frå kote +900 og ned til kote +200. Gjelet over rasvifta ved Svorene, nordvest for kraftstasjonsområdet, vil kunne vera utsett for både snø- og sørpeskred. Orienteringa på gjelet er slik at

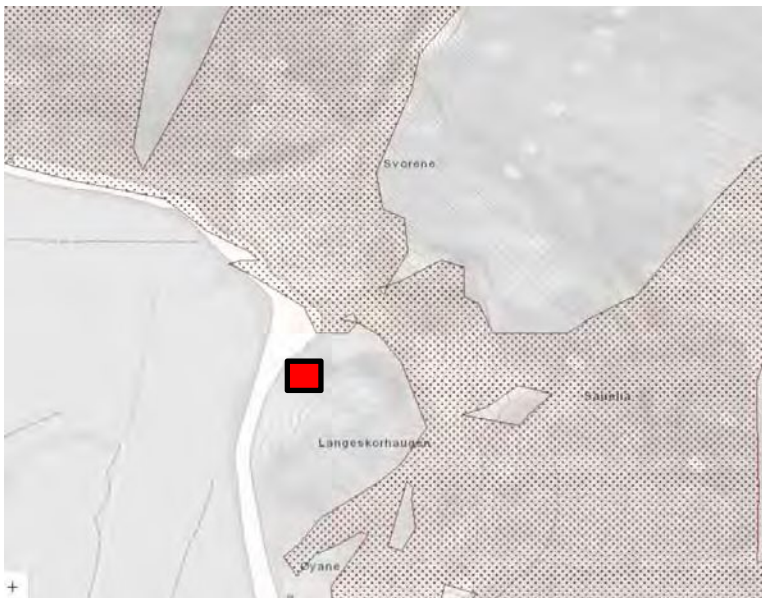
det er vurdert til å ikkje vera fare for at skred vil kunne råke kraftstasjonen. Samla sett vurderast området for kraftstasjonen til å ha tilstrekkeleg tryggleik mot snøskred.



Figur 8: Snøskred aktsomheit, NVE.

#### 5.4.5 Jord- og flaumskred

Kraftstasjonen ligg utanfor aksemdsområdet for jord- og flaumskred på kartet frå NVE. Ura nordaust for kraftstasjonen ligg på rasvinkel, men har begrensa utbredelse. I tillegg ligg foten av ura om lag 100 meter frå planlagt kraftstasjon. Kraftstasjonen er vurdert til å ikkje vera utsett for jord- og flaumskred.



Figur 9: Jord- og flaumskred aktsomheit, NVE.

#### 5.4.6 Faresonegrense og førebyggjande tiltak

Etter våre vurderingar er steinsprang dimensjonerande skredtype for området for kraftstasjonen. Tunneldrifta vil føre til eit stort masseoverskot i kraftverkprosjektet. Tunnelen skal drivast frå nedstrøms side av tunnelen og det er derfor behov for massedeponi i området for kraftstasjonen. Masseoverskotet er planlagt lagt ut som ein skredvull på myrområdet mellom kraftstasjonen og foten av ura. Tilgjengelege massar vil føre til ein skredvullen med høgde på 6 meter over dagens nivå på myrområdet ved kraftstasjonen. Ved å utføre dette sikringstiltaket vil kravet til tryggleik for sikkerheitsklasse S2 etter våre vurderingar vera oppfylt.

## **6. Konklusjonar**

Tinfos AS planlegg å byggje ut Stardalen kraftverk. Anlegget består av dam og inntak, trykktunnel, betongpropp, røyr tunnel og kraftstasjon. Tunnellengden blir om lag 2,6 km lang, med om lag 0,25 km røyr tunnel og 2,35 km trykktunnel. Bergarten i området er kvartsmonzonitt som er middels til lite oppsprukke. Forholda for tunneldriving er vurdert som middels gode. Tunnelen har låg overdekning i nedstrøms ende. Bergsikring i tunnelen vil venteleg omfatte bolting og sprøytebetong. Det er ikkje venta behov for injeksjon mot vannlekkasjar i tunnelen.

