

Advokatfirma
FELLAND

NVE
Pb 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Advokat Olav Felland (H)
og jordskifte kandidat
Advokat Vetli Felland og
Master økonomi og admin.
Kontorsjef Randi J. Felland
Tlf. 350 77677
(H) = Møterett for Høgsterett

29. november 2024

Brevet er bare sendt på e-post: uttalelse@nve.no

**Kommentarer til høring om konsesjon om bygging av fem nye kraftverk,
oppgradering og utvidelse av eksisterende anlegg. NVE sin ref: 202320330**

1 Innledning

NVE har i brev fra 23. april 2024, sendt to konsesjonssøknader på høring:

- Revisjon av konsesjonsvilkår for Røldal-Suldal reguleringen i Ullensvang og Suldal
- Søknad om konsesjon til bygging av fem nye kraftverk i de samme vassdraga

Høringsfristen var 31. august, men er etter avtale utsatt til 30. november 2024. Vi har skilt mellom de to høringene. Dersom det viser seg at noen av innspillene skulle vært rubrisert under den andre høringssaken, legges det til grunn at høringsinnspillene ses under ett.

Røldal Suldal Kraft DA (heretter RSK) omtaler prosjektet som: «opprusting og utvidelse av Røldal Suldal kraftverk». I brevet fra NVE fra 23. april 2024, brukes betegnelsen: «søknad om konsesjon til bygging av fem nye kraftverk i dei samme vassdraga.» NVE sin betegnelse er god; det søkes om nybygg, samt opprusting og utvidelse.

RSK har en misvisende overskrift på konsesjonssøknaden. Vi krever at RSK slutter å bruke den villedende overskriften, og f.eks. kaller det planlagte tiltaket: Søknad om ny konsesjon til bygging av fem nye kraftverk, samt oppgradering og utvidelse av eksisterende anlegg.

2 Hvem er berørte grunneiere/rettighetshavere m.v.?

Innledning

Neddemmingen av Valldalsvatnet i Valldalen er 80 meter, fra kote 665 til kote 745. Votna er neddemt 45 meter, fra kote 975 til kote 1 020. Det planlagte pumpekraftverket Novle 2 utnytter fallet mellom Votna og Valldalsmagasinet. Endringene i magasinnivået i begge vannene vil inntreffe oftere, være uten varsel og i praksis bevege seg opp og ned med kraftprisene.

RSK har en tabell i konsesjonssøknaden på side 66, over hvilke eiendommer «som berøres av utbyggingen». Ingen av grunneierne i Valldalen er listet opp som berørt. Det er feil, da grunneierne i Valldalen blir berørt i betydelig grad.

Rettslig utgangspunkt mv.

I oreigningslova fra 23. oktober 1959 § 11 første setning heter det:

«I søknad som vert lagd fram for Kongen – eller styringsorgan med fullmakt etter § 5 – skal det, så langt råd er, vera gjort greie for kven oreigningsinngrepet råkar, kva det går ut på og inngrepsføremålet.»

Konsesjonssøknaden må angi hvem inngrepet «råkar». Oreigningslova suppleres med saksbehandlingsregler i vassdragsreguleringsloven kapittel 3. Høyesterett har i HR-2011-2010-A behandlet spørsmålet om hvem som er berørte mv. Avgjørelsen gjald den tidligere saksbehandlingsregelen i vassdragsreguleringsloven § 6, men har overføringsverdi til vårt tilfelle. I avgjørelsen avsnitt 40 heter det:

«For tiltak som omfattes av vassdragsreguleringsloven, vil det ikke alltid være enkelt å fastslå hvem som blir berørt av tiltaket – og heller ikke hvem som blir berørt på en slik måte at de må anses som part etter forvaltningslovens regler. Det vil derfor i en viss utstrekning være nødvendig å bruke reglene om offentlig kunngjøring. Men de grunneiere man er klar over – eller som man uten urimelig store vanskeligheter kan skaffe seg rede på – og som vil bli berørt av tiltaket på en slik måte at de må anses som parter etter forvaltningslovens bestemmelser, må varsles i tråd med forvaltningslovens regler. Et slikt varsel vil også oppfylle kravene i oreigningsloven. Øvrige berørte må anses å få forhåndsvarsel gjennom kunngjøring.»

I forbindelse med utbyggingene til RSK på midten/slutten av 1960-tallet, ble det avhjemlet underskjønnet 3. april 1965, og overskjønn 24. mai 1966. For å avgjøre om det er berørte/råka parter i denne konsesjonssaken, må det tas stilling til hva som ble rettskraftig avgjort i avtaler og skjønn på 1960-tallet.

Hva er det tidligere fastsatt erstatning for?

Konsesjonen RSK fikk, fastsatte følgende i overskjønnet på side 8, punkt 11. bokstav e):

- e) fast båtrute på Valdalsmagasinet i sommertiden og weaselrute i Valdalen fram til Middalen i vintertiden, særlig av hensyn til seterdrift, turisttrafikk, jakt og fiske og transport av ved, (kfr. nå forutsetninger for Valdalen pkt. 8),

I de alminnelige skjønnsforutsetningene punkt 8 og 9 på side 27 går det fram at kommunen og grunneierne aksepterte at RSK bygget veg på vestsiden av Valldalsvatnet og drifteveg på deler av østsiden av vatnet. Overskjønnet la til grunn at vanlig ferdsel vinterstid skulle skje på islagt magasin, se også konsesjonsvilkårene side 12, punkt 27 om merking av de «partier på isen på magasinene som blir farlig svekket».

Overskjønnet fastsatte videre at grunneierne fortsatt vil kunne selge hyttetomter, og ha inntekter av turisme, se skjønnet side 38, der det blant annet heter:

spredte hyttetomter. Det er også tatt hensyn til at grunneierne fortsatt har områder hvor de kan selge hyttetomter. Men overskjønnet antar at det — etter at man har fått Valdalsmagasinet — vil bli mindre etterspørsel etter tomter og at grunneierne ikke vil kunne regne med å få de priser de ellers ville ha fått. Dette som følge av skjemmet natur og ødelagt fiske. På østsiden av Valdalsmagasinet blir det for øvrig — bortsett fra Kjømberget — neppe tilbake egnede hyttetomter etter neddemningen.

Adkomst vinterstid er ikke problematisert i overskjønnet, og det viser at erstatningsutmålingen har hatt som forutsetning at Valldalsvatnet fortsatt skulle brukes til adkomst vinterstid. Det går heller ikke fram av overskjønnets gjennomgåelse under de enkelte eiendommene/takstnummerene at det er gitt erstatning for vanskeliggjort adkomst vinterstid. Dersom Novle 2 kraftverk skal slippe vann inn i Valldalen vinterstid, er det sannsynlig at isen vil smelte flere hundre meter fra Valldalsdammen. Isen vil også bli «landløs».

Konsekvenser av pumpekraftverket Novle 2 og Røldal 2 mv.

I konsesjonssøknaden fra RSK skrives følgende på side 80-81:

«For de magasinene som blir berørt av utbyggingsplanene er det forventet at det vil bli endringer. Kunnskapsgrunnlaget knyttet til hvordan pumpekraftverk påvirker isforholdene er begrenset i Norge i dag, og det finnes derfor lite dokumentasjon på og erfaring med hvordan innføring av pumpe-turbiner vil påvirke isforholdene. Påvirkningen vil i stor grad avhenge av hvordan kraftverket kjøres, og kjøremønsteret vil igjen i stor grad avhenge av tilsiget til enhver tid og prisen på elektrisk kraft/tilgang på kraft fra andre kilder.»

Som det går fram av RSK sin uttalelse hefter det stor usikkerhet om pumpekraftverkets innvirkning på isforholdene. Vassdragsloven § 11 tredje ledd fastsetter at departementet kan pålegge at RSK skal: «foreta eller bekoste undersøkelser eller utredninger som trengs for å klarlegge fordeler eller ulemper av tiltaket.» Det **kreves at NVE pålegger RSK å innhente en uavhengig vurdering** av hva det vil si med et pumpekraftverk som hvert døgn kan øke eller redusere vannstanden i Valldalsvatnet med 2 meter.

Med dagens krav til helse-miljø og sikkerhet (HMS), er det naturlig å legge til grunn at det periodevis vil bli forbundet med livsfare å bruke Valldalsvatnet og Votna som tilkomst vinterstid. Grunneier krever at RSK/Hydro som operatør, opplyser hvilke regler de har for sine ansatte når det gjelder ferdsel på Valldalsvatnet og Votna i dag.

Grunneiere som har bygg i Valldalen og Votna er avhengige av å kunne ha tilsyn til byggene. Det kan komme storm eller lignende som gjør at byggene må sikres. Med pumpekraftverk på Votna og Valldalen, vil ferdsel vinterstid i praksis opphøre.

Det betyr at grunneierne må få erstatning dersom pumpekraftverkene blir realisert. Det vises blant annet til høringsnotat fra 26. august 2024 fra Tveito, der det går fram:

Høringsuttalelse ang Røldal Suldal Kraft søknad www.nve.no/8571/V f vilkårsrevisjon

Presentasjon :

Mitt navn er Nils Tveito. Eg har arbeidd periodevis for Hydro Røldal - Suldal Kraft som anleggsarbeidar .1.august 1977 vart eg tilsett som damvoktar for Hydro Energi, vestre vassdrag .Gjekk av med pensjon 1.august 2007.

Som dammvoktar i 30 år gjorde eg og mine arbeidskameratar vårt ytterste for at allmenheten, samt grunneigarane i reguleringsområda skulle kunne ferdest trygt over dei regulerte vatn som Hydro hadde ansvar for i Røldal og Suldal (RSK). Til tider svært utfordrande.

Valldalsmagasinet , 80m regulering :

Det er mange saker som kunne belyst, men hovedpunkta mine er den ekstremt farlege adkomsten til Valldalen vinterstid. Særleg frå dammen og inn forbi Hellemorusta. Regulering av Valldalen skulle aldri kome i gang utan ein skikkeleg konsekvensanalyse på framtidig adkomst.

For god ordens skyld presiseres det at det er uten betydning at RSK ikke krever endret manøvreringsreglementet for Valldalsvatnet eller Votna. Det vil være «jo-jo» kjøringen som tilsier at adkomstmulighetene over isen i praksis vil forsvinne vinterstid.

Konsekvenser for høring og eventuell ekspropriasjonssak mv.

Grunneierne som bruker Valldalsvatnet vinterstid som tilkomst til sine eiendommer, er å anse som parter i høringsprosessen, og som råka/berørte i en ekspropriasjonssak, jf. oreigningslova § 11. Det må derfor inngås avtaler med grunneierne, eller gjennomføres nye skjønn for alle eiendommer som blir som blir berørt av pumpekraftverk.

Subsidiært er grunneiere innenfor Valldalsdammen «andre interesserte», jf. vassdragsreguleringsloven § 13 første ledd. Disse partene har krav på dekning av nødvendig juridisk og annen sakkyndig hjelp. I forskrift fra 30. juni 2021 nr. 2314 er denne avgjørelsen delegert til NVE.

