

2019:00722 - Åpen

# Rapport

## Grønn energi til Stryn Sommerski

Utredningsstudie om alternative energiløsninger

### Forfattere

Hanne Kauko

Oddbjørn Bruland

Tor Haakon Bakken



# Rapport

## Grønn energi til Stryn Sommerski

Utredningsstudie om alternative energiløsninger

**EMNEORD:**  
Utfasing av  
dieselaggregat  
Småskala vannkraft  
Miljødesign av  
vannkraftverk

**VERSJON**  
2.0

**DATO**  
2019-06-26

**FORFATTERE**  
Hanne Kauko  
Oddbjørn Bruland  
Tor Haakon Bakken

**OPPDRAGSGIVER**  
Sogn og Fjordane Fylkeskommune

**OPPDRAGSGIVERS REF.**  
Ida-Beate Mølmesdal

**PROSJEKTNR**  
502002094

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
30

### SAMMENDRAG

Strynefjellet Sommerski ligger langt fra kraftnettet, og strømforsyningen er dermed basert på bruk av fossile brenslere med årlige CO<sub>2</sub>-utslipp på ca. 61 tonn. I denne rapporten er tre ulike alternative energiforsyningssystem blitt evaluert: småskala vannkraft, solkraft og framføring av kraftlinje fra Videsæter (6 km). Et lite vannkraftanlegg kommer ut som det beste alternativet med lavest total kostnad samt minst påvirkning på naturmiljøet. Estimert total investeringskostnad ligger på 11, 30 og 20 MNOK for henholdsvis vannkraft, solkraft og framføring av kraftlinje.

Det er flere fordeler i bruk av småskala vannkraft ved sommerskisentret. Periodiseringen av tilsiget i elva Videdøla faller sammen med når det er behov for strøm grunnet bresmelting, og for mesteparten av skisesongen er det mer enn nok vann tilgjengelig. I tørre og kalde perioder med lite tilsig vil det oppstå situasjoner da kapasiteten ikke er tilstrekkelig, men leveringssikkerheten kan økes med et lite inntaksbasseng. Alternativt kunne småkraftanlegget kombineres med en brenselcelle for å lagre energi i form av hydrogen, men dette alternativet vil neppe være lønnsomt. Vannkraftanlegget vil bygges nær eksisterende infrastruktur, noe som vil minimere inngrepet i naturmiljøet.

**UTARBEIDET AV**  
Hanne Kauko

SIGNATUR



**KONTROLLERT AV**  
Ingrid C. Claussen

SIGNATUR



**GODKJENT AV**  
Petter Røkke

SIGNATUR



**RAPPORTNR**  
2019:00722

**ISBN**  
978-82-14-06390-5

**GRADERING**  
Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen

# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
1.0	2019-05-06	Utkast sent til FriFlytt
2.0	2019-06-26	Endelig versjon

---

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Energi- og effektbehov</b> .....	<b>5</b>
2.1	Driftssesong .....	5
2.2	Effekt- og energibehov på en vanlig dag under driftssesongen .....	5
<b>3</b>	<b>Alternativene for energiforsyning</b> .....	<b>6</b>
3.1	Kraftlinje.....	6
3.2	Solkraft .....	6
3.3	Vannkraft .....	7
3.4	Sammenlikning av alternativene.....	8
<b>4</b>	<b>Potensialet for vannkraftproduksjon ved Tystigbreen</b> .....	<b>10</b>
4.1	Tilslig .....	10
4.2	Produksjonsberegning .....	11
4.3	Leveringssikkerhet .....	13
4.3.1	Gjennomsnittlig leveringssikkerhet for ulike konfigurasjoner .....	14
4.3.2	Variasjon i leveringssikkerhet fra år til år .....	16
<b>5</b>	<b>Design av et vannkraftanlegg med minimal miljøpåvirkning</b> .....	<b>18</b>
5.1	Mulige miljøpåvirkninger til et vannkraftverk ved Tystigbreen.....	18
5.1.1	Vannføringsendringer.....	18
5.1.2	Vurdering av valgte minstevannføringer sommer og vinter .....	20
5.1.3	Konsekvenser av tiltaket på natur, landskap og andre vassdragsrelaterte tjenester .....	21
5.1.4	Vurdering av konsekvenser på biologisk mangfold .....	22
5.1.5	Utslipp av drivhusgasser fra norsk vannkraft .....	23
5.1.6	Avbøtende tiltak .....	23
5.2	Tilstandsvurdering.....	24
5.3	Videre saksgang .....	26
<b>6</b>	<b>Vurdering av mulighetene for hydrogenproduksjon</b> .....	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>Oppsummering og konklusjon</b> .....	<b>28</b>
	<b>Referanser</b> .....	<b>29</b>

## 1 Innledning

Interessen for Norge som reisemål har økt kraftig de siste årene. Dette har også medført stort fokus på miljøpåvirkningene fra reiseliv, med cruisebåtturnering i Geiranger som ett godt eksempel. I tillegg til at Norge har et sterkt ønske om å redusere klimagassutslippene fra reiseliv, er også turistene mer og mer opptatt av at reisedestinasjonene er rene og driftes med miljømessig god måte.

Strynefjellet Sommerski har lenge vært en særdeles viktig del av reiselivet i Stryn. Senteret er lokalisert langt fra kraftnettet, og strømforsyningen er dermed basert på bruk av fossile brensler. Et bråkete og forurensende diesellaggregat er lite fascinerende for nordiske og europeiske ski- og breturister. Strynefjellet Sommerski bruker per i dag 22 000 liter med diesel per år for drift av skisentret, noe som tilsvarer årlige CO<sub>2</sub>-utslipp på 61,4 tonn. På toppen av dette kommer dieselforbruket til prepareringsmaskinene, samt transport av drivstoff opp til breen, som medfører en vesentlig kostnad- og miljøbyrde i seg selv. Sommerskisenteret og kommunen har i tillegg ambisjoner om å øke virksomheten i form av gondolheis opp til Tystigbreen, noe som ville øke energibehovet betraktelig.

Hovedmålet til dette studiet er å få frem kostnader og miljøvirkningene til et ferdig prosjektert alternativt energiforsyningssystem for Strynefjellet Sommerski for å erstatte bruken av fossile brensler. De betraktede alternative løsninger for energiforsyning inkluderer småskala vannkraft, solkraft og framføring av kraftlinje fra Videsæter (6 km). Et lite vannkraftanlegg bygd like ved skisentret var antatt å være det totalt sett beste alternativet og er derfor blitt evaluert i mer detalj, mens evaluering av solkraft og kraftlinje fra Videsæter er gjort på et grovere nivå. Prosjektet hadde følgende delmål:

1. Overordnet kartlegging av kostnadene og gjennomførbarhet for de tre alternative løsningene for energiforsyning: småskala vannkraft, solkraft og framføring av kraftlinje.
2. Kartlegging av betingelsene for vannkraftproduksjon i Videdøla ved Sommerskisenteret: vannmengde samt optimal plassering og følgende fallhøyde og kapasitet.
3. Design av et værrobust lite vannkraftanlegg med minst mulig påvirkning på nærmiljøet, og estimering av kostnadene for bygging av anlegget.

I tillegg til disse punktene, ser rapporten på leveringssikkerhet og lagring av energi for å kunne dekke energibehovet i tørre og kalde perioder da tilsiget i Videdøla ikke er høyt nok for å dekke hele det forutsatte fremtidige energibehovet. To alternativer for lagring av energi er inkludert: bruk av elvearealene rett oppstrøms det planlagte vannkraftanlegget (ved skisentret) til et begrenset magasin, og hydrogen.

Rapporten er strukturert som følgende: Kapittel 2 kartlegger energi- og effektbehovet til sommerskisenteret, både med tanke på nåværende drift og mulig fremtidig scenario. Kapittel 3 presenterer en overordnet kartlegging av de alternative energiforsyningsalternativene i forhold til delmål 1. Kapittel 4 presenterer betingelsene og potensialet for vannkraftproduksjon ved sommerskisenteret, gir resultatene fra produksjons- og kostnadsberegningene, samt diskuterer leveringssikkerheten med og uten inntaksmagasin. Kapittel 5 diskuterer hvordan et lite vannkraftanlegg ved Tystigbreen kan bygges med minst mulig innvirkning på naturmiljøet, og hvordan miljøvirkningene kan avbøtes. I kapittel 6 er mulighetene for produksjon av hydrogen kort diskutert, og kapittel 7 konkluderer rapporten og presenterer vegen videre.

## 2 Energi- og effektbehov

### 2.1 Driftssesong

Anlegget åpnes vanligvis når Gamle Strynefjellsveien opp til sentret blir åpnet, som er normalt rundt slutten av mai. Vegen stenges når det ikke lenger er tilstrekkelig med snø i løypene, som er typisk mot slutten av juni. Ved bygging av en gondolheis kunne driftssesongen muligens utvides frem til slutten av august.

### 2.2 Effekt- og energibehov på en vanlig dag under driftssesongen

Per i dag bruker sommerskisentret strøm til drift av stolheis og servicebygg. Det er i tillegg en nødstasjon høyere opp på fjellet, med strømforsyning fra et solcellepanel. Sommerskisentret har også ambisjoner om å øke virksomheten i form av gondolheis opp til Tystigbreen. En gondolheis ville åpne for muligheten for bredere tilbud av aktiviteter, som for eksempel brevandring og langrenn oppe på breen. Et stabilt og miljøvennlig energiforsyningssystem ville også gi muligheten til etablering av ladestasjon for elektriske kjøretøy for transport til og fra fjellet, samt bruken av elektriske prepareringsmaskiner for preparering av løypene. Dette ville medføre en ytterligere reduksjon i klimagassutslippene knyttet til virksomhetene på Strynefjellet. Tabell 2-1 gir nåværende og estimert fremtidig effekt- og energibehov. I fremtidsscenarioet er det tenkt at gondolheis vil erstatte stolheisen. Eventuelle ladestasjoner for elbiler er foreløpig ikke tatt med i beregningene.

**Tabell 2-1 Nåværende og estimert fremtidig effektbehov og daglig energibehov ved sommerskisentret. Det nåværende behovet er basert på opplysningene fra skisentret [Stryn sommerski, 2018].**

		Effekt [kW]	Driftstid [h]	Energi [kWh/dag]
<b>Nåværende</b>	Stolheis	235	6	1410
	Servicebygg dag	66	7	462
	Servicebygg utenom driftstid (estimert)	15	17	255
	<b>Totalt</b>	<b>301</b>		<b>2127</b>
<b>Fremtidig</b>	Gondolheis	700	6	4200
	Servicebygg dag	100	7	700
	Servicebygg utenom driftstid	20	17	340
	<b>Totalt</b>	<b>800</b>		<b>5240</b>



### 3 Alternativene for energiforsyning

#### 3.1 Kraftlinje

Avstanden fra sommerskisentret til Videsæter, som er det nærmeste punktet knyttet til kraftnettet, er ca. 5 km i luftlinje, og ca. 6 km langs veien. På grunn av værforholdene, risiko for snøras og tilgjengeligheten til området, er det av HMS- og driftsmessige hensyn trolig å foretrekke å legge en kabel i bakken [Ørjasæter, 2018]. Det vil være behov for å sprengre grøft på store deler av traséen, og fordi Gamle Strynefjellsvei er en nasjonal turistveg må en påregne å sprengre grøft hele vegen opp. Dette er kostnadsdrivende og vil påvirke både natur- og kulturmiljøet negativt over et større område. Å gå i eller ved vegen med kabel kan være en miljømessig grei løsning, siden en da samler infrastrukturen, selv om traséen blir noe lengre og løsningen noe dyrere enn om man velger en mer direkte rute. Det er også noen elvekrysninger som man må ta hensyn til.

Kostnadene for en kabel er svært avhengig av grøftkostnaden. En grovt utregnet pris for utbygging vil være ca. 2500-4000 NOK/m, så en kabel på 6 km vil da koste ca. 19,5 MNOK [Ørjasæter, 2018]. I tillegg kommer kostnadene for en nettstasjon med trafo, som vil koste ca. 450-550 kNOK avhengig av størrelsen på trafoen. Totalkostnadene for dette alternativet er da ca. 20 MNOK. I tillegg kommer kostnadene forbundet med kjøp av strøm for drift av senteret, noe man unngår ved å produsere strømmen selv.