Kraftstasjonen er plassert i sikkerheitsklasse S2 med omsyn til skred. Dimensjonerande skredtype er etter vår vurdering steinsprang. Ved å utføre planlagde sikringstiltaket vil kravet til tryggleik for sikkerheitsklasse S2 vera oppfylt.

## **7. Referansar**

/1/ NVE: Retningslinjer for stenge- og tappeorganer, rør og tverrslagsporter (1 - 2011)



## Stardalen kraft AS; endra slukeevne og kraftstasjon i dagen. Konsekvensar for fisk, ferskvassbiologi, flora og fauna.

**Av:** Harald Sægrov og Linn Eilertsen

**Til:** Tinfos AS

**Dato:** 23.02.2017

Stardalen kraft AS har fått konsesjon til kraftutbygging i Stardalselva i Breimsvassdraget i Sogn og Fjordane. Ved inntaket er middelvassføringa berekna til 12,64 m<sup>3</sup>/s, 5-percentil om sommaren er berekna til 5,45 m<sup>3</sup>/s og om vinteren til 1 m<sup>3</sup>/s (frå NVEs innstilling 2012). Største og minste slukeevne i kraftverket er 31,6 m<sup>3</sup>/s og 2,5 m<sup>3</sup>/s. Det er sett krav til minste vassføring på 2,0 m<sup>3</sup>/s i sommarhalvåret og 0,5 m<sup>3</sup>/s i vinterhalvåret.

Utbyggar ynskjer å installere ein tredje turbin i kraftverket med minste slukeevne på 1,0 m<sup>3</sup>/s. Det er vidare ynskje om å bygge kraftstasjon i dagen i staden for i fjell som først vart omsøkt. Rådgivende Biologer AS er blitt førespurt om å gje ei vurdering av kva konsekvensar desse endringane kan få for fiske, ferskvassbiologi, flora og fauna. Det er tidlegare utarbeidd konsekvensvurdering til søknaden som låg til grunn for NVEs innstilling i 2012 (Mork 2010).

Reduksjon i minste slukeevne vil gje lengre periodar med kontinuerleg drift av kraftverket og i eit normalår er det berekna at antal dagar med drift og minstevassføring vil auke frå 257 til 336. Det er berekna at det blir 29 dagar med overløp på dammen, som er i situasjonar då vassføringa er høgare enn største slukeevne på 31,6 m<sup>3</sup>/s pluss minstevassføring, og vil ikkje endre seg ved installasjon av ein tredje turbin. Ved minste slukeevne på 1 m<sup>3</sup>/s vil det ikkje bli stans i drifta av kraftverket på grunn av vassføringssituasjonen, samanlikna med 13 dagar med oppstart etter stopp ved minste slukeevne på 2,5 m<sup>3</sup>/s. Med minste slukeevne på 1 m<sup>3</sup>/s vil kraftverket stå i 102 dagar i eit tørt år og det blir seks dagar då kraftverket startar opp etter å ha blitt stoppa.

Ved minste slukeevne på 1 m<sup>3</sup>/s vil kraftverket stanse når tilsiget blir lågare enn 1,5 m<sup>3</sup>/s i vinterhalvåret (1. oktober til 30. april) og lågare enn 3,0 m<sup>3</sup>/s i sommarhalvåret (1. mai til 30. september). Når kraftverket stansar vil det raskt byrje å renne vatn over dammen og vassføringa aukar på den 3,4 km lange strekninga mellom dammen og avløpet frå kraftverket. Med ei anteken vasshatigheit på 0,5 m/s vil vatnet bruke om lag to timar på denne strekninga. Når tilsiget aukar vil kraftverket starte og berre minstevassføringa blir sleppt forbi dammen. Når kraftverket startar opp i vinterhalvåret vil vassføringa nedom dammen bli redusert frå 1,5 m<sup>3</sup>/s til 0,5 m<sup>3</sup>/s, dvs. 67 % reduksjon. I vinterhalvåret er det lite tilsig frå restfeltet og reduksjonen blir om lag den same på heile strekninga ned til avløpet frå kraftverket. I sommarhalvåret vil vassføringa bli redusert frå 3 til 2 m<sup>3</sup>/s (33 % reduksjon). Nedom avløpet frå kraftverket vil vassføringa bli endra ved stans i kraftverket på same måte som når kraftverket startar oppom. Ved ei minste slukeevne på 2,5 m<sup>3</sup>/s vil vassføringa i vinterhalvåret bli redusert med 83 %, i sommarhalvåret med 56 %, altså betydeleg større endring enn ved minste slukeevne på 1 m<sup>3</sup>/s.