3 Fallerstatning og ulempe-erstatning for pumpekraftverk

Oreigningslova § 1 definerer hva som er et oreigningsinngrep. Grunneiere og berørte fikk erstatning for RSK sitt erverv av fallrettigheter, regulering og utbygging, jf. forskrift fra 21. desember 1962. Hydro endret konsesjonssøknaden, og sendte oppdatert søknad 20. april 1963. Ny forskrift ble gitt 10. juli 1964, der det ble vist til konsesjonssøknaden. Pumpekraftverkene som nå planlegges, var ikke omfattet av ekspropriasjonsinngrepene på 1960-tallet. I boken Vassdrags- og energirett fra 2002 skiver forfatterne Falkanger og Haagensen nederst på side 519:

«Vannkraft produseres gjennom utnyttelse av vannmasse og fall. I og for seg kunne begge komponenter vært gjenstand for omsetning eller for erstatning etter salgsverdi ved ekspropriasjon.»

I Rt. 1963 s. 1288 i Tokke-Vinje utbyggingen uttalte Høyesterett følgende på side 1295:

«Det er utvilsomt riktig at reguleringsmagasin er av vesentlig betydning for utnyttelsen av vannfall. For så vidt kunne det ikke være noe i veien for å tilkjenne eierne av magasingrunn andel i den verdi som skapes ved kraftutbygging.»

Når utviklingen hos oss har ført til at verdiene ved mulig kraftutbygging vesentlig er blitt knyttet til fallene, antar jeg det henger sammen med de rettsregler vi har hatt om rådigheten over vassdrag, og med at elektrisitetsutbyggingen begynte med en utnyttelse av fosser uten regulering, slik at fallene er blitt oppfattet som det vesentlige.» (Vår understrekning).

Pumpekraftverkene som RSK nå søker om konsesjon for, avviker fra tidligere tiders kraftutbygging. Pumpekraftverk kan bruke det samme vannet ved å pumpe vannet mellom to naturlige eller kunstige magasin. Dette kan gjøres uavhengig av nedbør, naturlig tilsig, og uavhengig av om det går en elv mellom magasinene.

Det gjør at formålsbetraktningene, begrunnelsen og resultatet til tidligere tiders rettspraksis om at det bare er fall i elvene mellom to magasin som skal erstattes, ikke står seg. Det er ved pumpekraftverk ikke grunnlag til å tolke Grunnlovens § 105 innskrenkende, i disfavør av grunneierne. Grunneierne har krav på fallerstatning for vannet som skal benyttes i pumpekraftverkene, samt erstatning for ulempene mv.

Erstatningen vil være, som Høyesterett var inne på i Rt 1963 side 1288, en «*andel i den verdi som skapes ved kraftutbygging*». Det er tilsvarende det Høyesterett har fastsatt for småkraftutbygging i Ulebergdommen HR-2008-87-A, og påfølgende rettspraksis. I de senere 10-årene er det også for vindkraftutbygginger lagt til grunn at grunneierne skal ha del av omsetning/verdiskapning som utbygging av vindmøller fører til.

4 Ikke grunnlag for deler av tiltakene som RSK søker om konsesjon for

Utgangspunkt

I vassdragsreguleringsloven heter det i § 5 første ledd:

«Konsesjon etter denne lov kan bare gis hvis fordelene ved tiltaket overstiger de skader og ulemper for allmenne eller private interesser som blir berørt av tiltaket. Det skal også tas hensyn til andre skade- og nyttevirkninger av samfunnsmessig betydning.»

Fordelene ved tiltaket overstiger ikke skader/ulemper. RSK har ikke dokumentert de store ødeleggelsene som særlig Valldalen og Røldalsvassdraget har blitt påført. RSK har omfattende dokumentasjon over disse ødeleggelsene etter nærmere 60 års drift.

Korte kommentarer om økonomiske aspekt ved utbyggingen

RSK opplyser i sammendraget i konsesjonssøknaden at effekten vil øke med 665 MW, der 500 MW er ny pumpekapasitet. Videre skriver RSK følgende om utbyggingsplanene:

«Samlet sett vil den omsøkte løsningen i tillegg gi brutto ca. 800 GWh økt årlig kraftproduksjon.»

RSK nevner ikke i sammendraget at pumpekraftverkene krever så mye energi, at utbyggingsløsningen vil føre til netto tapt kraftproduksjon.

I konsesjonssøknaden punkt 3.3 på side 19 og 20 er det oversikt over hoveddata. En eventuell utbygging vil føre til:

Eksisterende kraftverk i dag	3 324	GWh
Eksisterende kraftverk etter ombygging	2 220	GWh
Brutto nye kraftverk	1 898	GWh
Pumpekraft til fradrag	- 914	GWh
Samlet netto produksjon etter ombygging	3 204	GWh
Samlet netto produksjonsreduksjon	120	GWh

RSK skriver på side 3 i konsesjonssøknaden:

«Vi forventer at kommunen vil få økte skatteinntekter med dagens ordninger.»

Ovennevnte setning er uklar. Får kommunen økte inntekter ved eventuell utbygging, eller får kommunen ikke økte inntekter? Det er viktig for å klargjøre om vilkårene for konsesjon er oppfylt eller ikke, om kommunene faktisk vil få betydelige økte inntekter.

Dette gjelder ikke bare skatteinntekter, men også konsesjonskraft, avgift mv. Vi krever at NVE pålegger RSK å **innhente en uavhengig vurdering av hvor store økte inntekter Ullensvang og Suldal kommuner vil få** av de omsøkte tiltakene, jf. vassdragsreguleringslova § 11 tredje ledd. Ullensvang kommune har f.eks. ikke råd til å utføre nødvendig vedlikehold av Kv 4618 inn i Valldalen.

Effektene på villreinen

Eventuell utbygging av Novle 2 og Røldal 2, med påfølgende hyppige vannstandsendringer, vil føre til at villreinens trekkmuligheter over isene på Votna og Holmevatnet svekkes. Villreinen er rødlistet, i kategorien «nær truet». For Holmevatn, Votna og Valldalsvatnet vil pumpekraftverkene føre til mer oppsprukket is ved land. Dette vil føre til at trekkrutene for villreinen på Votna og Holmevatn blir vanskeliggjort. I tillegg til at det er nasjonale og internasjonale forpliktelser knyttet til villreinen, vil dette føre til økonomisk tap. Grunneierne slutter seg til Statsforvalteren i Vestland sin konklusjon i høring datert 30. oktober 2024:

«Røldal 2 og Novle 2 pumpekraftverk ser derimot ut til å få vesentlige negative konsekvenser for to villreinområde, og kan komme i konflikt med nasjonale miljøverdiar.»

Også for Holmevatn vil Kvanndal 2 pumpekraftverk påvirke villreinstammen negativt, og føre til økonomisk tap for berørte eiendommer. Statsforvalteren i Rogaland uttaler følgende i sin høringsuttalelse 30. oktober 2024:

«...at Kvanndal 2 pumpekraftverk – og effektene pumpekraftverket vil ha på Holmevatnet – vil komme i konflikt med tiltaksplanar og Setesdal Ryfylke villreinområdet og nasjonale mål for villrein.»

Konsekvenser av pumpekraftverk mv.

Vi legger ved en sluttrapport fra et forskningsprosjekt om effektreguleringer fra 1996 til 2000, se vedlegg 1. Prosjektet var utført blant annet av UiB, UiO, NIVA, Meteorologisk institutt, NVE og Statkraft. Forskningsprosjektet ble gjennomført med fullskalaforsøk i Våmarvatn og Vinjevatn. I tillegg til utrygge isforhold, var konklusjonene blant annet:

- Endrede strømningsforhold,
- Temperaturvariasjoner,
- Økt grunnvannserosjon,
- Økt bølgeerosjon,
- Dannelse av raviner, og utglidninger,
- Generelt negativt for biologiske forhold i magasinene,
- Nedgang i planteplanktonproduksjon,
- Stranding av fisk,
- Tørke og frostskaider på vannvegetasjon,
- Reduser verdi som fiskevann.

I Teknisk Ukeblad 23. desember 2009 uttalte daværende ordfører i Vinje:



KRITISK: Ordfører i Vinje, Arne Vinje, frykter at økt effektkjøring skal påføre kommunen større miljøødeleggelser. (FOTO: Mona Sprenger)

Når det gjelder sommeradkomst er østsiden av Valldalsvatnet avhengig av båt, da den kommunale Valldalsvegen KV 4618 stopper nord for vannet. Med pumpekraftverket Novle 2, vil adkomsten med båt bli betydelig forverret også sommerstid. Dette punktet kommenteres nærmere i revisjonsdokumentet for RSK, NVE sitt saksnummer: 201913014.

Oppsummering

Fordelene er ikke større enn skadene og ulempene ved tiltaket, og vilkårene i vassdragsreguleringslova § 5 er ikke oppfylt.

5 Ikke hjemmel til ekspropriasjonstillatelse samtidig som eventuell konsesjon

Det har ikke vært forhandlinger mellom RSK og de partene som det kreves ekspropriasjonstillatelse ovenfor. Dette er i strid med den såkalte forhandlingsforskriftens § 1 til oreigningslova § 29. RSK sin søknad om ekspropriasjonstillatelse kan ikke innvilges samtidig som eventuell konsesjonssøknad innvilges.

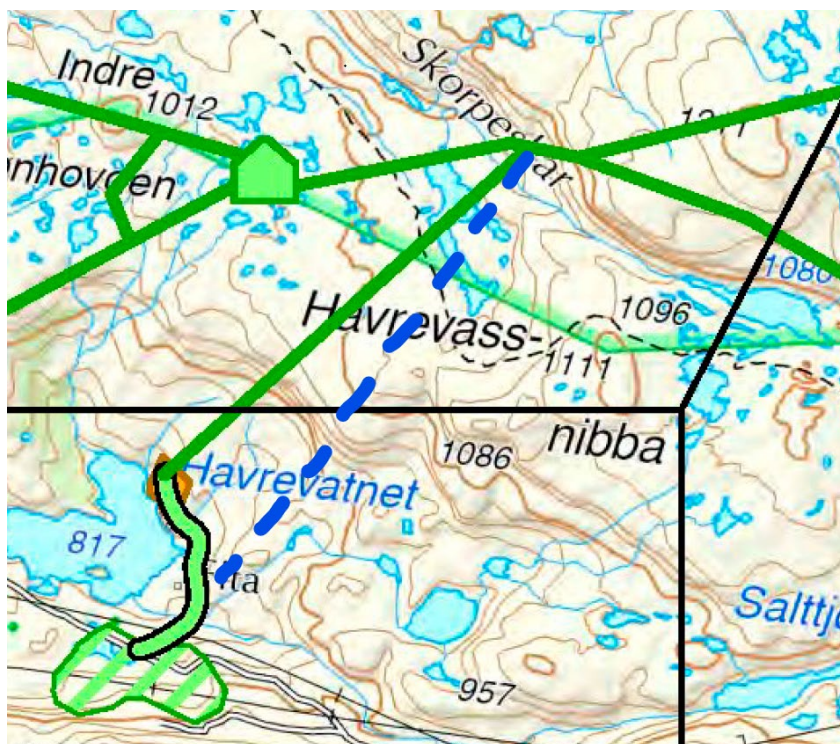
Inngrepene RSK søker om ekspropriasjon til, er ikke tilstrekkelig begrunnet i konsesjonssøknaden. Dette gjelder blant annet forholdet mellom hva RSK har adgang til å utføre basert på tidligere skjønn og avtaler, og hvilke inngrep som er nye og som trenger ekspropriasjonstillatelse, jf. oreigningslova § 11.