#### 3.2 Solkraft

Beregningene for produksjon av et mulig solkraftsystem ble gjort med beregningsverktøyet PVGIS [JRC, 2017a]. Følgende antakelser ble brukt i beregningene:

- Vinkel: 30 °C fra horisontal (optimal for sommerproduksjon), rettet mot sør
- Installert kapasitet (toppeffekt): 2000 kW<sub>p</sub><sup>1</sup>
  - Tilsvarende 7272 REC Peak Energy REC275PE paneler
  - Et område på 12 000 m<sup>2</sup>
- Batterikapasitet: 15 600 kWh (tilsvarende tre ganger daglig behov)
- Utladningsgrense for batterier (discharge cutoff limit): 40 %

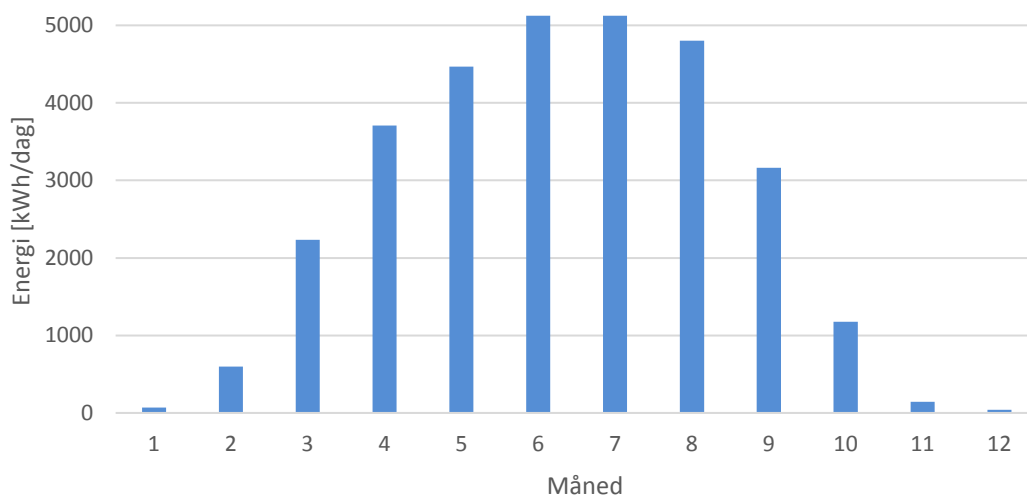
Figur 3-1 viser gjennomsnittlig daglig strømproduksjon fra dette systemet. Gjennomsnittlig daglig produksjon i juni og juli er 5,13 kWh, litt under det forventede daglige behovet. Det vil da være behov for back-up eller tilleggsproduksjon av strøm, eventuelt med det nåværende aggregatet. Solstrålingsdata som PVGIS benytter er basert på satellittdata, som tar hensyn til effekten av skyer, samt effekten av skygger skapt av terrenget [JRC, 2017b]. Refleksjon fra snø er ikke tatt med i betraktning.

Det er flere fordeler med bruk av solkraft på Stryn Sommerski:

- Perioden med mest produksjon tilsvarende perioden med mest aktivitet på sommerskisentret
- Refleksjon fra snø vil sannsynlig kunne øke produksjonen noe
- Sørvendt heng bak servicebygget, godt egnet til solkraftproduksjon

---

<sup>1</sup> Toppeffekt under gitte testbetingelser: 1000 W/m<sup>2</sup> lysintensitet, 25 °C temperatur og sollys treffer panelene vinkelrett.



**Figur 3-1** Gjennomsnittlig daglig produksjon fra solpanelanlegget.

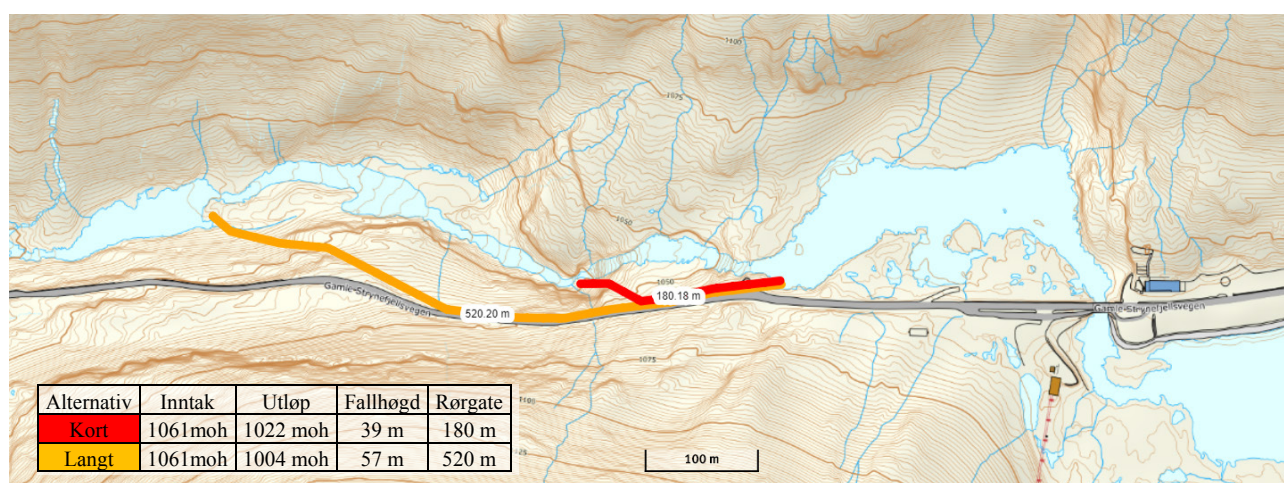
Arealbehovet er likevel enormt. Et anlegg med 7272 paneler, tilsvarende 12 000 m<sup>2</sup>, ville være svært krevende å installere og vedlikeholde. Kostnadene for et slik anlegg er estimert til følgende:

- Solcellepanelene: 9,05 MNOK (å 1244 NOK [Europe-Solarstore, 2019])
- Batteri: 19,6 MNOK (Hoppecke 22 OPzS solar.power 3980 Ah - 24V å 119 500 NOK [Europe-Solarstore, 2019])
- I tillegg: transformator (DC-AC), laddningskontroller, kretsbyrterpanel

Totalpris for anlegget vil dermed være rundt 30 MNOK; dette uten installasjonskostnadene.

### 3.3 Vannkraft

Elva Videdøla renner forbi skisenteret. Umiddelbart nedstrøms anlegget har elva et fall som kan utnyttes til småskala vannkraftproduksjon. Det er skissert to alternativer med ulik fallhøyde vist i Figur 3-2: 39 og 57 m.



**Figur 3-2** To alternativer for vannkraftverk, med kort og lang rørlengde og fallhøyde.



Rørgatene vil delvis bli lagt i sprengt og gravd grøft i grunnen, og der dette er hensiktsmessig vil rørgatene legges på fundament på overflata. Rørdiameteret vil påvirke produksjonspotensialet. Desto større diameter, desto mindre falltap og dermed større produksjon. Beregninger på dette er vist i seksjon 4.2.

Plassering av kraftstasjonen vil avhenge av terrenget og lokale forhold for å oppnå sikkerhet mot flom og skred. Stasjonen vil delvis sprenges ned i terrenget og delvis bygges på overflata. Utformingen av stasjonen og materialbruken må tilpasses terrenget og omgivelsene, som vist eksempelvis i Figur 3-3. Utformingen vil også avhenge av turbin type. I dette tilfellet er Pelton eller Francis testet.

Kapittel 0 gir en detaljert utredning om produksjonspotensialet og kostnadene for småskala vannkraftanlegg ved skisentret, for de to alternativene vist i Figur 3-2. Kostnadene for inntak, rørgate og kraftstasjon er basert på NVE sine kostnadskurver for små anlegg (NVE, 2016). Kostnadene inkluderer anleggskostnader og materiell, rør og elektro mekanisk utstyr.



**Figur 3-3** Eksempel på tilpasning av kraftstasjon til terreng og omgivelser

### 3.4 Sammenlikning av alternativene

Tabell 3-1 oppsummerer resultatene for total kostnad og påvirkningene i naturmiljøet til de tre alternativene løsningene for energiforsyning på Tystigbreen. Småskala vannkraft kommer ut som det beste alternativet, og er blitt evaluert i mer detalj i rapporten. I vannkraft må det regnes med noe ekstra kostnader og en usikkerhetsfaktor på 30 % er allerede inkludert i kostnadene, men denne bør muligens ha vært enda høyere. Likevel er kostnadene for vannkraft betraktelig lavere enn for de andre to alternativene.

**Tabell 3-1 Estimert totalkostnad samt de største påvirkningene i nærmiljøet til de tre alternative løsningene for strømforsyning. Resultatene til vannkraft er fra kapittel 4 og 5.**

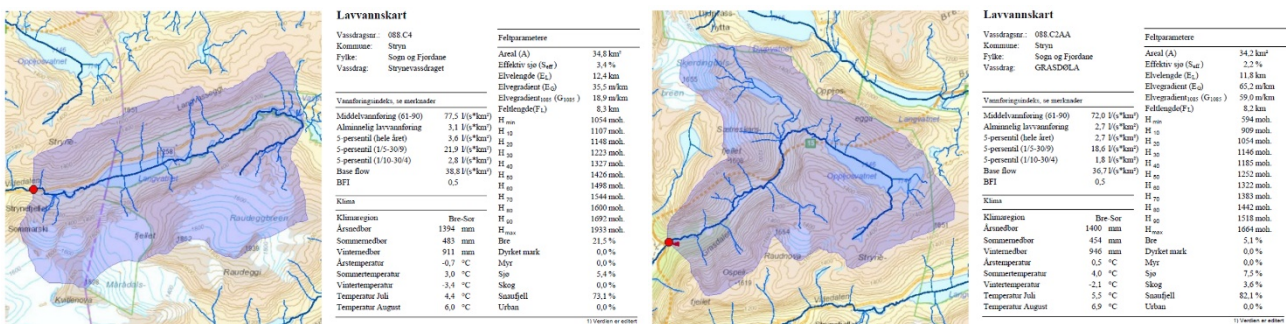
	<b>Estimert totalkostnad [MNOK]</b>	<b>Påvirkninger i naturmiljøet</b>
<b>Kraftlinje</b>	20	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kabel i bakken bør foretrekkes pga værforhold, risiko for snøras og tilgjengelighet.</li><li>• Behov for å sprengte grøft på store deler av traséen, noe som gjør et stort inngrep over et større areal.</li></ul>
<b>Solkraft</b>	30	Krever et stort areal av solcellepanel (12 000 m <sup>2</sup> ), samt mye infrastruktur rundt for vedlikehold.
<b>Småskala vannkraft</b>	11	<ul style="list-style-type: none"><li>• Endringer i vannføring i Videdøla (avhengig av valgt alternativ)</li><li>• Endringer i vannstanden i elvearealene rundt skisentret, hvis et inntaksmagasin vil brukes</li><li>• Et lite inngrep i miljøet over mindre areal rundt skisentret pga bygging av rørgate og inntak og evt en liten demning</li></ul>

## 4 Potensialet for vannkraftproduksjon ved Tystigbreen

### 4.1 Tilsig

Produksjonspotensialet vil i begge alternativene avhenge av tilgjengelig vannmengde. Denne vil variere med tilsigsforhold; snø- og bresmelting, samt nedbør. Det vil være store variasjoner i tilsig over året og gjennom døgnet. For å finne tilgjengelig vannmengde og tilsigsvariasjon er det gjort simuleringer med en nedbør-avløpsmodell kalt HBV-modellen [Bergström & Forsman, 1973]. Simuleringene er gjort med to ulike tidskritt, et døgn og en time.

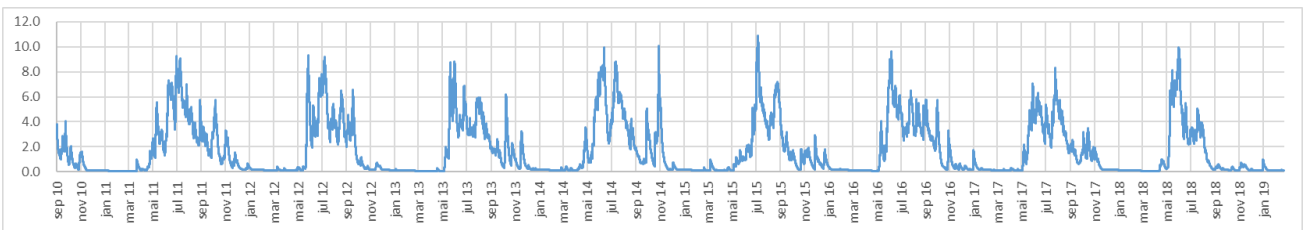
Simuleringene er avhengige av modellparametere som beskriver grunnforhold, nedbørforhold samt nedbørens og smeltingens temperaturfølsomhet. Parameterne estimeres ved kalibrering av modellens simulerte tilsig mot observert tilsig. I de tilfeller hvor man ikke har observert tilsig i det aktuelle tilsigsfeltet bruker man felt med sammenliknbare egenskaper. Det finnes ikke tilgjengelige observasjoner av tilsig i denne delen av Videdøla, men i Grasdøla i det tilgrensende nedslagsfeltet i nord er det observert vannføring siden 1979. Dette feltet har tilsvarende hydrologiske egenskaper som Videdøla sitt nedslagsfelt. Modellen kan derfor kalibreres mot Grasdøla sin tilsigsserie. Nedslagsfeltene til Videdøla og Grasdøla er vist i Figur 4-1, lagd ved bruk av NVE sitt verktøy NEVINA (Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse) [NVE, 2019a].