### Fisk og ferskvassbiologi

På strekninga i Stardalselva mellom dammen og avløpet frå kraftverket vekslar elva mellom hølar og strykparti dominert med blokk og stein, men i den nedste delen flatar elva ut og renn rolegare. Frå avløpet frå kraftverket renn elva vidare flat og roleg på ei 2,7 km lang elvestrekning. 1,2 km nedstrøms avløpet er det ein naturleg terskel og eit kort strykparti før elva igjen renn flat og roleg 1,5 km nedover

til neste terskel og eit strykperti med foss. Tersklane og fossen dempar raske endringar i vasstand. Elva er 25-40 meter brei på strekninga.

Kor mykje botnareal som blir tørrlagt ved stopp og start er avhengig av vassføringa før endringa og kor mykje denne blir redusert. Høvet mellom vassdekt areal og vassføring er ikkje lineært, og det blir tørrlagt mest areal når reduksjonen skjer ved låge vassføringar. Det er dermed størst risiko for stranding av fisk og botndyr når vasstanden blir redusert ved låg vassføring. Dersom elva er forma som ei renne med flat botn og bratte elvekantar vil det meste av elvebotnen vere vassdekt sjølv ved svært låge vassføringar, og på slike parti er strandingsfaren liten.

Det er vanlegvis langt fleire fiskeyngel i ei elv enn det er mat og plass til av vaksne fisk. Antal fisk avtek difor med aukande alder på grunn av tettleiksavhengig dødelegheit (Myers mfl. 1997). Dersom årsyngel dør t.d. på grunn av stranding, vil dette medføre at det blir lågare tettleiksavhengig dødelegheit på eldre stadium. Dette var truleg årsaka til at modellert smoltproduksjon i Daleelva i Hordaland var mest påverka av strandingsdødelegheit for eldre lakseungar og mindre påverka av strandingsdødelegheit for årsyngel (Sauterleute mfl. 2016). Eldre og større fisk kan respondere raskt på brå reduksjon i vasstand og kjem seg ut på djupare vatn, men dette er avhengig av substrat og utforming av elveløp. Dødelegheita ved stranding for både fisk og botndyr er også avhengig av kor lang tid det går før området igjen blir vassdekt, for dei kan leve ei god stund dersom dei er nede i substratet eller dekt av mose (Saltveit mfl. 2001).

Det er låg tettleik av småfallen aure på den aktuelle strekninga i Stardalselva (Mork 2010). Utforminga av elveløpet, med mange hølar og djupe parti på strekninga med fråføring, og det finkorna botnsubstratet nedstraums avløpet frå kraftverket tilseier at det er liten strandingsfare for fisk. Det er litt større strandingsfare for botndyr som bevegar seg seint, men desse kan overleve i fuktig substrat til vassføringa er tilbake til nær opprinneleg nivå etter ca. 2 timar. Ved ei minste vassføring på 2 m<sup>3</sup>/s er ein stor del av elvearealet vassdekt og dette tilseier at det er liten strandingsfare for fisk og botndyr i sommarhalvåret. Også ved ei minstevassføring på 0,5 m<sup>3</sup>/s er ein betydeleg del av elvearealet vassdekt.

Med bakgrunn i låg tettleik av fisk, elveløpets utforming, botnsubstrat og ei minstevassføring på 0,5 m<sup>3</sup>/s i vinterhalvåret, blir det konkludert med at det er liten/ubetydeleg strandingsfare som medfører dødelegheit for fisk og botndyr ved ei minste slukeevne på 2,5 m<sup>3</sup>/s. Dersom minste slukeevne blir redusert til 1 m<sup>3</sup>/s vil dette vere gunstig for både fisk og botndyr, sjølv om skilnaden blir liten.