6 Kommentarer til berørte eiendommer jf. RSK sin tabell 3-7

Suldal kommune: Gnr 68 bnr 2 og bnr 4 – Tom Kristian Hagen

Gnr 68 bnr 2 og bnr 4 er en landbrukseiendom med driftssenter i Bleskestad, der det blant annet er sauedrift. Eiendommen har i overkant av 100 vinterfora sauer, og grunneier har planer om bygging av nytt fjøs. I RSK sin konsesjonssøknad side 66 er det anført at grunneier bare er berørt ved at det skal gå en kraftledning over eiendommen. RSK sin oversikt er mangelfull, da gnr 68 bnr 2 og bnr 4 i tillegg blir berørt ved det planlagte inngrepet ved støylen ved Havrevatnet, samt vegen forbi gårdstunet.

RSK planlegger å bygge en veg tvers gjennom støylsområdet fram til et tunellinnslag. Det nevnes at støylsområdet til gnr 68 bnr 2/4 ligger på gnr 68 bnr 3 sin eiendom. Fra dette området skal det tas ut ca. 410 000 m³ løse masser med fjell. Dersom det legges til grunn 10 m³ pr lastebillass vil det kjøres over 40 000 lastebiler over støylsvollen og til deponiet ved Øykhelleren.



Grunneier forslår at NVE pålegger RSK å vurdere bygging av en alternativ tunell noen meter øst for den planlagte tunellen. Forslaget til tunelltrase er markert med blå stiplet linje på kartet over. Grunneier og RSK hadde befarings 4. november 2024, der løsningen ble diskutert. Det er flere fordeler ved å flytte tunellinnslaget noen meter mot øst:

- Ved flytting mot øst, blir ikke støylsområdet Fita rasert. RSK har i konsesjonssøknaden vedlegg 4.6 lagt ved en Norconsult rapport som på side 54-56 beskriver støylsområdet mv. Norconsult beskriver støylsområdet på følgende måte:

«Trolig representerer området en bruk etter 1600-tallet da befolkningen tok seg opp etter svartedauden. Det er ikke registrerte automatisk fredede kulturminner i området og støylsvollen er registrert som uavklar.»

Grunneier er av den oppfatning at Norconsult sin vurdering av støylen og støylsvollens kulturhistoriske verdi, er for lett. I medhold av vassdragsreguleringslova § 11 tredje ledd, bes det om at **NVE pålegger RSK f.eks. å få fylkeskommunen til å nærmere vurdere den kulturhistoriske verdien.** Vi nevner også at det i den gamle støylsbua er kulehull fra 2. verdenskrig, da tyskerne var på jakt etter tungvannsabotøren Knut Haukeli. Støylsbua er således et kulturminne fra andre verdenskrig. Etter vår oppfatning er det svært uheldig om støylsområdet blir utsatt for omfattende inngrep.

- Ved flytting av tunellinnslaget og riggområdet mot øst, så vil det bli bedre opptak av avrenninger fra tunellen. RSK har planlagt innslaget til tunellen bare noen meter fra Havrevatnet. Fra et forurensningsståsted er det ønskelig med lengre avstand fra vann. Avrenning fra tunellmasser, slam, søl av hydraulikkolje mv. vil bedre kunne håndteres ved at tunellen flyttes.
- RSK sitt planlagte anlegg ved Fita støylen vil dele beiteområdet til gnr 68 bnr 2 og bnr 4 i to.

Vedlegg 2, er kart som viser hvor dyrene holder seg på sommerbeite.

Det er normalt mye sau i områdene rundt støylsvollen om natta, mens de trekker ut på dagtid. Som påvist til RSK under befarings 4. november 2024, har Hagen slikkesteinen omtrent i rigg/innslagspunktet.

- En flytting av tunellinnslaget vil også bedre forholdene for hjortedyr som har over Havrevatn.

Vegen fra Bleskestad til Holmavatn ble med unntak av første del, bygd av RSK. Første del av vegen fra Gardavegen forbi Hagen ønsker ikke RSK å ta noe ansvar for. RSK har blant annet nektet å dele på brøyterevingen med Hagen på dette strekket på noen hundre meter. Det er uklart for grunneier hvor mye transport det vil være på vegen til grunneier forbi gårdstunet. Vegen er ikke av en slik kvalitet at den tåler større anleggstrafikk.

Suldal kommune: Gnr 65 bnr 1 – Per Arne Tytlandsvik

Eiendommen gnr 65 bnr 1 er en landbrukseiendom med driftssenter på Roalkvam, der det blant annet er ammekyr og sauehold. Eiendommen har ca. 54 dekar fulldyrka jord, og ca. 58 dekar innmarksbeite. Det er for lite areal for rasjonell og økonomisk landbruksdrift. Grunneier leier i dag over halvparten av arealet han trenger til grovfor. Bruk av areal til landbruk i Håmo har vært en del av langsiktige planer siden overtakelsen av eiendommen i 2016. Arealet er tilnærmet flatt og ligger nært eksisterende beiter og driftssenter. Grunneier har bygd løsdriftsfjøs etter dagens regler, og har i tillegg mulighet til å utvide besetningen med dagens bygningsmasse. Dette har grunneier gjort for å tenke langsiktig på utvidelse av driften.

RSK planlegger et deponi på Håmo, der det er opplyst å skulle lagres ca. 400 000 m³ løse masser. Deponiet ønskes lagt på gnr 65 bnr 1 og delvis på gnr 65 bnr 2. RSK har på telefon opplyst at arealet er ca. 67 dekar i utstrekning. Grunneier er i tvil om illustrasjonen av deponiområdet er riktig. I kart for Suldal 2B kraftverk, fremstår tippområdet som vesentlig større, se konsesjonssøknaden vedlegg 2.1. I vedlegg 2.2 til konsesjonssøknaden ligger på de to siste sidene illustrasjoner over deponiområdet:



Sagbruket til gnr 65 bnr 1 er det hvite bygget i framkant av bildet. Slik deponiet er lagt inn i RSK sine planer, er det vanskelig med etterbruk. Arealet er i dag skogsmark, der deler av arealet også er brukt til beite.

I e-post fra RSK fra 7. november 2024 er det opplyst at helningen på deponiområdet er ca. 1/4. Deponiet ligger fra ca. kote 100 til 130, og er ca. 120 meter bredt. I konsesjonssøknaden side 49-50 er det opplyst at deponiet «er plassert inn mot bergveggen i sør for å redusere arealbeslaget i så stor grad som mulig».

Illustrasjonen har bare tatt med selve deponiet, og ikke annen infrastruktur som vil komme i forbindelse med ny kraftstasjon. Areal til nettkobling er ikke tatt med. Dette gjør at illustrasjonene er misvisende.

Heller ikke vedlegg 3.1 over berørte eiendommer tiltak øst gir et dekkende bilde av inngrepene som er planlagt.

I konsesjonssøknaden fra RSK side 3 heter det blant annet:

«Videre ønsker vi å jobbe sammen med lokalsamfunn og kommuner for å finne ytterligere vinn-vinn løsninger rundt infrastruktur og samfunnsnyttige formål.»

Det bør være en vinn-vinn å ikke etterlate tippen som ei røys oppetter li-siden, men som et areal som kan tas i bruk som dyrket mark. Normalt gis det ekstra tilskudd dersom et areal i landbruket er 1:5 (20%) eller brattere. Grunnen til tilskuddet er at et slik areal er dyre å drifte. Grunneier krever at deponiområdet på Håmo blir tilnærmet flatt. Til orientering nevnes det at grunneier er i ferd med å dyrke opp et mindre areal inne i det planlagte deponiområdet, se vedlegg 3.

Grunneier krever at NVE pålegger at RSK utreder om det vil kunne oppstå frostrøyk problematikk som følge av Suldal 2B og minstevannføring mv.

Grunneier krever også at RSK pålegges å koordinere med Statnett, slik at inngrepene på grunneiers eiendom ikke fragmenteres.

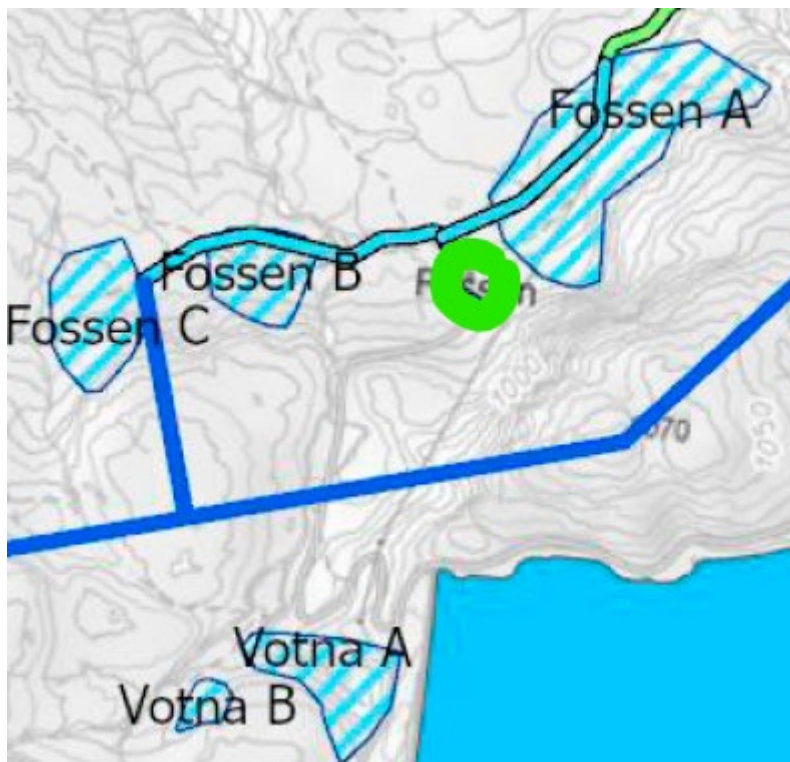
Ullensvang kommune: Gnr 27 bnr 1 – Kjetil Småbrekke

Gnr 27 bnr 1 blir i betydelig grad berørt av den planlagte utbyggingen til RSK. I digitale kart er eiendommen til Småbrekke delvis markert som gnr 18 bnr 6. Dette er en eiendom som i matrikkelen er oppgitt til å være ca. 53 000 dekar, og er eid av Grave og Hagen i sameie. Vi oppfatter ikke at det er uenighet mellom gnr 27 bnr 1 og gnr 18 bnr 6, om at de arbeidene det søkes om ved Fossen vest i Votnavatn vil finne sted på gnr 27 bnr 1, og delvis gnr 20 bnr 1. Gnr 20 bnr 1 er omtalt i neste punkt.

Gnr 27 bnr 1 driver med sauedrift, og bruker Fossen støylen aktivt til sauholdet. I oreigningslova § 8 første setning heter det:

«Kjem eigaren eller rettshavaren med krav om det, kan Kongen – eller nokon med heimel etter § 5 – fastsetja at oreigningsinngrepet òg skal gjelda grunn, bygning, rettar og anna som kom til å missa mykje av verdet for eigaren eller rettshavaren, om inngrepet vart sett i verk.»

Støylen på Fossen vil «missa mykje av verdet», og det kreves at NVE fastsetter at oreigningsinngrepet skal omfatte støylsbygningene.