Figur 4-1 Videdøla og Grasdøla nedslagsfelt, kart og beskrivelse [NVE, 2019a].

Kalibreringen og simuleringene er basert på observasjoner av nedbør og temperatur fra Kroken meteorologisk stasjon i Markane 40 km lenger vest. Resultatet etter kalibrering viser godt samsvar mellom simulert og observert tilsig i Grasdøla (R<sup>2</sup> verdi på 0,83). Dette tilsier at nedbør og temperatur observert på Kroken er representative for forholdene i Grasdøla sitt nedslagsfelt og kan dermed også benyttes for simulering av tilsiget i Videdøla. Det er gjort simuleringer for perioden 01.09.2010 til 01.09.2018.

Figur 4-2 viser resultatene for simulering av tilsiget i Videdøla. Tilsiget er svært temperaturavhengig. Fra midten av september til midten av mai er tilsiget minimalt. Det tar seg opp i slutten av mai med snøsmeltingen og holder seg stort sett høyt til slutten av august.



Figur 4-2 Månedlig tilsig i Videdøla for perioden 01.09.2010 til 01.09.2018.

Tabell 4-1 og Tabell 4-2 viser henholdsvis gjennomsnittlig og minste tilsig for hver måned siden september 2010.

**Tabell 4-1 Gjennomsnittlig tilsig [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] i Videdøla for hver måned siden september 2010.**

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
<b>2010</b>									1,97	0,81	0,44	0,10
<b>2011</b>	0,08	0,07	0,21	0,52	2,75	5,33	6,22	3,55	2,33	2,29	1,25	0,33
<b>2012</b>	0,19	0,14	0,17	0,12	2,06	4,34	5,37	3,92	3,05	0,48	0,33	0,15
<b>2013</b>	0,12	0,09	0,07	0,09	3,28	4,62	3,82	3,65	1,48	1,89	0,89	0,25
<b>2014</b>	0,16	0,14	0,17	0,90	3,16	5,82	6,00	3,16	1,47	2,83	1,32	0,26
<b>2015</b>	0,15	0,14	0,26	0,15	0,77	2,44	5,95	5,07	2,05	0,77	1,16	0,79
<b>2016</b>	0,21	0,16	0,12	0,09	2,11	6,24	4,11	3,81	3,18	1,38	0,57	0,32
<b>2017</b>	0,33	0,15	0,13	0,15	2,68	4,49	4,51	3,42	1,34	1,81	0,60	0,17
<b>2018</b>	0,13	0,10	0,07	0,36	5,10	4,55	3,35	1,07	0,29	0,19	0,36	0,15
<b>Snitt</b>	<b>0,17</b>	<b>0,12</b>	<b>0,15</b>	<b>0,30</b>	<b>2,74</b>	<b>4,73</b>	<b>4,92</b>	<b>3,46</b>	<b>1,91</b>	<b>1,38</b>	<b>0,77</b>	<b>0,28</b>

**Tabell 4-2 Minste tilsig [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] i Videdøla for hver måned siden september 2010.**

	jan	feb	mar	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	des
<b>2010</b>									0,83	0,15	0,12	0,09
<b>2011</b>	0,07	0,06	0,05	0,09	1,12	1,31	3,84	2,10	1,12	0,61	0,33	0,19
<b>2012</b>	0,16	0,13	0,12	0,10	0,11	1,96	2,37	2,16	0,65	0,19	0,17	0,13
<b>2013</b>	0,10	0,08	0,06	0,05	0,06	2,74	2,74	1,83	0,45	0,28	0,25	0,19
<b>2014</b>	0,14	0,11	0,11	0,11	0,74	2,33	3,64	1,77	0,59	0,44	0,19	0,17
<b>2015</b>	0,13	0,12	0,11	0,10	0,11	0,93	3,12	2,54	0,92	0,18	0,20	0,24
<b>2016</b>	0,17	0,14	0,10	0,08	0,07	4,20	2,48	2,57	1,69	0,18	0,19	0,18
<b>2017</b>	0,17	0,13	0,11	0,11	0,11	2,24	1,92	1,50	0,63	0,87	0,19	0,15
<b>2018</b>	0,11	0,08	0,06	0,06	0,22	2,19	2,25	0,16	0,16	0,13	0,13	0,11
<b>Snitt</b>	<b>0,07</b>	<b>0,06</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,93</b>	<b>1,92</b>	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,13</b>	<b>0,12</b>	<b>0,09</b>

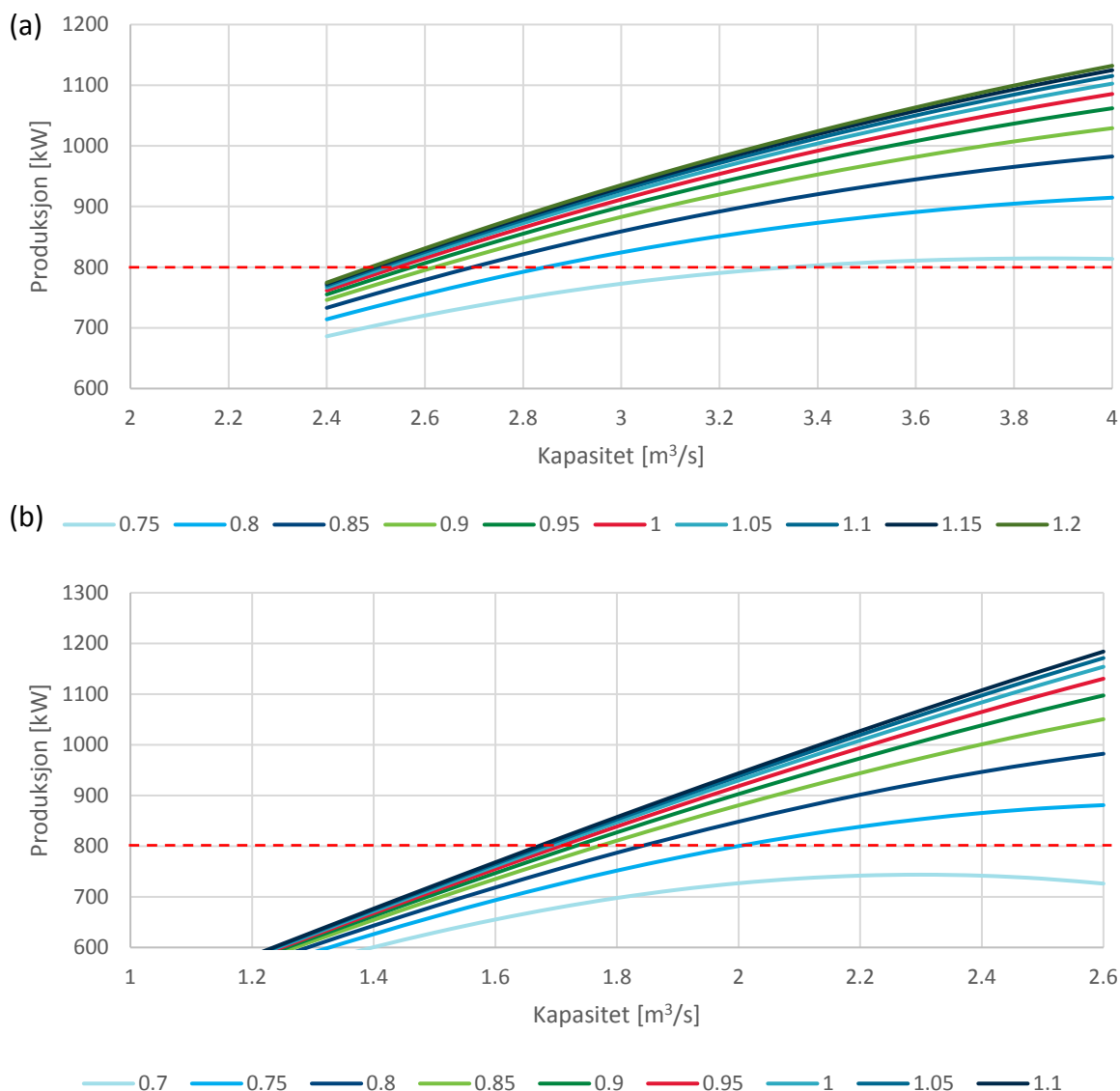
## 4.2 Produksjonsberegning

Med utgangspunkt i det simulerte tilsiget er det gjort produksjonsberegninger for de to ulike alternativene, henvist til som kort og langt alternativ, med fallhøyde på henholdsvis 39 og 57 m. Beregningene ble gjort med og uten regulering i inntaksbassenget og med ulike installerte kapasiteter og rørdiameter.

Installert kapasitet (turbinstørrelse) er variert fra 1,2  $\text{m}^3/\text{s}$  til 4,0  $\text{m}^3/\text{s}$ . For hver av de installerte kapasitetene er produksjonen beregnet med ulike rørdiameter fra 700 mm til 1100 mm. I den regulerte delen av elva er det lagt inn en minstevannføring på 0,09  $\text{m}^3/\text{s}$  for hele perioden. Konsekvenser av den valgte minstevannføringen er diskutert i seksjon 5.1.2.

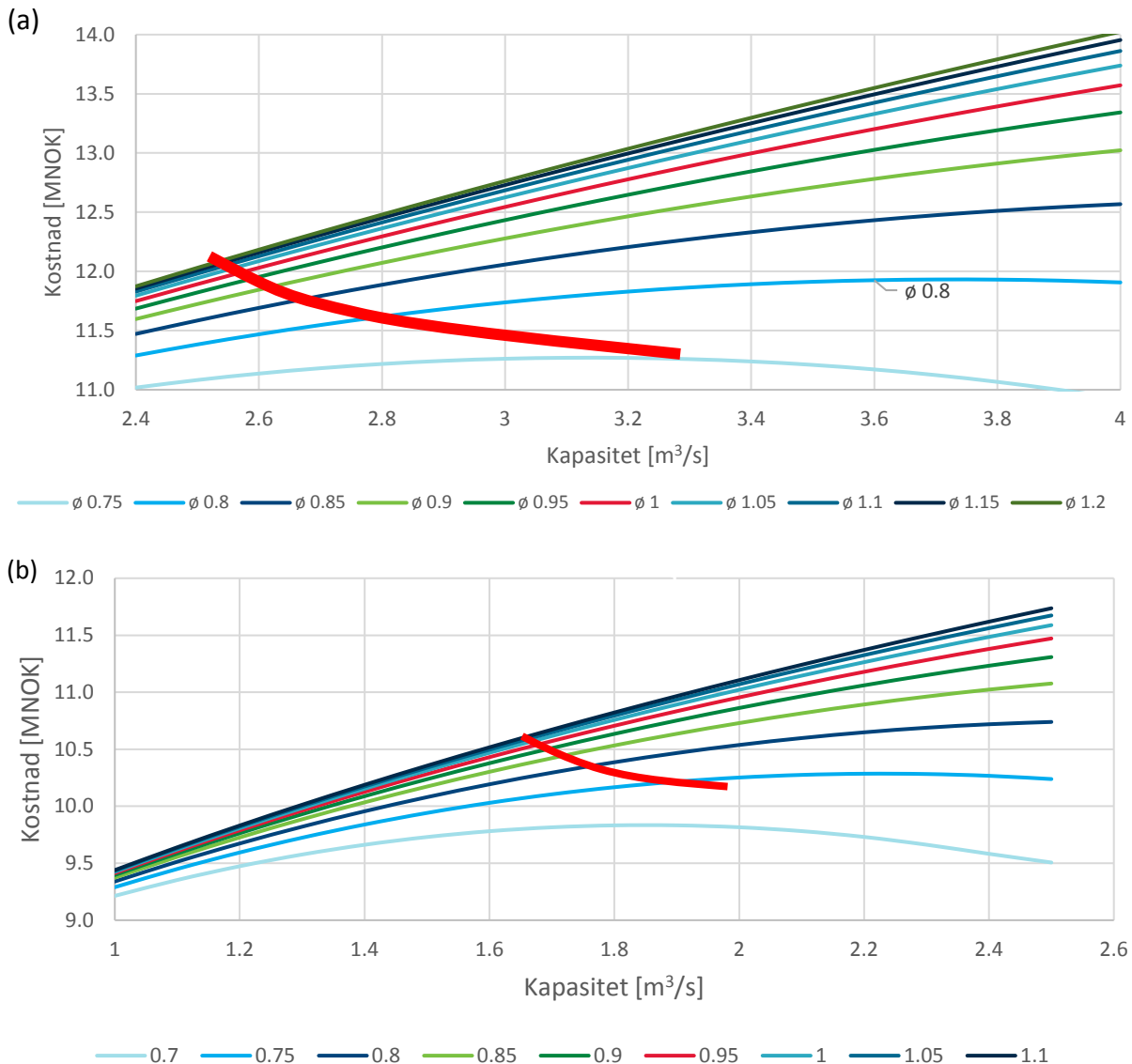
Figur 4-3 viser produksjonskapasiteten som funksjon av kapasitet for ulike rørdimensjoner. I det lange alternativet med 57 m fallhøyde (Figur 4-3 (b)) vil det være tilstrekkelig med en installert kapasitet på 1,7  $\text{m}^3/\text{s}$  og et rørdiameter større enn 1100 mm for å oppnå den ønskete effekten på 800 kW. Med rørdiameter på 750 mm trengs en installert kapasitet på 2  $\text{m}^3/\text{s}$ . For å oppnå 800 kW med det korte alternativet med 39 m fallhøyde