- *Redusert minste slukeevne frå 2,5 til 1 m<sup>3</sup>/s vil i liten grad påverke tilhøva for fisk og ferskvassbiologi, men har ei positiv retning.*

## **Flora og fauna**

Vegetasjonen i Stardalen er i følge Mork (2010) prega av menneskeleg aktivitet, og er jamt over triviell og representativ for det ein finn langs vassdraga i denne regionen. Mork (2010) avgrensa tre naturtypelokalitetar etter DN-handbok 13 i influensområdet, to gråor-heggeskogar med C-verdi og ein gamal lauvskog med C-verdi. Det vart ikkje funne raudlista artar av karplanter, moser eller lav innanfor influensområdet. Nokre raudlista fuglearter vart registrert, men ingen hekkelokalitetar vart avdekka. Oter er vanleg langs Stardalselva og hjort har ein trekkveg gjennom området for planlagt massedeponi. Flora og fauna vart vurdert av Mork (2010) å ha litt under middels verdi. Tiltaket, som då omfatta redusert vassføring i Stardalselva i driftsfasen, etablering av massedeponi og anleggsveggar med tilhøyrande støy/trafikk i anleggsfasen, vart vurdert å ha liten til middels negativ konsekvens (-/--) for flora og fauna.



### *Ny vurdering*

Nasjonale databasar som Miljødirektoratet sin Naturbase og Artsdatabanken sitt Artskart viser ingen nye funn av artsførekomstar eller naturtypar i influensområdet. Av dei raudlista fugleartane som vart lista opp i Mork (2010) er strandsnipe, kvitryggspett og kongeørn ikkje inkludert i gjeldande raudliste for artar frå 2015 (Henriksen & Hilmo 2015). Antal raudlisteartar i influensområdet har gått ned, men det gjev likevel ikkje grunnlag for å endre verdivurderinga av flora og fauna.

Dei nye planane for Stardalen kraft omfattar redusert minste slukeevne og plassering av kraftstasjon i dagen i staden for fjell. Kraftstasjonen er tenkt plassert mellom ein lokalitet med gråor-heggeskog inntil elva og ein gamal lauvskog i den bratte lia ovanfor det planlagde massedeponiet. Det må påreknast noko hogst i gråor-heggeskogen nærmast elva i samband med etablering av veg til kraftstasjonen, men ikkje i større grad enn om kraftstasjonen vart bygd i fjell, sidan det uansett er planlagt veg i dette området. Den gamle lauvskogen blir kun råka av massedeponiet. Når det gjeld fauna vil kraftstasjonen i liten grad gje auka barriereeffektar for viltet som trekker gjennom i området.

Installering av ei tredje turbin i kraftverket vil medføre at antal dagar med minstevassføring vil auke. Endringa i forhold til dei opprinnelege planane er marginal og verknaden er ikkje venta å bli meir negativ for vassdragstilknytte artar og naturtypar i forhold til det som er vurdert i Mork (2010).

- *Nye planar for Stardalen Kraft vil ikkje auke dei negative verknadane for flora og fauna i forhold til dei opprinnelege planane.*

### **Referansar:**

- Henriksen, S. & Hilmo, O. (red.) 2015. Norsk røddliste for arter 2015. Artsdatabanken, Norge.
- Mork, K. 2010. Stardalen kraft AS. Konsekvensutredning for Stardalen kraftverk. Tema: Flora, fauna, fisk og ferskvannsbiologi. 35 sider + vedlegg.
- Myers, R.A., M.J. Bradford, J.M. Bridson & G. Mertz. 1997. Estimating delayed density-dependent mortality in sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*): a meta-analytic approach. *Can.J.Fish.Aquat.Sci.* 54, 2449/2462.
- Saltveit, S.J., J.H. Halleraker, J.V. Arnekleiv & A. Harby 2001. Field experiments on stranding in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers Research & Management* 17: 609-622.
- Sauterleute, J.F., R.D. Hedger, C. Hauer, U. Pulg, H. Skoglund, L.E. Sundt-Hansen, T.H. Bakken & O. Ugedal. 2016. Modelling the effect of stranding on the Atlantic salmon population in the Dale River, Norway. *Science of the total environment* 573, 574-584.

### **Databasar og karttenester:**

Miljødirektoratet sin Naturbase. <http://kart.naturbase.no/>

Artsdatabanken sitt Artskart. <http://artskart.artsdatabanken.no/FaneArtSok.aspx>