Hentet fra konsesjonssøknaden side 28. Grønn sirkel er de 2 støylsbygga og støylsvollen



Utsnitt fra vedlegg 2.2 til konsesjonssøknaden, illustrasjon side 5

I tillegg til at støylsområdet vil bli stengt av i de årene anleggsperioden pågår, vil arealet fullstendig endre karakter etter fullføring. Det skal deponeres rundt 220 000 m³ tunellmasser fordelt på 5 deponi. Deponiene vil være i øst, nord, vest og sør for støylsvollen.

Til orientering nevnes det at Fossen støylen er flyttet fra Kvelven nordvest av Gluggvardnuten på 1960-tallet av RSK. De gamle støylstuftene er i dag neddemt av Votna.

Ullensvang kommune: Gnr 20 bnr 1 – Sondof Rabbe

En av teigene til gnr 20 bnr 1 sin ligger nord og vest for hoveddammen Votna I. Også for denne eiendommen er de digitale kartene misvisende ved at det ser ut som gnr 18 bnr 6 er eier. Eiendommen gnr 20 bnr 1 blir brukt til beite for sau. Sauene bruker i stor grad eksiterende veg til å flytte seg mellom de ulike beitene på eiendommen, fra Votnadammen til Gautheller. Omfattende anleggstrafikk på denne vegen vil virke svært forstyrrende for saueflokkene.

Ved å pumpe vann fra Røldalsvatnet og Valldalsvatnet, er det opplyst at vannstanden i Votna vil kunne variere med opp til 4 meter pr døgn. Dette vil gjøre at bruk av båt og garnfiske i praksis ikke lengre kan gjennomføres. Verdien av vannet som fiskevann vil bli kraftig svekket.

I tillegg er det sannsynlig at isen ikke vil bli farbar. Dette betyr at eiendommen og støylsbyggene ikke vil ha normal adkomst mellom november og juni/juli, dvs. 8 måneder i året. Vi viser ellers til innspillet til Sondof Rabbe fra 29. oktober 2024.


Vetli Felland
advokat

Kopi:

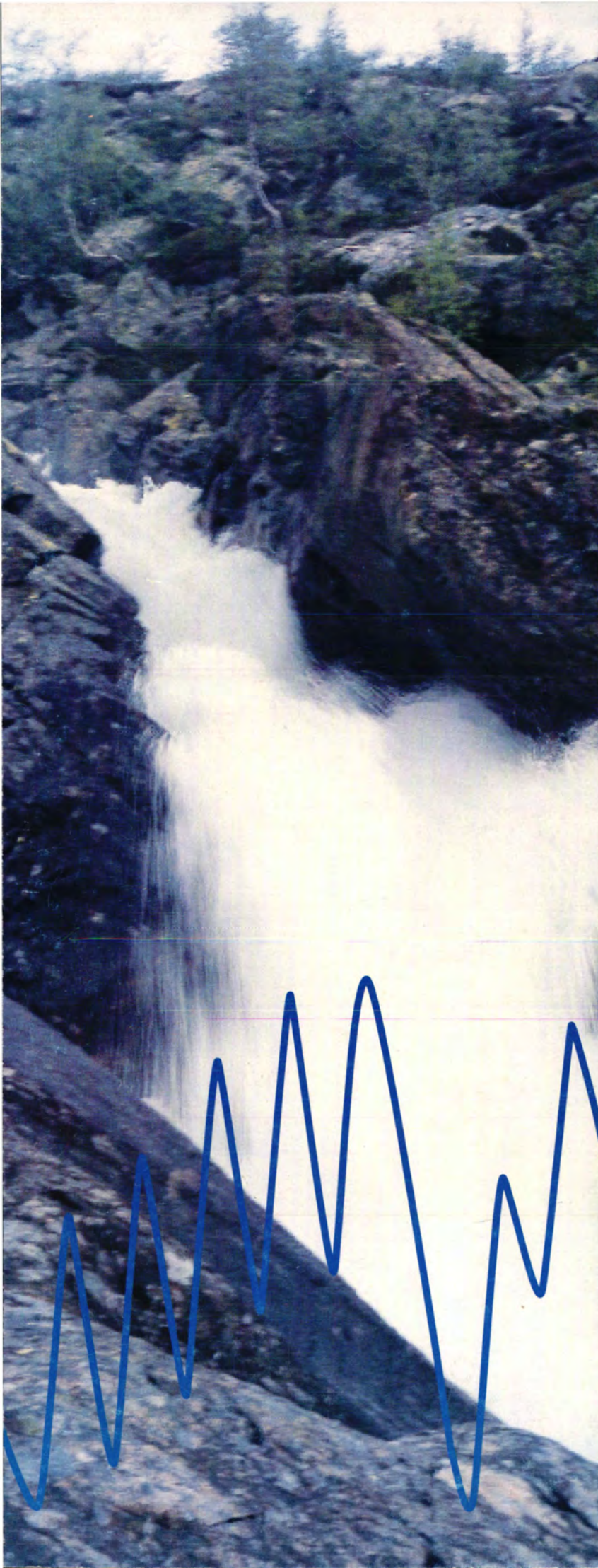
Ullensvang kommune: postmottak@ullensvang.kommune.no

Suldal kommune: postmottak@suldal.kommune.no

Grunneiere vi representerer

Rapport nr. 20

Sluttrapport for
FoU – prosjektet
“Effektregulering –
Miljøvirkninger og
konfliktreducerende
tiltak”, 1996 – 2000



Effekt-
regulering –
Miljø-
virkninger
og konflikt-
reducerende
tiltak

Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak

FoU-prosjektet Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak er et prosjekt under Norges Forskningsråds Effekt-program. Prosjektet startet i 1996 og planlegges slutført i år 2000.

Økt kraftutveksling med utlandet aktualiserer økte effektinstallasjoner og endret kjørestrategi i eksisterende og i nye kraftverk. Prosjektet fokuserer på miljøvirkninger av økt døgnerregulering som synes å bli den mest aktuelle formen for effektregulering i Norge.

Særtrekk ved effektregulering er raskere endringer i de fysiske forholdene i vassdraget enn de vi er vant med ved dagens kraftverksdrift. Slike endringer vil påvirke vassdragsmiljøet på en ny måte og vil i mange tilfeller kreve nye tillatelser fra myndighetene. Vi har så langt lite systematisert kunnskap om miljøvirkninger knyttet til døgnerregulering og annen effektregulering av kraftverk.

Hovedmålsettingene for prosjektet er derfor å:

- oppgradere kunnskapen om miljøvirkninger av effektregulering
- utvikle avbøtende tiltak som kan redusere eller eliminere negative virkninger

Gjennom økte kunnskaper vil utbyggere og forvaltning få et bedre grunnlag for å vurdere miljøkonsekvenser ved effektregulering og for å vurdere effektiviteten av avbøtende tiltak.

Prosjektet vurderer miljøvirkninger av effektregulering i innlandsvassdrag med vekt på virkninger i små og mellomstore innsjøer/magasin. Som eksempel vassdrag er valgt deler av Tokke-reguleringen. To delprosjekter tar i tillegg for seg mulige virkninger av økt effektregulering på biologiske forhold i fjorder.

Norges vassdrags- og energiverk (NVE) er prosjektansvarlig. Det er i tillegg etablert en styringsgruppe for prosjektet som består av representanter for Direktoratet for naturforvaltning (DN), Energiforsyningsens fellesorganisasjon (EnFO), Statkraft SF og NVE. Daglig prosjektledelse utføres av Statkraft Engineering as.

Prosjektet er inndelt i seks delprosjekter knyttet til innlandsvassdrag og to delprosjekter knyttet til fjord. Delprosjektene knyttet til innlandsvassdrag dekker fagområdene: is- og vanntemperatur, erosjon, erosjonssikring, lokalklima, biologi og optimalisering med hensyn på teknikk, miljø og økonomi. Fjordprosjektene omfatter problemstillinger knyttet til effektregulering og virkning på fisk og algevekst.

Utførende institusjoner er: Universitetet i Bergen, Det norske meteorologiske institutt, Norsk institutt for vannforskning (NIVA), NVE, Statkraft Engineering og Universitetet i Oslo.



Ytterligere informasjon om prosjektet og publikasjoner i serien Rapport fra Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak får du ved å kontakte:

Prosjektleder Elise Førde
Statkraft Grøner as
Postboks 400
1327 Lysaker

Tlf : 67128000
Fax: 67128212

e-mail: elf@statkraftgroner.no
<http://www.statkraftgroner.no/project/effekt>

EFFEKTREGULERING – MILJØVIRKNINGER OG KONFLIKTREDUSERENDE TILTAK

Sluttrapport

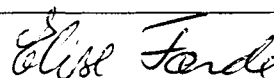
TITTEL: Sluttrapport for FoU- prosjektet "Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak" The environmental impact of diurnal peaked regulation and mitigation measures. Final report	RAPPORT NR. 20
PROSJEKTANSVARLIG: Haavard Østhagen ¹ PROSJEKTLEDER: Elise Førde ²	INSTITUSJON: Norges vassdrags- og energidirektorat ¹ , Statkraft Grøner as ²
FORFATTERE: Elise Førde & Eilif Brodtkorb	INSTITUSJON: Statkraft Grøner as

SAMMENDRAG: Økt effektterspørsel har aktualisert endringer i kjørestrategi for en del norske vannkraftverk. Ved overgang fra sesongregulering til døgnregulering vil driftsvannføringen variere sterkt over døgnet og dette kan gi betydelige døgnlige vannstandsvariasjoner i mindre magasin. Forskningsprosjektet som har vært gjennomført i perioden 1996-2001 har benyttet Vinjevatn i Telemark som forsøkslokalitet. Prosjektet har vist at døgnregulering kan medføre økt erosjon og blakking av vann i magasiner med fine sedimenter i strandsonen og der det stadig tilføres sedimenter fra nedbørfeltet. Ved en kjørestrategi med stans av kraftstasjonen om natta og full drift om dagen kan størrelsen på åpen råk reduseres ved kraftstasjonsutløpet, noe som igjen vil bidra til redusert forekomst av frostrøyk. Størrelsen på vannstandspendlingene, endringer i erosjons- og sedimentasjonsprosesser og i vanngjennomstrømming vil være avgjørende for virkningene på biologiske forhold. Utspyling av plankton, reduksjon av bunndyr i strandsonen samt stranding av enkelte fiskearter tilknyttet strandsonen var resultater av forsøk med effektregulering i Vinjevatn.

ABSTRACT: Increased power demand has brought about alterations in operating strategy for a number of Norwegian hydropower plants. In the transition from seasonal regulation to diurnal peaked regulation the operating water flow will vary considerably during the 24 hours and this can lead to significant water level variations in smaller reservoirs. A research project implemented in the period 1996 to 2001 has used the Vinjevatn reservoir in Telemark County as a trial location. The project has demonstrated that diurnal peaked regulation can result in increased erosion and turbidity in reservoirs with fine sediments in the shore zone and where there is a constant supply of sediment from the catchment area. In the case of an operating strategy whereby a power plant is shut down at night and in full operation during the day, the size of the open channel in the ice on the lake can be reduced at the power plant's discharge point, and this will also reduce the amount of frost mist being formed. The magnitude of the water level fluctuations, alterations in the processes of erosion and sediment and in the water flow will be decisive factors for the impacts on biological conditions. Plankton flushing, reduction of benthic fauna in the shore zone and stranding of some fish species associated with the shore zone were the results of trials with power regulation in Vinjevatn.