vil det være nødvendig med en installert kapasitet fra 2,5 m<sup>3</sup>/s og rørdimensjon på 1200 mm (Figur 4-3 (a)). Med rørdiameter på 750 mm trengs det en installert kapasitet på minst 3,3 m<sup>3</sup>/s.



**Figur 4-3 Produksjonskapasitet som funksjon av installert kapasitet for ulike rørdimensjoner for (a) kort og (b) langt alternativ. Den stiplete røde linjen markerer effekten som anlegget skal oppnå (800 kW).**

Figur 4-4 viser total kostnad for begge alternativene. Kostnadene er basert på NVE sine kostnadskurver for små vannkraftanlegg (NVE, 2016). Kostnadene er sammensatt av kostnader for materialer og installering av rørgate, inntak, kraftstasjon og elektromekanisk utstyr. Det må påregnes noe ekstra kostnader og det er derfor lagt til en usikkerhetsfaktor på 30 % på kostnadene. Med nødvendig installert kapasitet og rørdimensjon for å oppnå en midlere effekt på 800 kW i skisesongen vil kostnadene for det korte alternativet være mellom 11,2 og 12 MNOK avhengig av rørdimensjon og installert effekt. For det lange alternativet vil kostnaden være mellom 10,2 og 10,6 MNOK.



**Figur 4-4 Total kostnad for (a) kort og (b) langt alternativ. Rød linje markerer minimum for å oppnå nødvendig effekt (800 kW).**

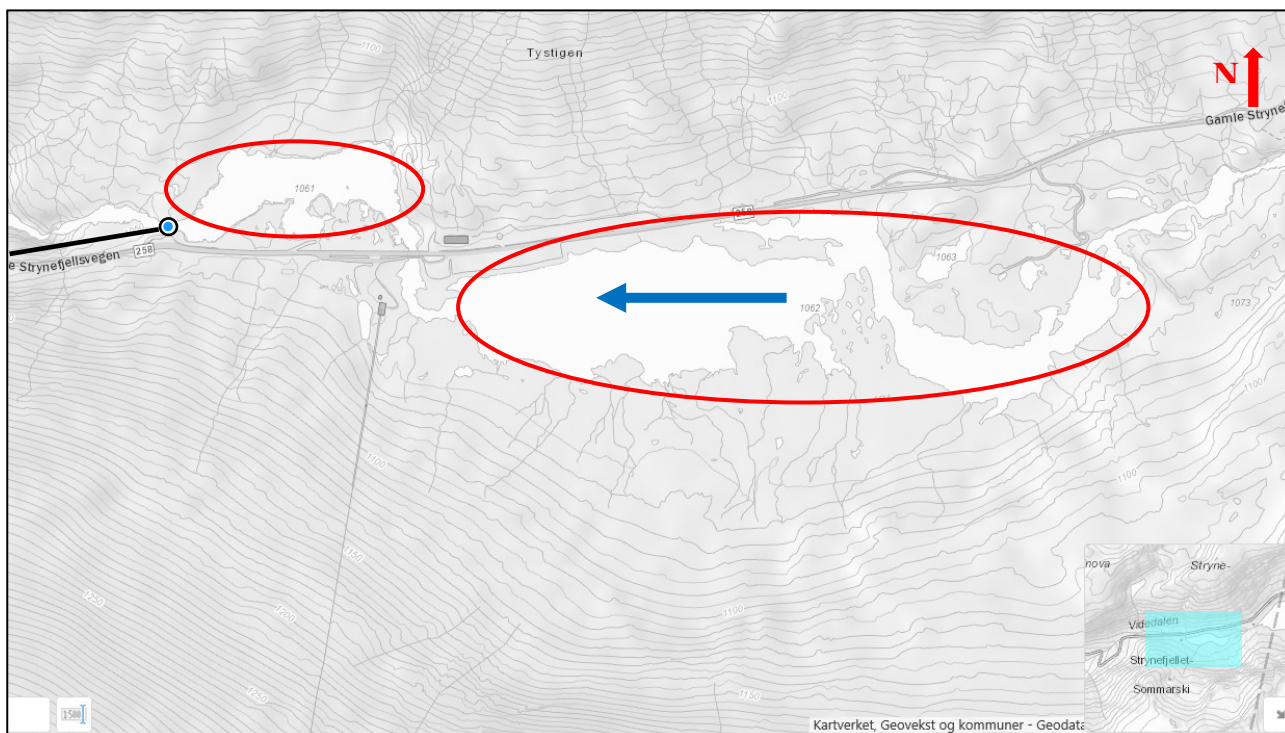
### 4.3 Leveringssikkerhet

Videre analyse av tilsigs- og produksjonsberegninger beskrevet over viser at småkraftverket neppe greier å forsyne skisenteret med 800 kW alle dager i sesongen (medio mai – 31. august). Leveringssikkerheten vil være avhengig av tilsiget og design av vannkraftanlegget. Tilsiget varierer med snø- og bresmelting, samt nedbør. Denne variasjonen er illustrert i Tabell 4-1 og Tabell 4-2.

Leveringssikkerheten kan økes gjennom en forsiktig regulering av tilsiget. Det finnes en mulighet for dette ved å regulere vannstanden i elvearealene ved skisenteret, vist i Figur 4-5. Et inntaksbasseng vil kunne øke leveringssikkerheten i tørre/kalde perioder med mindre vann i elven. Størrelsen på elvearealet er ca. 20 000 m<sup>2</sup> på vestre del (nedstrøms brua), og ca. 88 000 m<sup>2</sup> på østre del (oppstrøms brua). Til sammen blir arealet da 108 000 m<sup>2</sup>, og med inntil 1 m regulering tilsvarer dette et vannvolum på om lag 0,11 Mm<sup>3</sup> (se Tabell 4-3). Denne seksjonen ser på leveringssikkerhet med ulike konfigurasjoner av vannkraftanlegget, det vil si med lang



eller kort trasé og ulike rørdimensjoner/vannføringer. Videre er leveringssikkerhet fra år til år blitt evaluert for den lange traséen med og uten inntaksbasseng.



**Figur 4-5 Kartutsnitt som viser foreslått lokalisering av inntak til småkraftverk (blå kulepunktet med svart ring) og oppstrøms elvearealene som kunne tenkes benyttet til en begrenset regulering. Den blå pila indikerer strømretning.**

**Tabell 4-3 Anslått størrelse på elvearealene i Figur 4-5 som kan benyttes til midlertidig lagring av vann**

Område	Størrelse [m <sup>2</sup> ]	Vannvolum med inntil 1 m regulering [Mm <sup>3</sup> ]
Vestre del (vest for der veien krysser elva)	20 000	0,02
Østre del (fra veikryssing og østover)	88 000	0,09
<b>TOTAL</b>	<b>108 000</b>	<b>0,11</b>

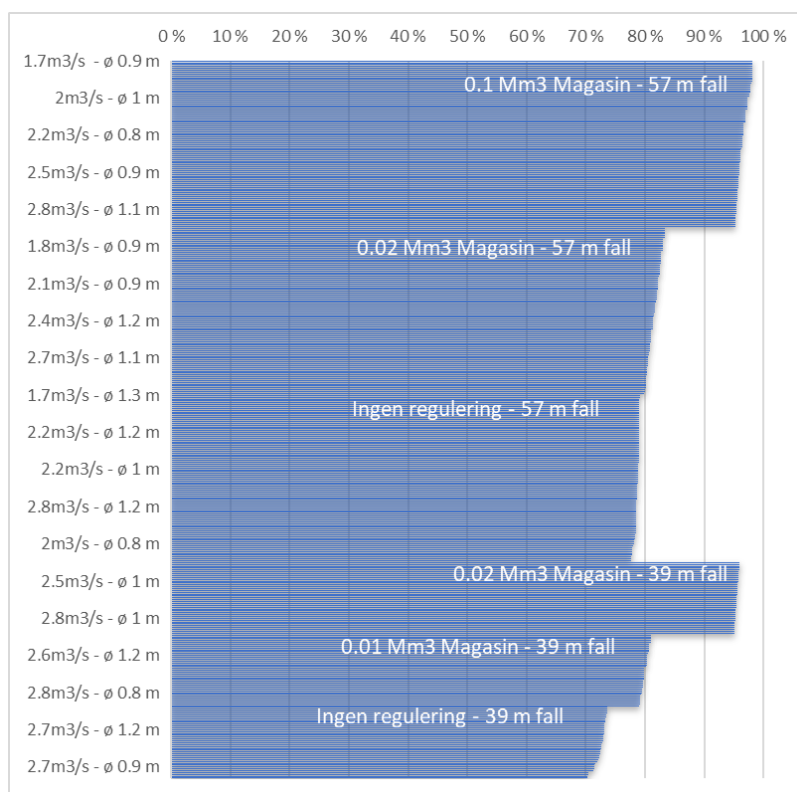
### 4.3.1 Gjennomsnittlig leveringssikkerhet for ulike konfigurasjoner

Det høyeste kapasitetsbehovet er når heisen går og det er antatt at produksjonen justeres ned i perioden mellom kl. 17:00 og 09:00. I denne perioden er produksjonen redusert til 30% av maks. Overskytende vann vil i første omgang fylle opp inntaksbassenget til maksimalt regulerbart nivå, og det resterende slippes forbi inntaket og renner i det opprinnelige elveløpet.