EMNEORD: Effektregulering, magasin, Vinjevatn, miljømessige konsekvenser og konfliktreduserende tiltak

Lysaker, mai 2001


Elise Førde
Prosjektleder

ISBN 82-91904-21-9
ISSN 0809-5825

FORORD

Denne rapporten oppsummerer hovedresultater fra prosjektet "Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak". Prosjektet har fokusert på virkninger av døgnregulering i magasin. Også noen problemstillinger knyttet til sjø omfattes av prosjektet.

Forskningsprosjektet ble gjennomført i perioden 1996-2000 med støtte fra Norges forskningsråd, Energiforsyningens fellesorganisasjon (nå Energibedriftenes landsforbund), Statkraft SF, Direktorat for naturforvaltning og Norges vassdrags- og energidirektorat.

Styringsgruppen for prosjektet har bestått av Haavard Østhagen (NVE), Kjell Saksgård (Statkraft SF), Arne Erlandsen (Enfo, nå EBL) og John-Peder Denstad/Lars Størseth (DN). Disse fortjener alle en stor takk for konstruktive innspill underveis i prosjektet, og for nyttige kommentarer til denne sluttrapporten.



Elise Førde

Prosjektleder

Innhold

Forord	4
Innhold	5
Sammendrag	8
Abstract	11
1. Innledning	14
1.1 BAKGRUNN OG DEFINISJON	14
1.2 FORMÅL	14
1.3 INNHOLD OG AVGRENSING	15
2. Metode og datagrunnlag	16
2.1 LITTERATURSTUDIER	16
2.2 UNDERSØKELSER OG FORSØK	16
2.2.1 Forsøk og undersøkelser - magasin	16
2.2.2 Forsøk og undersøkelser - erosjonssikring	19
2.2.3 Undersøkelser – virkninger i fjorder	20
2.3 TOTALVURDERING AV DATAGRUNNLAGET	20
3. Simuleringer av effektkjøring	21
3.1 FORMÅL	21
3.2 TEKNISK LØSNING	21
3.3 MODELLEN	21
3.4 MODELLENS EGNETHET	21
4. Miljøkonsekvenser i magasin	23
4.1 IS OG VANNTEMPERATUR	23
4.1.1 Metoder	23
4.1.2 Sentrale problemstillinger	23
4.1.3 Resultater	24
4.1.4 Konfliktreducerende tiltak	26
4.2 LOKALKLIMA	26
4.2.1 Metode	26
4.2.2 Sentrale problemstillinger	26
4.2.3 Resultater	27
4.2.4 Konfliktreducerende tiltak	30
4.3 EROSJON, SEDIMENTTRANSPORT OG EROSJONSSIKRING	31
4.3.1 Metode	31
4.3.2 Sentrale problemstillinger	31
4.3.3 Resultater	31
4.3.4 Konfliktreducerende tiltak - erosjonssikring	34
4.3.5 Andre konfliktreducerende tiltak	37
4.4 BIOLOGISKE FORHOLD	37
4.4.1 Metode	37
4.4.2 Sentrale problemstillinger	37
4.4.3 Resultater	38

4.4.4	Konfliktreduserende tiltak.....	40
4.5	ANDRE MILJØKONSEKVENSER SOM KAN VÆRE RELEVANTE.....	41
4.5.1	Innledning	41
4.5.2	Landskap	41
4.5.3	Kulturminner og kulturmiljøer	41
4.5.4	Friluftsliv og turisme	41
4.5.5	Terrestrisk økologi	42
4.5.6	Ferskvannsressurser	42
5.	Konsekvenser av effektregulering på fysiske og biologiske forhold i fjorder	43
5.1	METODE	43
5.2	SENTRALE PROBLEMSTILLINGER.....	43
5.3	RESULTATER.....	43
5.4	KONFLIKTREDUSERENDE TILTAK.....	45
6.	Vurdering av innsjøers egnethet/sårbarhet for effektregulering	46
6.1	FAKTORER AV BETYDNING VED VURDERING AV MILJØVIRKNINGER I MAGASIN.....	46
6.2	KLASSIFISERING AV MAGASIN	50
6.3	KONFLIKTREDUSERENDE TILTAK.....	52
7.	Behov for videre forskning og utredning	53
7.1	MILJØKLASSIFISERING AV NORSKE VANNKRAFTMAGASIN	53
7.2	IS OG VANNTEMPERATUR.....	53
7.3	EROSJON OG SEDIMENTASJON	53
7.4	EROSJONSSIKRING	54
7.5	BIOLOGI.....	54
8.	Bakgrunnsrapporter utarbeidet i prosjektet.....	55
9.	Referanser	56

Figurliste

FIGUR 1	OVERSIKTSKART OVER EKSISTERENDE KRAFTVERK OG REGULERINGSANLEGG, OG EN TENKT EFFEKTUTVIDELSE I TOKKE SYSTEMET (STIPLET STREK).....	17
FIGUR 2	VANNSTAND I VINJEVATN – TIMESVERDIER UNDER FORSØKENE I 1997 OG 1998.....	18
FIGUR 3	KARTUTSNITT – FORSØKSLOKALITET I DRAMMENSELVA.	19
FIGUR 4	FROSTRØYK OVER VÅMARVATN DEN 11. MARS 1999.(PER ØYVIND NORDLI)	27
FIGUR 5	FROSTRØYKFREKVENS VED VÅMARVATN JAMFØRT MED EN MODELL AV NORDLI (1988). A) ALLE KLASSENE AV FROSTRØYK. B) BARE KLASSE AV FROSTRØYK ≥ 2	29
FIGUR 6	VIRKNINGEN AV ÅPEN RÅK I VÅMARVATN. TEMPERATURØKNINGEN PÅ VISSE PUNKT NÆR VATNET SOM FUNKSJON AV LUFTTEMPERATUREN. (LUFTTEMPERATUREN DET ER REFERERT TIL ER MÅLT PÅ ET PUNKT SOM FANGER OPP KALDLUFT UNDER KLART VÆR.).....	30
FIGUR 7	GRUNNVANNSEROSIJON OG UTGLIDNINGER I VINJEVATN UNDER FORSØKET I 1997. FOTO 24. SEPTEMBER 1997 VED VANNSTAND CA PÅ KOTE 462,5. (FOTO: JIM BOGEN)	32
FIGUR 8	DEFINISJONSSKISSE AV BØLGEEROSJON OG BØLGEBEVEGELSE	33
FIGUR 9	FRA FORSØKSSTREKNINGEN I DRAMMENSELVA FØR FORSØKET STARTET PÅ STEINSTREKNINGEN I AUGUST 1999 (A), SAMME STREKNING 1 ÅR ETTER (B). INGENIØRBIOLOGISKE METODER GIR ET LANGT MER ESTETISK TILTALENDE INNTRYKK ENN EROSIJONSSIKRING AV STEIN (C)	36
FIGUR 10.	STRANDOMRÅDE I VINJEVATN KORT TID ETTER SENKING AV VANNSTAND. VEGETASJONSMATTER AV STIVT BRASMEGRAS DOMINERER PÅ BLØT MUDDERBUNN.(FOTO: EILIF BRODTKORB).....	39
FIGUR 11	AKTUELLE VIRKNINGER KNYTTET TIL DE ULIKE SONER I MAGASINET.....	47

Tabelliste:

TABELL 1	KRITERIUM BRUKT FOR KLASSIFISERING AV FROSTRØYK PÅ GRUNNLAG AV BILDE TATT OVER VÅMARVATN.....	28
TABELL 2	VIKTIGE FAKTORER SOM PÅVIRKER OMFANG AV VIRKNINGER AV EN EFFEKTRREGULERING I MAGASIN. TABELLEN FORTSETTER PÅ NESTE SIDE.	48
TABELL 3	MAGASINKLASSIFISERING – MAGASIN DER EN OVERGANG FRA SESONGREGULERING TIL EFFEKTRREGULERING POTENSIELT VIL GI LITE/INGEN ELLER STØRRE MILJØVIRKNINGER.....	50
TABELL 4	EKSEMPEL PÅ KLASSIFISERING AV MAGASINER I FORHOLD TIL SEDIMENTTILFØRSEL FRA NEDBØRFELT OG FRA LØSMASSE RUNDT MAGASINET SOM ERODERES UNDER REGULERINGEN (FRA BOGEN & BØNSNES 2001).	51

Sammendrag

“Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak” er et FoU-prosjekt under Norges forskningsråds Effektprogram. Prosjektet ble startet i 1996 og ble avsluttet i 2001.

Effektregulering er kortsiktige produksjonsreguleringer for å dekke opp variasjoner i kraftbehovet. I dette prosjektet er det lagt vekt på å vurdere virkninger av produksjonsreguleringer over døgnet, men resultatene er også overførbare til andre former for effektregulering.

Formålet med prosjektet har vært å øke kunnskapen om miljøvirkninger av korttidsregulering av vannkraftverk med hovedvekt på virkninger i magasin. Også enkelte problemstillinger knyttet til fjorder er vurdert. Resultatene fra arbeidet i fjorder viser at ev. forandringer i turbiditet (lysgjennomtrengelighet) kan være viktig for virkninger av effektregulering ved utløp i sjø. Dersom effektregulering medfører en turbiditetsøkning sammenliknet med sesongmessig regulering kan dette påvirke algeproduksjonen negativt, både med hensyn til sammensetning av arter og total biomasse. I tillegg kan turbid ferskvann ha en negativ innvirkning på livsvilkårene for fisk i en fjord.

Prosjektets arbeid knyttet til magasin har vært lagt opp omkring undersøkelser og fullskalaforsøk i tillegg til litteraturstudier og simuleringer. De mest omfattende forsøk og feltstudier er gjennomført i Vinje/Tokkevassdraget i Telemark. I tillegg har en strekning i Drammenselva i Nedre Eiker kommune vært benyttet for forsøk med erosjonssikringsmetoder. I kraftstasjonene Vinje og Tokke ble det gjennomført forsøk med døgnregulering over to 14 dagers perioder henholdsvis høsten 1997 og 1998. Før, under og etter forsøkene ble det foretatt en rekke undersøkelser og målinger av fysiske og biologiske parametre i de to berørte magasinene Våmarvatn og Vinjevatn. Arbeidet har vært konsentrert om følgende virkningstema; is- og vanntemperatur, lokalklima med vekt på frostrøyk, erosjon og sedimentasjonsprosesser og ferskvannsøkologi.

En overgang fra sesongregulering til døgnregulering vil som hovedregel medføre raskere vannstandsvariasjoner i inntaks- og utløpsmagasin og hyppigere variasjoner i tilførsel av kraftverksvann til utløpsmagasinet. Dette vil igjen endre strømningsforholdene i magasinene. Disse endringene blir små i magasin med stort volum og der kraftverkets slukeevne er relativt liten, men kan bli betydelige ved stor slukeevne og små magasinvolum. Magasinets form og dybde har også betydning for hvorvidt endret kjørestrategi gir endringer i fysiske forhold.