Leveringssikkerheten vil variere med valg av installasjon og dimensjon på rørgate. For å teste leveringssikkerheten for de ulike alternativene er produksjonssimuleringene kjørt på timesbasis. Resultatet av dette er vist i Figur 4-6. Med bruk av begge elvearealene til regulering (0,1 Mm<sup>3</sup> magasin) vil man oppnå 800 kW i 98% av tida med en kapasitet på 1,7 m<sup>3</sup>/s og 1,1 m rørgate og høyt fall (langt alternativ). Med lavt fall (kort alternativ) vil man oppnå 96 % med 2,4 m<sup>3</sup>/s kapasitet og 1,2 m rør. Med regulering kun nedstrøms

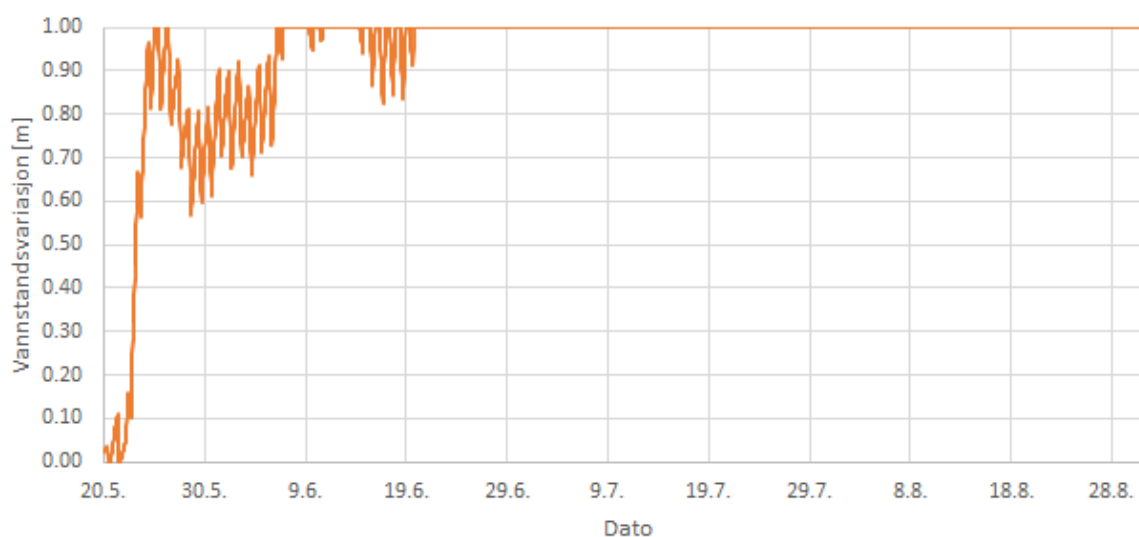
brua (0,02 Mm<sup>3</sup> vannvolum) vil man maksimalt oppnå 800 kW i 83% av tida. Uten regulering vil man maksimalt oppnå 800 kW i 79 % av tida med det lange alternativet og 74% med det korte.

Valg av løsning og kostnadene for denne vil dermed variere avhengig av om man kan ha magasinering av vann og hvilken leveringssikkerhet man ønsker (Figur 4-6). Løsningen som gir høyest leveringssikkerhet og lavest kostnad er det lange alternativet (57 m fall) med 0,9 m rør og installert kapasitet på 1,7 m<sup>3</sup>/s. Denne løsningen har en estimert totalkostnad på ca 10,6 MNOK. Det lange alternativet er da brukt som det foretrukne alternativet videre i rapporten.



**Figur 4-6 Gjenomsnittlig leveringssikkerhet i driftsperioden i årene 2010-2018 for de ulike alternativene, dvs. med ulik kapasitet på inntaksbasseng, fall/rørlengde, vannmengde og rørdiameter.**

Det er interessant å se hvilke vannstandsvariasjoner ville regulering medføre i dette lille inntaksbassenget. Figur 4-7 viser variasjonen i et magasin som dekker begge elvearealene og tillater 1 m vannstandsvariasjoner, med et tilsig som modellert for 2015. Figuren viser at inntaksmagasin vil ligge på maksimal fyllingsgrad med ingen variasjoner fra midten av juni, men med opp til 0,4 m variasjon fra slutten av mai til medio juni. Det var antatt tomt inntaksmagasin ved starten av sesongen. Det er verdt å merke seg at 2015 er det året med svakest leveringssikkerhet og gir trolig størst variasjon i vannstand.



**Figur 4-7 Vannstandsvariasjoner i et inntaksbasseng med et volum på 0,1 Mm<sup>3</sup>, noe som gir en amplitude på om lag 1 m. Dataene er fra 2015, som er det året med svakest leveringssikkerhet. Det var antatt tomt inntaksmagasin ved starten av sesongen.**

### 4.3.2 Variasjon i leveringssikkerhet fra år til år

Vi har også sett på variasjon i leveringssikkerhet fra år til år med to ulike konfigurasjoner i det lange alternativet: med og uten inntaksbasseng. Figur 4-6 viste en gjennomsnittlig leveringssikkerhet i årene 2010-2018, mens resultatene i denne seksjonen vil vise at det kan være relativt store variasjoner i leveringssikkerhet fra år til år grunnet variasjoner i tilsiget. Analysen er blitt gjort både med og uten inntaksmagasin.

Vi vil understreke følgende antagelser som ble brukt i analysen:

- Analysen er gjennomført på alternativ «langt rør og stort fall», en vannføring gjennom turbin på 3,0 m<sup>3</sup>/s og et rørdiameter på 0,7 m. Dette er ikke nøyaktig samme konfigurasjon som den mest optimale løsningen trukket frem i seksjon 4.3.1, men innenfor hva som er aktuelt for realisering av småkraftanlegget.
- Tilsigsberegningene er utført med 1 døgn som tidsoppløsning, det vil si at det er antatt jevnt tilsig gjennom hele døgnet. Bruk av 1 times oppløsning ble testet for enkelte perioder, men dette ga lite forskjell i resultatene.

#### Alternativ uten inntaksmagasin

Tabell 4-4 viser leveringssikkerhet basert på antagelser om jevnt tilsig gjennom døgnet og ingen mulighet til å magasinere vann i elvearealene oppstrøms inntak (vist i Figur 4-5). Leveringssikkerhet i dette tilfellet er framkommet ved å analysere andel dager i sesongen 15. mai – 1. september hvor det vil produseres minst 800 kW gjennom døgnet fra småkraftverket. Gjennomsnittlig leveringssikkerhet for perioden 2011-2017 er i dette tilfellet 90 %.

**Tabell 4-4 Leveringssikkerhet for perioden 15. mai – 1. september (andel dager med produksjon på minst 800 kW) for årene 2011-2017 basert på antagelser om jevnt tilsig gjennom døgnet og ingen mulighet til å magasinere vann oppstrøms inntak.**

År	Leveringssikkerhet (%)
2011	95,0
2012	92,2
2013	96,7
2014	92,2
2015	71,5
2016	92,2
2017	90,0
<b>SNITT</b>	<b>90,0</b>

#### Alternativ med inntaksmagasin

Vi har også sett på variasjonen i leveringssikkerhet fra år til år med bruk av et inntaksbasseng med et volum på om lag 0,04 Mm<sup>3</sup>, noe som innebærer en vannstandsvariasjon på ca. 35 cm i inntaksbassenget. Merk at i seksjon 4.3.1 var det antatt regulering med opptil 1 m, tilsvarende et inntaksbasseng på 0,1 Mm<sup>3</sup>. Det er antatt drift av anlegget i 6-8 timer pr dag, og at inntaksbassenget vil fylles i timene skianlegget står. Dette gir resultater som presentert i Tabell 4-5.

**Tabell 4-5. Leveringssikkerhet med inntaksmagasin for døgnerregulering, basert på begrenset lagring av vann oppstrøms inntak. Leveringssikkerhet er i dette tilfellet framkommet ved å analysere andel dager i sesongen 20. mai – 1. september med produksjon på minst 800 kW for årene 2011-2017.**

År	Leveringssikkerhet (%)
2011	100,0
2012	98,0
2013	100,0
2014	100,0
2015	89,3
2016	98,5
2017	100,0
<b>SNITT</b>	<b>98,0</b>

Resultatene vist i Tabell 4-5 viser at man da kan øke leveringssikkerheten. Året med lavest leveringssikkerhet (2015 i våre data) vil da levere tilstrekkelig kapasitet i 89% av tiden, mens 4 av årene vil vi oppleve full leveringssikkerhet. I gjennomsnitt vil leveringssikkerheten bli 98.4%, basert på analyse av data fra perioden 2011-2017. Dette innebærer at det ikke vil kunne leveres tilstrekkelig effekt i typisk 2-3 dager i løpet av perioden skisenteret er åpent. Det vil typisk inntreffe i starten og slutten av sesongen da skisenteret er åpent. Merk at med større inntaksbasseng (tillatt vannstandsvariasjon med opptil 1 m) vil man oppnå høyere leveringssikkerhet.

## 5 Design av et vannkraftanlegg med minimal miljøpåvirkning

Miljødesign av vannkraftverk er et konsept som ble utviklet gjennom CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy – [www.cedren.no](http://www.cedren.no)), et forskningscenter for fornybar energi ledet av SINTEF Energi med NTNU og NINA som hovedpartnere. Ideen bak miljødesign er å utvikle fornybar energiproduksjon på en balansert måte som både tar hensyn til behov for fornybar energi og naturmiljøet. Prosjektet med å erstatte fossilt brensel ved Stryn Sommerskiser med fornybar energi kan i seg selv presenteres som et miljødesign-prosjektet i utvidet forstand, samtidig som småkraftverket også må designes på en måte som gir et minst mulig miljømessig fotavtrykk. En tilnærming til dette kunne være at et småkraftverk bygges ut fra konseptet at «mengden vann brukt til kraftproduksjon høstes i en slik mengde at det ikke påfører naturen varig skade», utfra en analogi om bærekraftig høsting av en naturressurs.

Dette kapitlets første seksjon betrakter mulige miljøpåvirkninger til et vannkraftverk i Videdøla: forandringer i vannføring; effekten av valgt minstevannføring på elvestrekningen med fraført vannmengde; konsekvenser av tiltaket på natur, biologisk mangfold, landskap og vassdragsrelaterte tjenester samt utslipp av drivhusgasser. Videre er mulige avbøtende tiltak for å redusere de negative virkningene presentert. Seksjon 5.2 viser tilstandsvurderingen til Videdøla hentet fra Vann-Nett [NVE, 2019b], og seksjon 5.3 drøfter videre saksgang.

### 5.1 Mulige miljøpåvirkninger til et vannkraftverk ved Tystigbreen

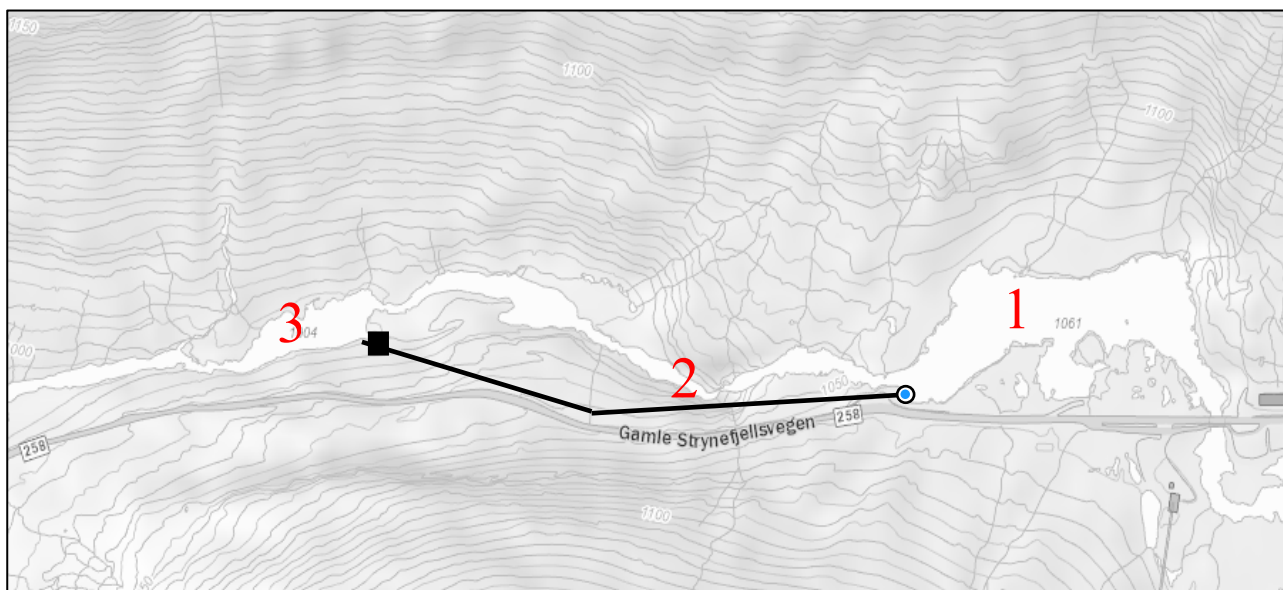
#### 5.1.1 Vannføringsendringer

I det følgende er vannføringsendringene i Videdøla beskrevet utfra en antagelse om at lokaliteten med det lange alternativet, også vist i Figur 5-1, er det foretrukne. Hvis alternativet med det kortere røret og lavere fallet er det foretrukne så vil endringene bli like, bortsett fra at elvestrekningen med fraført vannmengde blir kortere. Gitt antagelsen om at det lange alternativet er foretrukket, finnes det tre ulike driftsalternativer man kan tenke seg:

Alternativ A: Produsere kun så mye kraft som behøves for Stryn sommerskiser – uten inntaksmagasin. Anlegget står ellers i ro/ingen produksjon.