Endringer i vanntemperatur og islegging som følge av overgang fra sesongregulering til døgnregulering vil primært oppstå i utløpsmagasin. Størst virkninger vil en få der kraftstasjonsutløpet ligger nær en innløpselv til magasinet slik at kraftverksvannet og elvevannet blandes. Ved en effektregulering vil en få temperaturvariasjoner i perioder hvor temperaturen på de to vannkildene er forskjellig. Forsøk i Vinjevatn viste at en kunne få døgnlige temperaturvariasjoner på 3 °C om sommeren og 2 °C om vinteren. Variasjonen avtar forholdsvis raskt med avstanden fra kraftverket, avhengig av dybdeforholdene. I Vinjevatn var variasjonene borte etter 2-3 km. I andre magasin, der en ikke har en slik tilførselselv, vil virkningene av effektregulering primært være en noe større temperaturpåvirket blandingssone ved kraftverksutløpet enn det som er vanlig ved sesongregulering. Ellers vil vanntemperaturen i magasinet ikke bli vesentlig endret.

I et lite magasin vil døgnregulering av kraftstasjonen om vinteren kunne medføre mer oppsprukket is og mer overvann nær land enn ved en gradvis nedtapping som ved sesongregulering.

Ved en kjørestrategi som innebærer full stans av kraftverket om natta, vil området inn til kraftstasjonsutløpet få islegging i stille og kalde netter. Ved moderat og sterk kulde vil dette islaget ikke smelte fullstendig på dagtid under drift av kraftverket. Dette fører igjen til at det blir vesentlig mindre åpent vann nær kraftverksutløpet enn ved sesongregulering. Dersom kraftverket ikke stoppes helt om natten, vil det ikke bli nevneverdig islegging om natten og råken vil da kunne bli større ved effektkjøring også ved moderat og sterk kulde.

Frostrøyk er en form for tåke som vanligst opptrer over isfritt vann om høsten og vinteren. For at en skal få frostrøykdannelse må lufttemperaturen i området være lavere enn -10°C . Endringer i islegging vil også påvirke frostrøykdannelse. Der effektregulering fører til mindre åpent vann ved kraftstasjonsutløpet, vil også forekomst av frostrøyk avta. Dette innebærer at effektregulering kan gi redusert eller økt forekomst av frostrøyk avhengig av kraftverkets kjørestrategi. På steder der det er frostrøyk ved en vanlig sesongregulering, kan frostrøyken minke ved effektregulering både i omfang og tetthet, dersom kraftverket stanses helt om natten.

Hvorvidt effektregulering vil medføre endringer i erosjons- og sedimentasjonsforhold i magasinet som tidligere er sesongregulert er avhengig av flere faktorer der de viktigste er forekomst og sammensetning av løsmasser inntil magasinet, sedimenttilførsel fra nedbørfeltet, magasinstorelse og manøvrering. Effektregulering med raske vannstandsvariasjoner og erosjonsutsatte sedimenter i magasinet, kan gi økt omfang av grunnvannserosjon og bølgeerosjon. Det kan også føre til mer ustabile deltaavsetninger ved tilløpselvene.

Grunnvannserosjon kan bli et problem i magasiner med finsorterte sedimenter i reguleringssonen. Under en rask nedtapping av vannstanden vil det i bratte skråninger dannes et overtrykk i sedimentene langs kanten fordi trykket ikke blir kompensert av et tilsvarende mottrykk fra vannet i magasinet. For ensgraderte sedimenter kan dette resultere i dannelse av små raviner, og til slutt redusert stabilitet med større utglidninger.

Når vannstanden synker, vil bølgebasis og brenningssone forflyttes nedover stranden. Brenningssonen blir som følge av dette liggende lavere og kan påvirke dypere områder. Bølgebasis kan da nå ned til større områder med sedimenter som kan bringes i bevegelse. Hyppige vannstandsendringer under effektregulering innebærer at brenningssonen forflytter seg oftere over strand- og reguleringssonen enn under en sesongmessig regulering. Når bølgebasis blir liggende lavt, kan de dypere liggende deler av magasinet også eksponeres for erosjon. Reguleringshastigheten har betydning for erosjonsintensiteten og reguleringshøyden er avgjørende for hvilke områder som eksponeres for erosjon.

Vanlige sesongreguleringer vil også oftest føre til utvasking av finmateriale. Tilgangen på erosjonsmateriale er derfor mindre i den reguleringssonen som har vært mest benyttet tidligere. I magasiner med en vedvarende høy sedimenttilførsel fra nedbørfeltet, vil det stadig være tilgang på nytt materiale for resuspensjon og erosjonsprosessene vil ha varig karakter.

Virkninger på ferskvannsøkologiske forhold som følge av effektregulering vil avhenge av hvilke fysiske endringer som skjer i magasinet, og artssammensetning og biologisk produksjon før effektreguleringen starter. Størrelsen på vannstandspendlingene, endringer i erosjons- og sedimentasjonsprosesser og i vanngjennomstrømming vil være avgjørende for virkningene på biologiske forhold.

Økt erosjon, økt partikkelkonsentrasjon i vannmassene og tilslamming vil hovedsakelig være negativt for de biologiske forholdene i et magasin. Økt partikkelkonsentrasjon og dermed redusert siktedyp har i mange tilfeller ført til nedgang i planteplanktonproduksjonen. Produksjonen når imidlertid raskt sitt opprinnelige nivå ved økende siktedyp og lystilgang. Økt erosjon kan påvirke bunndyrfaunaen direkte gjennom forringelse av naturlige habitater i strandsonen, eller gjennom tilslamming av habitatene i og under denne.

Raske endringer i vannstand og vanndecket areal vil stort sett være negativt for de biologiske forholdene i strandsonen. Tørkeskader og frostskader vil kunne forekomme på vannvegetasjonen avhengig av omfanget på endringene og tid på året. Hurtige reduksjoner i vannstanden gjør mer skade enn langsomme da bunndyrene ikke klarer å følge etter og dermed strander. Stranding av fisk knyttet til strandsonen må forventes ved raske vannstandsreduksjoner. Forskjellige arter og stadier av fisk har ulikt potensial for stranding.

Større variasjon i vanngjennomstrømning, kortere oppholdstid for vannet i perioder, og kortvarige, lokale endringer i vanntemperatur, vil normalt ikke påvirke vannvegetasjon, bunndyr eller fisk negativt. Planktonsamfunnene kan påvirkes negativt av periodevis økt utspyling og dårligere produksjonsbetingelser. På sikt vil økt utspyling gi dårligere næringsforhold for planktonspisende fisk.

De direkte konsekvensene for fiskebestandene av endrede fysiske forhold som følge av en effektregulering, vil normalt være beskjedne. Med unntak av stranding vil virkningen i hovedsak være avhengig av om næringsdyrene blir påvirket, i første rekke zooplankton, bunndyr og byttefisk.

Virknninger på fysiske og biologiske forhold i magasin vil også kunne påvirke andre verne- og brukerinteresser knyttet til vassdraget. Erosjon og utrasinger kan påvirke landskapsbildet og opplevelsesverdier. Hyppige vannstandspendlinger kan påvirke fritidsbruk av magasin negativt og redusert biologisk produksjon kan redusere verdien som fiskevann.

Ved å velge magasin der potensialet for negativ miljøpåvirkning er lite kan konflikter unngås eller reduseres sterkt. Negative miljøvirkninger kan også reduseres ved tiltak som ulike former for erosjonssikring og ved strategier for manøvrering av magasinene som tar hensyn til miljøet. Effektregulering av kraftstasjoner med utløp og inntak i magasin med store volum, der det er lite finere løsmasser og der hele reguleringssonen fra før er sterkt utvasket, vil stort sett ikke medføre merkbare miljøkonsekvenser.

Abstract

“Diurnal peaked regulation – environmental impacts and mitigation measures” is a Research and Development project undertaken under the Norwegian Research Council Power Programme. The project was started in 1996 and completed in 2001.

This type of hydropower regulation implies short-term production regulation to meet variations in power needs. In this project emphasis is put on assessing the effects of regulating production over the 24-hour day (diurnal peaked regulation), but the results are also applicable to other types of hydropower regulation.

The purpose of the project has been to increase knowledge of the environmental impacts of diurnal peaked regulation of hydropower plants, with major emphasis on the impacts within the reservoir. Particular problems related to fjords are also considered. Results from the fjord project show the importance of turbidity conditions. If diurnal peaked regulation leads to increased turbidity in fjords compared with seasonal regulation, this might affect the algae production negatively, both in relation to the species composition and total biomass. In addition turbid freshwater may affect negatively the habitat quantity, and quality of fish in a fjord, as a result of poorer conditions for production for the macro-algae vegetation.

The reservoir project has been planned around investigations and a full-scale testing, in addition to studies of the literature and simulations. The most comprehensive tests and field studies were undertaken in the Vinje/Tokke watercourses in Telemark County. In addition a stretch of the River Drammen in Nedre Eiker Municipality has been used for tests in connection with methods for securing against erosion. An experiment was carried out in the Vinje and Tokke Power Stations with 24-hour regulation over two 14 day periods in the Autumn of 1997 and 1998 respectively. Before, during and after the experiments, a number of investigations and measurements were made of the physical and biological parameters in the two reservoirs involved i.e. Lake Våmar and Lake Vinje. The work has concentrated on the following impact subjects: ice and water temperatures, local climates with emphasis on frost mists, erosion, sedimentation processes and freshwater ecology.

A transition from seasonal regulation to 24-hour regulation will, as a rule, bring about more rapid variations in water levels in the inlet and outlet reservoirs and more frequent variations in the flow of power station water to the outlet reservoir. These changes will be small in reservoirs with a large volume where the power plant's absorptive capacity is relatively small, but can be considerable where absorptive capacity is large and the size of the reservoir is small. The shape and depth of the reservoir will also be significant for the extent to which changes in the operating strategy produce changes in physical conditions.

Changes in water temperature and ice formation as a result of the transition from seasonal to 24-hour regulation will arise primarily in the outlet reservoir. The largest impacts will occur where the outflow from the power plant is situated close to a river flowing into the reservoir so that water from the power station and from the river is mixed together. In the case of power regulation, variations in temperature will occur in periods when the temperatures of the two water sources are different. An experiment in Lake Vinje showed that temperature variations of 3°C in summer and 2°C in winter were possible. The variation declines relatively quickly with distance from the power station, depending on depth conditions. In Lake Vinje the variations had disappeared after 2 to 3 kilometres. In other reservoirs where no inflow river exists, power regulation will give a mixing zone affected by temperature at the power station outlet which is somewhat larger than is normal with seasonal regulation. Otherwise water temperature in the reservoir will not be affected to any important extent.

In a small reservoir diurnal peaked regulation of the power station in winter could result in more broken ice and more surface water on top of the ice close to land than with a gradual draining from seasonal regulation.

Ice formation will also occur on still, cold nights when the power station is not operating. This layer of ice will not melt completely during the day while the power station is operating. During moderate or extreme cold there will be considerably less open water near the power plant outlet than there will be with seasonal regulation. If the power plant does not cease to operate at night, then there will be no noticeable ice formation during the night. The extent of open water will therefore be greater in the case of power regulation also in periods of moderate and extreme cold

Frost mist is a form of mist which usually occurs above ice-free water in the autumn and winter. For the formation of frost mist to occur, the air temperature in the area should be below -10°C . Changes in ice formation will also influence the formation of frost mist. Where power regulation results in less open water at the power station outlet, the occurrence of frost mist will also diminish. This means that power regulation can lead to an increased or reduced occurrence of frost mist depending on the power plant's operating strategy. In areas where frost mist occurs in the case of normal seasonal regulation, frost mist can diminish in extent and density with power regulation, if the power plant is completely closed down at night.