Alternativ B: Produsere kun så mye kraft som behøves for Stryn sommerskiser – med inntaksmagasin. Anlegget står ellers i ro/ingen produksjon.

Alternativ C: Produsere så mye kraft man kan (men med minstevannføringskrav), hvor overskuddet av kraftproduksjonen fra småkraftanlegget går til produksjon av hydrogen. Dette kan realiseres med eller uten inntaksmagasin.



**Figur 5-1 Skjematisert plassering av inntak, tunnel og kraftstasjon for det vurderte småkraftverket (med det lange alternativet). Tallene refererer til berørte elvestrekninger omtalt videre i teksten.**

Valg av alternativ A-C vil gi ulike vannførings- og vannstandsendringer på strekningen med forbitapping (2), strekningen nedstrøms utløpet av småkraftverket (3) og området oppstrøms inntaket (1). I Tabell 5-1 er disse effektene skjematisert beskrevet. Det understrekes at en beskjeden regulering i inntaksbassenget ikke vil berøre Langvatnet, lenger oppstrøms i vassdraget.

**Tabell 5-1 Endringer i vannstand (1) og vannføringer/vannstander (2 og 3) i forhold til uregulert tilstand som følge av bygging av småkraftverk.**

Alternativ	Oppstrøms inntak (1)	Elvestrekning forbitapping (2)	Elvestrekning nedstrøms utløp (3)
Alternativ A	Ingen endringer	Kraftig redusert vannføring perioden Stryn sommerskiser er åpen.  Slipp av minstevannføring.  Ingen endringer i vannføring i perioden skiseret er stengt.	Ingen endringer nedstrøms utløp.
Alternativ B	Periodevis variasjoner i vannstand, opp til maks. 0,35-1 m i døgnet.	Kraftig redusert vannføring når Stryn sommerskiser er i drift/åpent. Noen flere dager (5-7) med kun slipp av minstevannføring sammenlignet med A.  Ingen endringer i vannføring i perioden skiseret er stengt.	Ingen endringer i volum over året, men ettersom kraftverket vil startes/stoppes i skiserets åpningstider (kl. 10-16) vil nedstrøms elv oppleve raske og hyppige endringer i vannføring i sommerperioden skiseret er åpent. Disse vannføringsendringene vil dempes noe i det litt bredere området av elva ved utløpet av kraftverket (*), men vil trolig oppleves ned til Oppstrynsvannet.



Alternativ C	Ingen endringer	Kraftig redusert vannføring alle perioder med tilstrekkelig tilsig for kraftproduksjon.  Slipp av minstevannføring både sommer og vinter.	Ingen endringer nedstrøms utløp.
--------------	-----------------	---	----------------------------------

(\*) NVE er generelt negativ til hyppige og raske endringer i vannføring/vannstand og introduserer dette ofte som en generell restriksjon ved konsesjon av småkraftverk. Det behøves stedege undersøkelser for å avgjøre hvordan vannslippet på strekning 2 i Figur 5-1 sammen med volumet på det litt bredere området av elva ved utløpet (3) vil dempes i elva ved oppstart og stans av kraftverket.

### 5.1.2 Vurdering av valgte minstevannføringer sommer og vinter

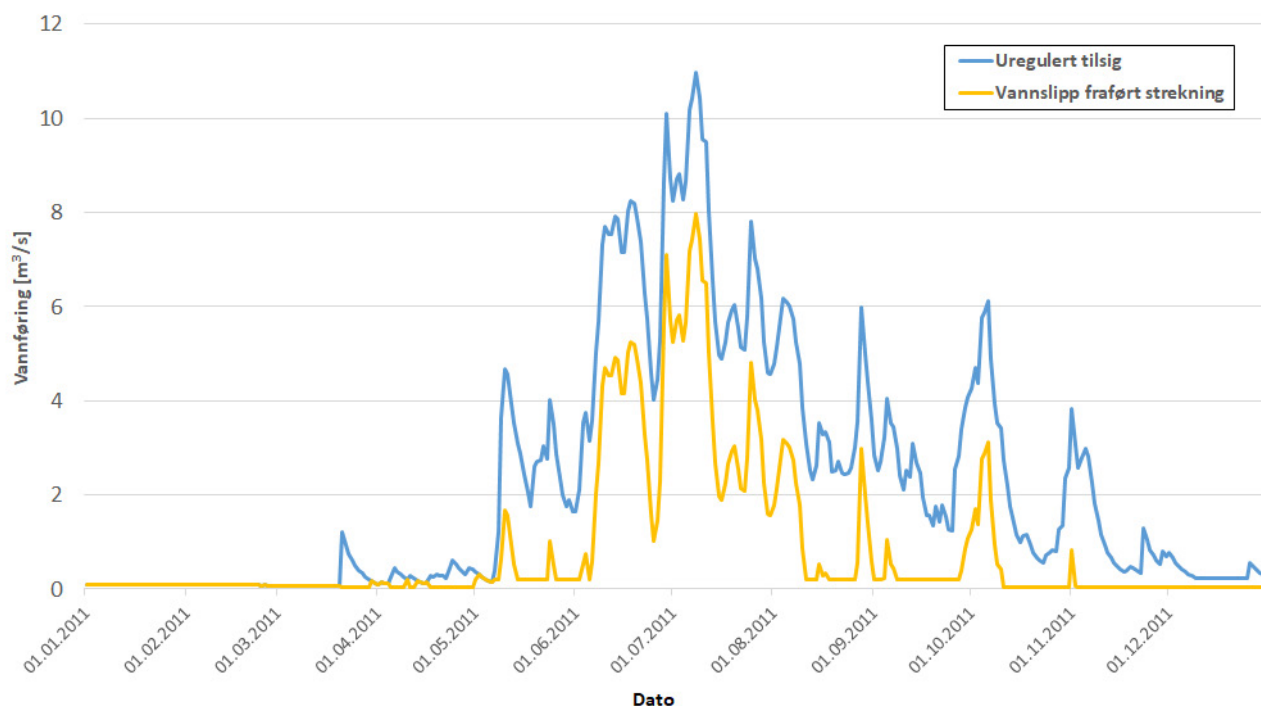
Alminnelig lavvannføring er en vannføring som i Norge er mye brukt for å fastsette slipp av minstevannføring på elvestrekninger med fraførte vannmengder, slik som i strekning 2 i Figur 5-1. Alminnelig lavvannføring er korrelert med andre lavvannskaraktistika og kan således relateres til de lavvannføringer økosystemet er tilpasset i perioder av året. I en god del tilfeller fastsettes det ulike vannføringskrav på sommer og vinter. Vi har sammenlignet de vannføringene vi har valgt som minstevannføringer med alminnelig lavvannføring, vist i Tabell 5-2. Figur 5-2 viser uregulert tilsig til kraftverket og framtidige vannføringer (med småkraftverk) på elvestrekning med fraført vannmengde (strekning 2 i Figur 5-1).

**Tabell 5-2 Alminnelig lavvannføring beregnet fra simulerte data fra perioden 2010 – 2017, og minstevannføringer brukt i våre produksjonsberegninger.**

	Minstevannføringer i våre beregninger [m <sup>3</sup> /s]	Alminnelig lavvannføring [m <sup>3</sup> /s]
<b>Sommer</b>	0,09	0,10
<b>Vinter</b>	0,09	0,10

Verdien «alminnelig lavvannføring» finnes ved å sortere de enkelte år sine vannføringsverdier fra den største verdien og i synkende rekkefølge, og ta ut vannføring nummer 350. Disse enkeltverdiene av vannføringer danner en ny serie som igjen sorteres. Av denne serien blir den laveste tredjedelen fjernet, og alminnelig lavvannføring er den laveste gjenværende verdien. Alminnelig lavvannføring beregnes sådan som en verdi gjeldende for hele året.

Alminnelig lavvannføring i Videdøla er beregnet til 0,10 m<sup>3</sup>/s utfra de modellerte tilsigsserien. Verdien vi har benyttet for vannslipp om sommeren nær det samme tallet vi har beregnet som alminnelig minstevannføring.



**Figur 5-2 Uregulert tilsig til kraftverket og framtidige vannføringer på elvestrekning med fraført vannmengde (strekning 2 i Figur 5-1). Figuren viser modellerte data fra 2011 uten magasinering oppstrøms inntak, med minstevannføringslipp på 0,09 m<sup>3</sup>/s gjennom hele året.**

### 5.1.3 Konsekvenser av tiltaket på natur, landskap og andre vassdragsrelaterte tjenester

NVE Veileder 4/2011 beskriver hvilke miljøtema som må utredes i forbindelse med utvikling av en konsesjonssøknad for et småkraftverk [NVE, 2011]. Mange av disse er relatert til endringer i vannføringer og følgelig avhengig av hvilket av alternativene A-C som velges. De permanente, fysiske virkningene som skal beskrives er følgende:

- Bygging av kraftverk: dam og inntak og danning av små inntaksbasseng, vannveg og kraftstasjon
- Bygging eller etablering av veg, parkeringsplass, massedeponi m.m.
- Bygging av kraftlinje
- Redusert vannføring i elva (diskutert i seksjon 5.1.1)
- Tilførsel av vann fra nabonedbørfelt
- Start og stopp av kraftstasjon
- Regulering av vannstanden i innsjø

Virkningene skal utredes med hensyn på følgende miljø- og samfunnsfaglige tema:

- Biologisk mangfold (diskutert i seksjon 5.1.4)
- Landskap
- Fisk og ferskvassbiologi
- Fugl og annen fauna
- Friluftsliv og reiseliv
- Kulturminne og kulturmiljø
- Jordbruk, skogbruk og reindrift

En analyse av disse virkningene vil kreve steds spesifikke undersøkelser/data, og for flere av temaene biologisk kompetanse. En kortfattet og foreløpig vurdering av disse mulige konsekvensene for Videdøla er imidlertid at bygging av selve vannkraftanlegget vil foregå i et område det allerede er en god del infrastruktur slik det ikke vil bli inngrep i urørt natur. Fra kraftstasjonen må det føres fram en kraftledning til skisenteret, men denne vil bli vesentlig kortere enn om man skulle hente kraft fra Videsæter. Det vil muligens bli behov for å lage en liten inntaksdam/terskel for å sikre jevn tilførsel av vann til inntaket på kraftverket og for å øke leveringssikkerheten, som diskutert i seksjon 4.3. Størrelse og utforming av denne vil avhenge av de stedlige forhold. Plassering bør gjøres der elva har et naturlig "brekk" og utførelsen bør gjøres slik at den blir minst mulig synlig i landskapet.

Det er ørret i Langvatn oppstrøms den planlagte lokaliteten for småkraftanlegget, og denne vil potensielt kunne forflytte seg nedover i vassdraget til området småkraftanlegget planlegges. Det er derfor en risiko for at fisk kan bli trukket inn i rørgate og tunnel. Det bør derfor tas spesielt hensyn til dette ved planlegging av inntaksarrangement. Områdene med planlagt fraført vannføring er i dag trolig en naturlig vandringsbarriere for fisk, slik at et småkraftverk vil ikke vanskeliggjøre oppstrøms vandring.

Videre antas det at det er begrensede konsekvenser for annet dyreliv i området, men tilstedeværelse og virkninger på ulike arter av fugl, slik som fossekall, lirype, jaktfalk, kongeørn og fjellvåk bør undersøkes. Likeså bør man sjekke med regional plan for villrein at et vannkraftanlegg ikke vil påvirke trekkruiter.

Bygging av et vannkraftverk vil medføre noen midlertidige konsekvenser for miljøet og omgivelsene for øvrig. Anleggsdriften vil inkludere graving av trase for vannvei/rørgate, bygging av kraftstasjon, inntaks- og utløpskonstruksjon, linjer fra kraftverket og opp til skisenteret, mm. Dette vil medføre økt trafikk i området, støy, noen inngrep i selve elva og mulig økt avrenning av stoffer grunnet anleggsvirksomhet. Miljøvirkningene av dette bør overvåkes og planer for reduksjon av problemene etableres.

#### 5.1.4 Vurdering av konsekvenser på biologisk mangfold

Konsekvensene på naturmangfold ved bygging av småkraftverk har fått spesiell oppmerksomhet og det er samtidig et begrenset antall fagpersoner med kompetanse til å vurdere dette. NVE har derfor utviklet en egen veileder for hvordan naturmangfold skal kartlegges og dokumenteres ved bygging av småkraftverk [NVE, 2018]. Det er viktig å understøtte at naturmangfold er bare ett av flere miljøtema som må utredes (se seksjon 5.1.3). Veilederen beskriver hvilke naturfaglige tema som skal kartlegges og dokumenteres og dette er:

##### *Naturtyper:*

- Viktige, utvalgte og rødlistede naturtyper
- Verdifulle lokaliteter – ferskvann

##### *Arter:*

- Karplanter, moser og lav
- Fugl og pattedyr
- Fiskefauna og bunnlevende virvelløse dyr

Det skal gjøres en verdivurdering av disse ressursene, en vurdering av hvordan de blir påvirket av tiltaket, samlet belastning og mulig avbøtende tiltak. Det er ikke foretatt noen slik vurdering i dette prosjektet. En slik vurdering krever spesialkompetanse på disse undersøkelsene og faktiske feltundersøkelser. Det er gjennomført en kartlegging av biologisk mangfold i områdene ved Videsæter [Rønningen, 2019], men denne bør utvides til å inkludere også områdene lenger opp i elva.

Med tanke på det biologiske mangfoldet skal det legges spesielt stor vekt på rødlistearter, samt verdifulle og truede naturtyper. Det skal utføres en vurdering av dette i forbindelse med utbygging. Fra Artskartdatabasen er det mulig å se hvor det finnes rødlistede arter. I området rundt Stryn sommerskisenter er det blant annet fuglearter og mosearter som er rødlistet, og kategorisert som nært truet. Det er for eksempel observert planten Jøkkelstarr i området rundt vassdraget. Dette er en art som er vurdert som sårbar og det må derfor vurderes om eventuelle endringer i vannstanden kan påvirke denne. Andre planter i området som er nært truet er Faksjøkelmose og Issoleie [Artsdatabanken, 2017]. Det er også observert jerv i området som er en sterkt truet art. Det er likevel sjeldent at pattedyrfaunaen blir nevneverdig påvirket av små kraftverk, med mindre anleggsvirksomheten blir forstyrrende. Fisk, ferskvanns-biologien og eventuelle endringer av dette må også vurderes. Selv om dette kun er et lite kraftverk, kan økologien bli påvirket av blant annet endret vannføring og vannstand. Strekingen mellom inntak og utløp vil være spesielt viktig å vurdere med tanke på senket vannstand og vannføring [Bache et al., 2010].

Til kartlegging av forekomster av eventuelle sjeldne arter kan tiltakshaver vurdere å benytte den så-kalte Miljø-DNA-metoden [NINA, 2019]. Metoden fanger opp avgitt DNA fra levende organismer oppstrøms prøvetakingspunktet og har vist seg veldig effektiv og med sikrere resultatet enn tidkrevende, manuell kartlegging av sjeldne arter i vassdrag.

### 5.1.5 Utslipp av drivhusgasser fra norsk vannkraft

Internasjonalt har det vært diskusjoner i hvor stor grad vannkraft bidrar til reduksjon av klimagassutslipp. Det store bildet er imidlertid slik at vannkraft er klimanøytral, med unntak av noen veldig få anlegg med store magasin som er lokalisert i tropiske områder av verden med store tilførsler av organisk materiale [IPCC, 2011]. Anlegg uten magasin og anlegg i kaldtempererte/boreale områder av verden har ingen eller helt ubetydelig utslipp av drivhusgasser. I Norge er det utført målinger av utslipp av karbondioksid (CO<sub>2</sub>) og metan (CH<sub>4</sub>) fra Foldsjøen i Møre og Romsdal og Svartevassmagasinet i Agder [SINTEF, 2019] og en typisk tommelfingerregel for norsk vannkraft er at utslippene ligger på om lag 2 g CO<sub>2</sub>eq/kWh [Harby, 2019].

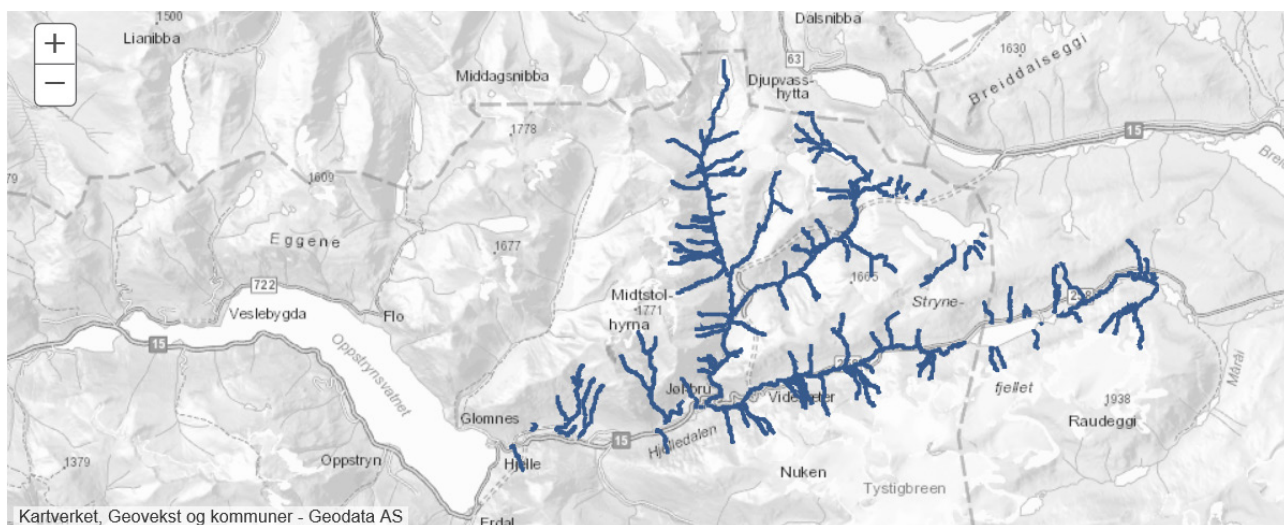
### 5.1.6 Avbøtende tiltak

Ethvert inngrep i vassdragsnaturen vil introdusere en konsekvens for naturen. Det er imidlertid mulig å redusere denne negative virkningen ved en god plassering og utforming av småkraftverket. I tillegg er det mulig å iverksette et sett av avbøtende tiltak som reduserer de negative konsekvensene ytterligere. Hvilke tiltak som har størst positiv effekt til en lavest mulig kostnad avhenger av det enkelte anlegg og vassdraget det er bygd. Følgende oversikt er en generell liste over mulige avbøtende tiltak som kan vurderes [NVE, 2011]:

- Endret nivå eller regime for slipp av minstevannføring
- Redusere virkning av endringer i vannføring
- Opprettholde vandringsmuligheter for fisk og andre arter
- Redusere risiko for at fisk trekkes inn i kraftverkets vannveier og turbin (riktig valg av varegrind og turbintype)
- Endre plassering og utforming av inntaksdam
- Omløpsarrangement i kraftstasjonen
- Sørg for oppstrøms og nedstrøms vandring hvis infrastruktur virker som barrierer og det er vandrende arter i vassdraget
- Tilpasse anleggsperioden i tid for å redusere konflikt
- Tiltak for raskere revegetering av område påvirket av bygging
- Utforming av kraftstasjon med nærområde
- Endre trasé for vannvei

## 5.2 Tilstandsvurdering

Miljøtilstanden i alle vannforekomster i Norge er vurdert i forbindelse med gjennomføringen av EUs vanddirektiv, implementert i norsk lov gjennom Vannforskriften. Vanddirektivet er det viktigste direktivet som ivaretar vannmiljøet i Norge og resten av Europa. Gjennomføringen har også medført en omfattende kartlegging av miljøtilstanden i alle innsjøer, elver, grunnvannforekomster og kystområder. Resultatene av denne vurderingen er rapportert i forvaltningsverktøyet Vann-Nett [NVE, 2019b]. Vann-Nett er derfor en veldig viktig datakilde vedrørende miljøtilstanden i norske vannforekomster for både lokal, regional og nasjonal forvaltning og vi har valgt å inkludere informasjon fra Vann-Nett i denne rapporten. Vannforekomsten som inkluderer Videdøla er rapportert sammen med andre del-strekninger og del-nedbørfelt, under navnet «Hjelledøla med sideelver», med Vannforekomstid 088-31-R (Figur 5-3).



**Figur 5-3 Elvestrekningen av Videdøla som er tenkt utnyttet til vannkraftproduksjon er gruppert sammen med nærliggende elvestrekninger i Vann-Nett [NVE, 2019b].**

Figur 5-4 og Figur 5-5 viser rapportert informasjon om Hjelledøla med sideelver (inkludert Videdøla) i Vann-nett. Utfra informasjonen vist i figurene er det verdt å merke seg at den økologiske tilstanden i Videdøla vurderes som «God», at den muligens er noe påvirket av langtransportert sur nedbør og i liten (noen) grad påvirket av forurensning fra spredt avløp. Videre er vannforekomsten angitt å være noe påvirket av morfologiske endringer som har endret habitatforholdene.

Kjemisk tilstandsvurdering er gjennomført med hensyn på de såkalte prioriterte stoffer og tilstanden er satt til «God». Det er en viss risiko for at miljømålet i framtiden ikke oppnås (gitt med rød farge), noe som kan være begrunnet ut fra at det kan være en viss risiko for at forurensningssituasjonen kan endres, for eksempel gjennom økt deponisjon, eventuelt redusert kalking, hvis dette foregår. Ved mulig forurensning fra spredt avløp, må dette lokaliseres, omfanget kartlegges og sammenstilles med de forventede endringer i vannføring småkraftverket vil medføre. Dette må videre vurderes i forhold til hvordan forurensningen kan påvirke økologiske forhold i vassdraget og brukerinteresser.

Det vurderes slik at vanddirektivets mål trolig ikke vil stå i veien for å realisere bygging av et småkraftverk i Videdøla, men dette vil måtte avklares gjennom konsesjonsprosessen.

### Generell informasjon

Navn	Hjelledøla med sideelver	Vannforekomstid	088-31-R
Vannkategori	Elv		
Vassdragsområde	088	Nedbørfelt	088.D4
Elvelengde km	162.569	Totalt areal nedbørsfelt	
Vannregionkoordinator	Sogn og Fjordane	Vannregion	Sogn og Fjordane
Vannområde	Nordfjord	Fylke	Oppland, Sogn og Fjordane, Møre og Romsdal
Kommune	Skjåk, Stryn, Stranda		

### Vanntype

Vanntype navn	RWM2202	Størrelse	Middels (10 - 100 km <sup>2</sup> )
Vanntypekode	Elv	Klimasone	Middels(200-800moh.)
Vannkategori	Vestlandet	Kalsium	Kalkfattig (Ca = 1 - 4 mg/l, Alk = 0.05-0.2 mekv/l)
Økoregion		Humus	Sett til turbid
Nasjonal vanntype		Turbiditet	Brepåvirkede (STS > 10 mg/L (uorganisk andel minst 80%))

### Økologisk tilstand

Økologisk tilstand	Tilstand basert på	Informasjon mangler																
<b>God</b>	Presisjon	Lav																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>KVALITETSELEMENTER</th> <th>TILSTAND</th> <th>ÅR FRA</th> <th>ÅR TIL</th> <th>GYLDIG</th> <th>KILDE</th> <th>VERDI</th> <th>DATO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="8"> </td> </tr> </tbody> </table>			KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	ÅR FRA	ÅR TIL	GYLDIG	KILDE	VERDI	DATO								
KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	ÅR FRA	ÅR TIL	GYLDIG	KILDE	VERDI	DATO											

### Vannregionspesifikke stoffer

KVALITETSELEMENTER	TILSTAND	ANTALL	ÅR FRA	ÅR TIL	GYLDIG	KILDE	MAKS	GJ.SNITT	DATO

### Kjemisk tilstand

Kjemisk tilstand	Presisjon	Lav
Ukjent		

### Påvirkning

	PÅVIRKNINGSGRAD	EFFEKT	KOMMENTARER	DISSENS
<b>Langtransportert forurensning</b>				
<b>Forsuring</b>				
Diffus - sur nedbør	Ukjent grad	Forsuring		Nei
<b>Avløpsvann</b>				
<b>Diffus forurensning</b>				
Diffus avrenning fra spredt bebyggelse	Liten grad	Næringsforurensning	kommentarer frå pilotfasen: Kan vera ein del spredte avløp her. Videdøla: gir avløp redusert vasskvalitet i elva? Melding om mogleg ureining bør sjekkast ut. Sett ned til lita grad i 2018, det er ikkje mange septiktankar her.	Nei
<b>Urban utvikling</b>				
<b>Fysisk endring</b>				
Fysisk endring grunnet annen ingeniørvirksomhet	Ukjent grad	Endret habitat som følge av morfologiske endringer - inkludert overføringer	Moderat med kanalisering men ukjent i kor stor grad dette belastar elva.	Nei