Whether power regulation will lead to changes in erosion and sediment conditions in reservoirs which have previously been seasonally regulated will depend on several factors of which the most important is the occurrence and composition of loose sediments in the reservoir, the flow of sediments from the catchment area, the size of the reservoir and operating procedures. Power regulation with rapid variations in water level in the reservoir can give rise to increased groundwater erosion and wave erosion, and can result in more unstable delta deposits.

Groundwater erosion can constitute a problem in reservoirs with fine-grained sediments in the regulation zone. During a rapid reduction of the water level overpressure in the sediments along the edge will be formed on the steep slopes because a corresponding counter pressure from the water in the reservoir is not compensating for the pressure. For homogeneous sediments this can result in the formation of small gullies and eventually in reduced stability with major slippage.

As the water level is lowered the wave base and surf zone will move down the shore slope. As a result the surf zone is left lying at a lower level and may affect deeper areas. The wave base may then reach large areas of sediments and set these in motion. Frequent water level changes during power regulation result in the surf zone changing more often across the beach and the regulation zone than with seasonal regulation. When the wave base is low, the deeper parts of the reservoir may also be prone to erosion.

The speed of regulation influences the erosion intensity and the regulation height is decisive for which areas are exposed to erosion.

Ordinary seasonal regulations will also often lead to flushing out of fine material. Erosion material is therefore less plentiful in the regulation zone that has been in most intensive use previously. In reservoirs receiving large amounts of sediments from the catchment area there will be constant supply of new material for resuspension and the erosion processes will be of a permanent nature.

The effect on freshwater ecology conditions as a result of power regulation will depend on which physical changes take place in the reservoir and the relationship of species and biological production before the power regulation comes into effect. The size of water level fluctuations, alterations in the erosion and sediment processes and water flowing through will be decisive factors for the effects on biological conditions.

Increased erosion, increased particle concentration in the water and sedimentation will on the whole be detrimental to the biological conditions in a reservoir. Increased particle concentration and thus reduced visibility has often resulted in a reduction in the production of phyto plankton. However the production soon reaches its original level with increased visibility and access to light. Increased erosion can affect the benthic fauna directly through the deterioration of natural habitats in the littoral zone, or through sedimentation of the habitats in and below this.

Rapid changes in the water level and water-covered area will on the whole have a negative effect on the biological conditions in the littoral zone. Damage from drought and frost may occur on the aquatic vegetation depending on the extent of the changes and time of the year. Rapid reductions in the water level cause more damage than slow ones as the benthic fauna is unable to react and is thus stranded. Stranding of fish that belong to the littoral zone must be expected in rapid water level reductions. Different species of fish and stages in their development have varying potential for stranding.

Major variations in the water flow, periods with shorter retention of water, and temporary, local changes in water temperature will normally not affect negatively aquatic vegetation, benthic fauna or fish. The plankton communities may be affected negatively by periodic increases in flushing and poorer production conditions. In the long term, increased flushing will result in poorer feeding conditions for fish that live off plankton.

The direct impacts for the fish stocks of altered physical conditions as a consequence of power regulation will be limited under normal circumstances. With the exception of stranding, the effect will mainly depend on whether the nutrients are affected, in the first instance zooplankton, benthic fauna and prey.

The effects on physical and biological conditions in a reservoir may also influence other conservation and user interests connected with the water course. Erosion and slides may affect the general appearance of the landscape and the potential for enjoying it. Frequent water level fluctuations may negatively affect the leisure use of the reservoir and reduced biological production may reduce it as a fishing lake.

By selecting reservoirs where the potential for negative impacts on the environment is small, it may be possible to avoid or reduce considerably conflicts. Negative environmental impacts may also be reduced by measures such as various types of erosion protection and by applying environmentally friendly strategies for reservoir operation. Power regulation in power plants with outlets and intakes in large volume reservoirs where there is little fine sediment, and where the entire regulation zone is already heavily flushed, will on the whole not entail noticeable environmental impacts.

1. Innledning

1.1 Bakgrunn og definisjon

Effektregulering kan defineres som ” *kortsiktige produksjonsreguleringer der formålet er å dekke opp variasjoner i kraftbehovet*”. Effektreguleringer kan skje momentant og automatisk for å kompensere frekvensendringer i nettet (primærregulering) eller planlagt over minutter (sekundærregulering) eller over døgnet. Dette prosjektet har fokusert på miljøvirkninger av døgnreguleringer, men resultatene kan også benyttes ved vurdering av annen korttidsregulering, for eksempel på timenivå.

Behovet for effektregulering over døgnet har økt i det nordiske systemet de seinere åra og kraftutvekslingsavtalene som er inngått mellom norske energiselskaper og energiselskaper i Tyskland og Nederland, tilsier at behovet for døgnregulering av vannkraftverkene vil øke ytterligere. EFI har i en rapport fra 1996 antydnet at kraftutvekslingsavtalene som da var inngått, ville øke reguleringsbehovet mellom natt og dag fra 4000 MW til 9000 MW. Selv om ikke alle de tre inngåtte avtalene og tilhørende kabelforbindelser skulle bli realisert, vurderes en økning i effektbehovet i denne størrelsesorden fortsatt som realistisk.

Virkninger av tradisjonell vassdragsregulering (heretter kalt sesongmessig regulering) på is- og vanntemperaturforhold, erosjon og sedimentasjonsforhold, klimaforhold og biologiske forhold i vannkraftmagasiner er kjent og godt dokumentert. Når det gjelder virkninger av døgnregulering i vassdrag, er kunnskapen atskillig mer begrenset på alle fagfelt.

1.2 Formål

Hovedmålsettingen til prosjektet ”Effektregulering – miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak” har vært å oppgradere kunnskapen om miljøvirkninger av effektreguleringer, med hovedvekt på døgnreguleringer, og å finne fram til avbøtende tiltak som kan redusere eller eliminere negative virkninger.

I 1995 ble det gjennomført et forprosjekt finansiert av Norges forskningsråd (NFR) som munnet ut i en prosjektbeskrivelse med avgrensning av problemstillinger og valg av forsøkslokalitet for et hovedprosjekt. I ettertid ble det også trukket opp grenser mot et annet prosjekt under NFRs Effektprogram som omfattet miljøproblemstillinger knyttet til effektregulering og virkninger i elver. Dette prosjektet ledes av SINTEF-energiforskning.

Problemstillingene har i dette prosjektet vært avgrenset til :

- Miljøvirkninger av effektregulering i små og mellomstore innsjøer og magasiner.
- Virkningene av effektregulering på fysiske og biologiske forhold i fjorder.

Hovedinnsatsen har vært rettet mot problemstillinger i innsjø/magasin da det er trolig at virkningene i fjorder vil være mindre vesentlige.

I arbeidet med innsjøer/magasiner har det vært lagt vekt på følgende tema: is- og vanntemperatur, erosjon og sedimentasjon, lokalklima og biologiske forhold. I tillegg er det gjort overordnede vurderinger av mulige virkninger på andre verdier og brukerinteresser.

Utredninger og undersøkelser knyttet til fjorder har vært konsentrert om:

- Mulige virkninger av effektregulering på ferskvannsinnblanding og algevekst i fjorder.
- Økt partikkeltilførsel og mulige virkninger på saltvannsfisk.

Mulige miljøvirkninger er belyst gjennom forsøk, feltundersøkelser, modellberegninger og studier av norsk og utenlandsk litteratur.

1.3 Innhold og avgrensning

Denne rapporten oppsummerer de viktigste resultatene fra prosjektet og belyser:

- Metodisk tilnærming.
- Mulige virkninger av effektregulering i magasin og fjorder.
- Egenskaper/karakteristika ved magasiner som vil ha betydning for type og omfang av miljøvirkninger.
- Aktuelle tiltak for å redusere negative virkninger.
- Behov for videre forsknings- og utredningsarbeid.

Det er lagt vekt på å summere opp resultater som har generell gyldighet og som kan benyttes som grunnlag ved vurdering av konkrete planer for effektregulering i ulike vassdrag. Denne rapporten gir en forenklet framstilling av resultatene fra prosjektet og er rettet mot brukerne, forvaltning, kraftbransjen og berørte myndigheter og interessegrupper. For mer detaljerte beskrivelser av metode og resultater henvises det til fagrapporter fra prosjektet, se oversikt i kap. 8.

2. Metode og datagrunnlag

2.1 Litteraturstudier

Tidlig i prosjektet ble det gjennomført et arbeid med innsamling og gjennomgang av litteratur og erfaringsdata om effektregulering og miljøvirkninger. Resultatene av arbeidet er oppsummert i prosjektrapport nr 3. Formålet med arbeidet var å skaffe en oversikt over nasjonal og internasjonal kunnskapsstatus om temaet miljøvirkninger ved effektregulering av vannkraftverk.

Det ble foretatt søk på internett og i ulike databaser, og det ble sendt direkte henvendelser til en rekke forskningsinstitusjoner, kraftselskap og forvaltningsinstitusjoner i inn- og utland. Innsamlet litteratur ble systematisert og gjort tilgjengelig for prosjektdeltakerne. I tillegg har medarbeiderne i de ulike delprosjektene samlet og gått gjennom litteratur innenfor sine respektive fagområder. Relevant informasjon er benyttet ved utforming av opplegg for forsøk og undersøkelser, og ved analyse og rapportering.