**Figur 5-4 Rapportert informasjon om vannforekomst «Hjelledøla med sideelver» (inkludert Videdøla) i Vann-Nett [NVE, 2019b].**



▼ Tiltak

TILTAKS ID	TILTAKSNAVN	TILTAKSTYPE	PÅVIRKNING	UNNTAK	TILTAKSSTATUS
5106-379-M	Stryn kommune - Forsura elvar §9	Internasjonale avtaler	Diffus - sur nedbør	(1)	Startet
5106-863-M	Stryn kommune - Fys endring elv problemkartlegging	Forbedring av kunnskapsgrunnlaget	Fysisk endring grunnet annen ingeniørvirksomhet	(1)	Utsatt

Effekt fra tiltak på andre vannforekomster

TILTAKS ID	TILTAKSNAVN	TILTAKSTYPE	PÅVIRKNING	UNNTAK	TILTAKSSTATUS
------------	-------------	-------------	------------	--------	---------------

▼ Miljøsmål

Økologisk

God

Oppnår miljømål:

Miljømålet nås 2022--2027

Unntak registrert:

§9:Utsatt frist av tekniske årsaker

Kjemisk

God

Oppnår miljømål:

Miljømålet oppnås

Unntak registrert:

Risiko

Risiko

▼ Generell informasjon

Tiltaks ID	5106-379-M	Navn	Stryn kommune - Forsura elvar §9
Tiltakstype	Internasjonale avtaler	Tiltaksgruppe	KTM25 – Tiltak for å motvirke sur nedbør
Beskrivelse	Göteborgprotokollen - internasjonal miljøavtale som regulerer utslippene av svovel og nitrogen til luft. Avtalen trådte i kraft i 2005. Hovedkilden til forsursproblemet befinner seg utenfor Norges grenser. Fortsatt reduksjon i tilførsler av svoveldioksid og nitrogenoksid er viktig.		
Påvirkning	Diffus - sur nedbør	Forebyggende	Avbøtende
Prioritet	Neste planperiode	Virkemiddeleier	Miljødirektoratet
Virkemiddel	Göteborgprotokollen		
Kommentar			

**Figur 5-5 Rapportert informasjon om vannforekomst «Hjelledøla med sideelver» (inkludert Videdøla) i Vann-Nett [NVE, 2019b].**

### 5.3 Videre saksgang

Bygging av småkraftverk krever normalt søknad om konsesjon til NVE i henhold til Vannressursloven. Tiltakshaver må sende en skriftlig orientering om planene til NVE. Dette er gitt av et meldingsskjema som er tilgjengelig fra NVE sine hjemmesider, og det er typisk allmenne interesser omkring vassdragsmiljø, landskap og friluftsliv de vil vurdere. Hvis NVE vurderer at tiltaket ikke påvirker allmenne interesser så kan de imidlertid gi konsesjonsfritak, og tiltaket behandles da av kommunen etter plan- og bygningsloven.

NVE avgjør konsesjonsplikten i samråd med Fylkesmannen og kommunen. I praksis vil de aller fleste nye kraftverk med installasjon over 1 MW være konsesjonspliktige. Småkraftverket i Videdøla vil ligge i nærheten av 1 MW. Anbefalingen fra NVE er at tiltakshaver for slike kraftverk bør sende konsesjonssøknad til NVE uten først å be om å få avgjort konsesjonsplikten. Dette vil spare tid og ressurser både for tiltakshaver og styresmaktene.

Mer informasjon om dette og en oppsummering av generell saksgang for småkraftverk finnes i Kap. 3.2 i [NVE, 2011].

## 6 Vurdering av mulighetene for hydrogenproduksjon

Bruk av hydrogen som et energilager er blitt nevnt som en mulighet for å øke forsyningssikkerheten til vannkraftanlegget (Alternativ C i Kap. 5.1). I dette prosjektet har en gruppe studenter sett på muligheten ved å installere en toveis brenselcelleløsning som kan produsere hydrogen de timene i døgnet skisenteret ikke er i bruk, og supplere kraftverket (som da bygges en del mindre) med ekstra effekt for å ta hånd om topplasten.

En brenselcelle er en innretning som konverterer elektrisk energi til et spesielt drivstoff, eller andre veien - fra drivstoff til elektrisk energi. Drivstoffet her kan være mye forskjellig, men i denne konteksten er en brenselcelle basert på hydrogen det mest vanlige. Konverteringsprosessen skjer gjennom en kjemisk prosess der hydrogen, oksygen og vann er de tre reaktantene. Hydrogen er av mange spådd til å bli fremtidens energibærer, og brenselcellens versatilitet gjør at overskuddsenergi fra vindkraftanlegg, isolerte vannkraftverk, solkraftverk osv. enkelt kan mellomlagres til senere bruk. I tillegg er det et enormt potensial i forhold til elektrifisering av transportsektoren både marint og på land gjennom bruk av brenselceller.

Brenselcelleløsninger er veldig fleksible og kan kobles i parallell for å oppnå den ønskede effekten og spenningen. Løsningene kan installeres direkte ved kraftverket, og siden det er få bevegelige deler i en brenselcelle, er vedlikeholdsbehovet svært lavt. Dessverre er hydrogenbrenselceller dyre installasjoner som kommersielt sett er i startfasen i den størrelsen som er aktuelt her. Videre er den totale virkningsgraden til hele energilagringprosessen (elektrisitet-hydrogen-elektrisitet) veldig lav (30-40% [ESA, 2019]) sammenlignet med tradisjonell batterilagring som har en tilsvarende effekt på 90-95% [Research Interfaces, 2018].

Kombinasjonen med hydrogenproduksjon og minivannkraft er blitt studert i detalj i et separat prosjekt [Sundseth, 2019], og hovedkonklusjonen fra prosjektet er at dette kan være lønnsomt hvis både hydrogen og oksygen lar seg selge lokalt. Hydrogen kan brukes som drivstoff i veitransport, mens restproduktet oksygen kan eventuelt brukes i settefiskanlegg – slike anlegg er avhengige av å tilføre oksygen til vannet. Disse alternativene er neppe relevante i tilfelle vannkraftproduksjon ved Tystigbreen.

## 7 Oppsummering og konklusjon

Strømproduksjonen hos Strynefjellet Sommerski er per i dag basert på bruk av et dieselaggregat, og det er et sterkt ønske fra både Sommerskisentret og Stryn Kommune om å bytte til fornybar energiproduksjon. I denne rapporten er tre ulike alternative energiforsyningssystem blitt evaluert: småskala vannkraft, solkraft og framføring av kraftlinje fra Videsæter (6 km). Estimert total investeringskostnad ligger på 11, 30 og 20 MNOK for henholdsvis vannkraft, solkraft og framføring av kraftlinje. Småskala vannkraft kommer ut som det beste alternativet med tanke på både kostnader og påvirkninger i naturmiljøet, og dette alternativet er blitt evaluert i mer detalj i rapporten.

Det er flere fordeler ved bruk av småskala vannkraft ved sommerskisentret. Periodiseringen av tilsiget i elva Videdøla faller sammen med når det er behov for strøm grunnet bresmelting – ofte er situasjonen det motsatte. For mesteparten av skisesongen er det mer enn nok vann tilgjengelig. I tørre og kalde perioder vil det oppstå situasjoner da kapasiteten er ikke tilstrekkelig for å dekke hele strømbehovet, men leveringssikkerheten kan økes med et lite inntaksbasseng.

Småkraftanlegget vil bygges nær eksisterende infrastruktur, noe som vil minimere inngrepet i naturmiljøet. Et eventuelt inntaksbasseng kan bygges av naturlige materialer (stein) slik at den vil passe i omgivelsene. Området opp mot planlagt inntak av småkraftverket er i dag allerede et oppstrøms vandringshinder for fisk, men et småkraftanlegg vil kunne forårsake dødelighet for eventuell nedvandrende fisk fra Langvatnet.

Et innovativt alternativ som er blitt betraktet i rapporten er kombinerings av småkraftanlegget med produksjon og lagring av hydrogen ved bruk av en brenselcelle. Dessverre er hydrogenbrenselceller dyre installasjoner som kommersielt sett er i startfasen i den størrelsen som er aktuelt her. Videre er den totale virkningsgraden til hele energilagringsprosessen (elektrisitet-hydrogen-elektrisitet) veldig lav, og et inntaksbasseng vil mest sannsynlig være en mer lønnsom måte for å øke forsyningssikkerheten på.

## Referanser

- [Artsdatabanken, 2017] Artsdatabanken (2017). Artskart.
- [Bache et al., 2010] Bache, D., Fladen, B., and Holmqvist, E. (2010). Veileder i planlegging, bygging og drift av små kraftverk. [http://publikasjoner.nve.no/veileder/2010/veileder2010\\_01.pdf](http://publikasjoner.nve.no/veileder/2010/veileder2010_01.pdf). Veileder nr. 1/2010.
- [Bergström & Forsman, 1973] Bergström, S., & Forsman, A. (1973). Development of a conceptual deterministic rainfall-runoff mode. Nord. Hydrol, 4, 240-253.
- [ESA, 2019] Energy Storage Association (ESA) (2019). Hydrogen Energy Storage. Lest fra <http://energystorage.org/energy-storage/technologies/hydrogen-energy-storage> den 19.6.2019.
- [Europe-Solarstore, 2019] Europe-Solarstore.com (2019). Lest på <https://www.europe-solarstore.com/> den 11.2.2019.
- [Harby, 2019] Harby, A. (2019). Informasjon om utslippstall fra norsk vannkraftproduksjon. Personlig kommunikasjon med seniorforsker Atle Harby, SINTEF Energi. 12.4.2019.
- [IPCC, 2011] International Panel for Climate Change (IPCC) (2011). Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., Zwickel, T., Eickemeier, P., Hansen, G., Schlömer, S., et al, Eds. IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA.
- [JRC, 2017a] Joint Research Centre (JRC) of the European Commission (2017). Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). Tilgang via [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP) den 8.2.2019.
- [JRC, 2017b] Joint Research Centre (JRC) of the European Commission (2017). Overview of PVGIS data sources and calculation methods. Tilgang via [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_static/methods.htm](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_static/methods.htm) den 8.2.2019.
- [NINA, 2019] Norsk institutt for naturforskning (NINA) (2019). Miljø-DNA. [www.nina.no/Vare-fagomrader/Miljøovervaking/Miljø-DNA](http://www.nina.no/Vare-fagomrader/Miljoovervaking/Miljo-DNA) (7. april, 2019).
- [NVE, 2011] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) (2011). Rettleiar i planlegging, bygging og drift av små kraftverk, 4/2011.
- [NVE, 2018] NVE Veileder 6/2018. Kartlegging og dokumentasjon av naturmangfold ved bygging av små kraftverk - revidert utgave. Mal for utarbeidelse av rapport. ISBN: 978-82-410-1775-9. ISSN: 1501-0678. 2018.
- [NVE, 2019a] NVE (2019). NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse. Tilgang via <http://nevina.nve.no> i januar 2019.
- [NVE, 2019b] NVE (2019). Vann-Nett - inngangsportalen til informasjon om vann i Norge. Tilgang via <https://vann-nett.no/portal/> i mars 2019.

[Rønningen, 2019] Personlig kommunikasjon med Odd Rønningen, Miljøvernleder ved Stryn Kommune, den 12.4.2019.

[Research Interfaces, 2018] Research Interfaces (2018). Lithium-ion batteries for large-scale grid energy storage. Lest fra <https://researchinterfaces.com/lithium-ion-batteries-grid-energy-storage/> den 19.6.2019.

[SINTEF, 2019] SINTEF (2019). Upubliserte måledata av utslipp av drivhusgasser fra Foldsjøen i Møre og Romsdal og Svartevassmagasinet i Agder.

[Stryn sommerski, 2018] Personlig epost fra Nina Lensebakken, daglig leder til Stryn sommerski, den 10.5.2018.

[Sundseth, 2019] Sundseth, K., Møller-Holst S., Midthun, K. T., Nørstebø, V. S. Hydrogenproduksjon ved småkraftverk - Del 3: Potensial for lønnsom utbygging av vassdrag i Rullestad. NVE, 2019.

[Ørjasæter, 2018] Personlig kommunikasjon med Hans Ørjasæter, Stryn Energi. 19.12.2018.



Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)