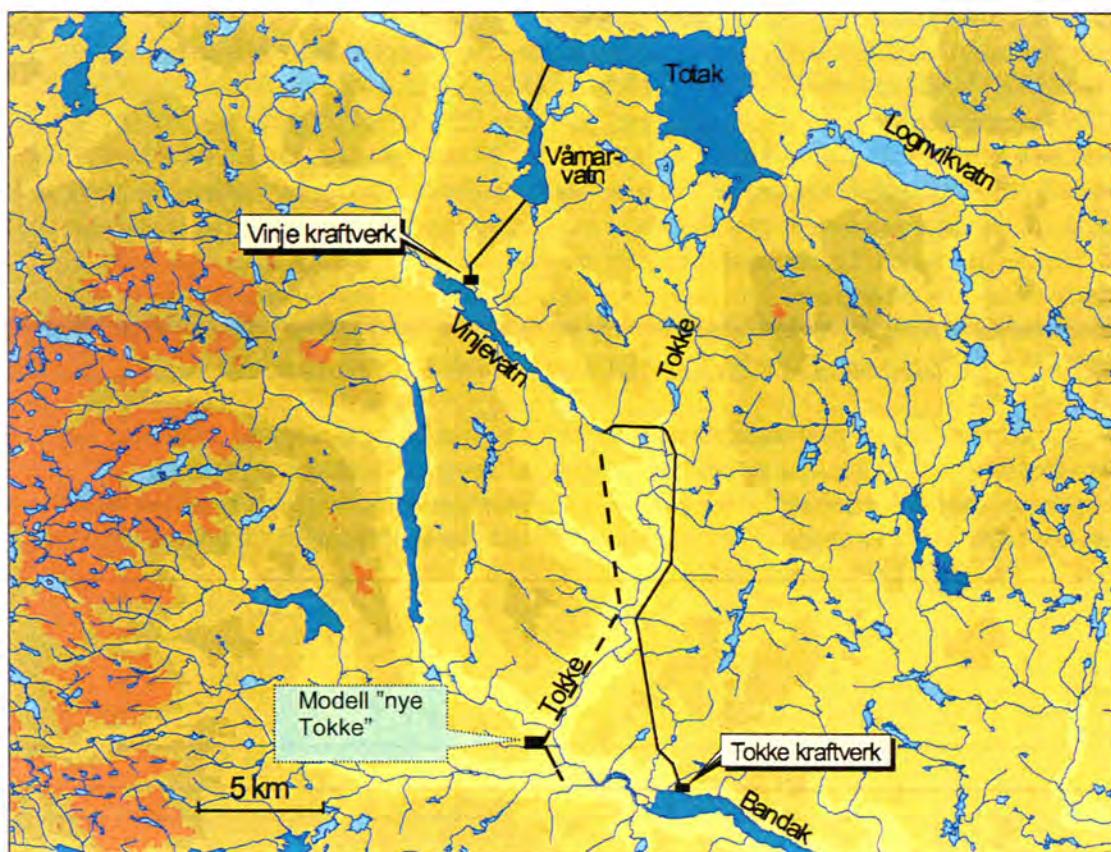
2.2 Undersøkelser og forsøk

2.2.1 Forsøk og undersøkelser - magasin

Forsøkslokaliteten

Vinjevatn og Våmarvatn i Tokke/Vinjevassdraget i Telemark ble benyttet som forsøkslokalitet for undersøkelser av miljøvirkninger av døgnregulering, se Figur 1. Begrunnelsen for valget av denne forsøkslokaliteten var:

- Vinje og Tokke kraftstasjoner ble tidvis brukt som effektverk.
- Kapasiteten i installasjon og vannveier gav muligheter for mer utpreget effektregulering enn det som var vanlig ved norske vannkraftverk.
- Inntak til og utløp fra kraftstasjonene var i små/middels store innsjøer.



Figur 1 Oversiktskart over eksisterende kraftverk og reguleringsanlegg, og en tenkt effektutvidelse i Tokke systemet (stiplet strek)

Undersøkelser og forsøk var i hovedsak konsentrert om Vinjevatn som er utløpsmagasin for Vinje kraftstasjon og inntaksmagasin for Tokke kraftstasjon. Det ble også gjort en del målinger i og ved inntaksmagasinet til Vinje kraftstasjon Våmarvatn. Noen data om forsøkslokaliteten:

Vinjevatn	
HRV-LRV m o.h.	465,5 – 462
Naturlig vannstand m o.h.	464,2
Magasin volum	11,2 mill m ³

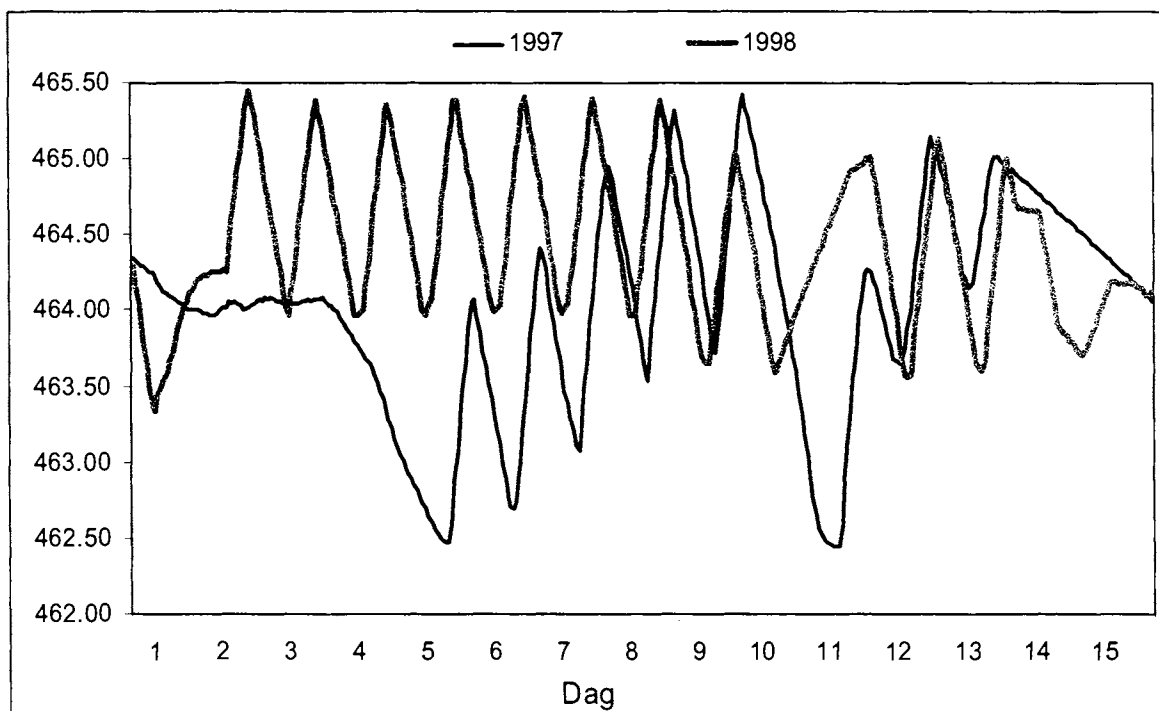
Hoveddata for kraftstasjonene	Vinje kr. st.	Tokke kr. st.
Nominell effekt MW	300	430
Bruktid middelår timer	3390	4977
Maks driftsvannføring m ³ /s	165	128

Vinjevatn har lite volum og preges av stadige vannstandsendringer som følge av reguleringer i Vinje og Tokke. Magasinet viser ingen typiske årstidsvariasjoner og vannstanden varierer vanligvis innenfor de øverste 1,5 m av reguleringshøyden.

Forsøk og undersøkelser

Det ble gjennomført to forsøk med døgnregulering henholdsvis i september 1997 og august-september 1998. Forsøkene strakk seg over ca 2 uker. I tillegg ble det startet et tilsvarende forsøk i januar 1999 som hadde hovedfokus på islegging, men dette ble avbrutt på grunn av mildvær. Under forsøkene ønsket man å få en størst mulig døgnlig pendling i magasin vannstanden i Vinjevatn. Dette ble oppnådd ved alternerende kjøring av Vinje og Tokke kraftstasjon. Det var i tillegg ønskelig at forsøket skulle omfatte pendlinger på ulike nivå i magasinet (innenfor gjeldende reguleringshøyde) og til ulike tider av døgnet. Under forsøket i 1997 ble kraftverkene kjørt slik at en oppnådde vannstandsvariasjoner på opp mot 3 m på ett døgn og pendlingene foregikk over det meste av reguleringssonen. I forsøket i 1998 ble det lagt opp til en kjøring som gav pendlinger på ca 1,5 m pr døgn og kun høyt i magasinet (Figur 2). Dette for å unngå unødige erosjonsskader.

Det ble gjennomført målinger og registreringer av en rekke fysiske og biologiske parametre før, under og etter forsøket. Målingene og undersøkelsene var knyttet til virkninger på is- og vanntemperatur, erosjon og sedimentasjon, frostrøyk, vannvegetasjon, bunndyr, plankton og fisk. For nærmere beskrivelse av undersøkelsesmetodikk for det enkelte fagområdet henvises det til kap. 4 og til sluttrapporter for delprosjektene.



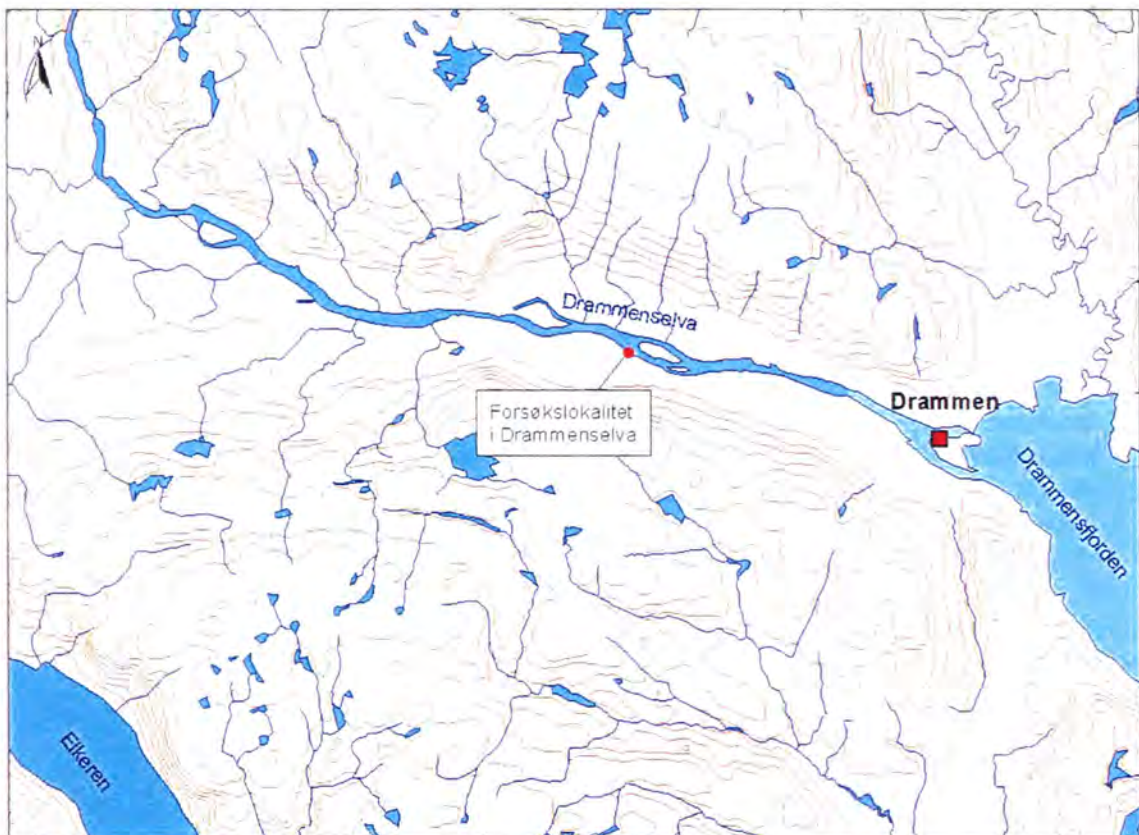
Figur 2 Vannstand i Vinjevatn – timesverdier under forsøkene i 1997 og 1998.

2.2.2 Forsøk og undersøkelser - erosjonssikring

Forsøkslokaliteten

Det var opprinnelig planlagt å gjennomføre forsøk med ulike typer erosjonssikringstiltak i Vinjevatn. Det viste seg å være vanskelig å komme fram til ett opplegg som kommunen og berørte grunneiere vurderte som tilfredsstillende. For å få testet ut ulike metoder for sikring av erosjonsutsatte strandområder ved fluktuerende vannstand ble en tidevannspåvirket strekning av Drammenselva i Nedre Eiker kommune valgt som forsøkslokalitet, jf. Figur 3.

Ved flo sjø stuves vannet opp og fører til høy vannstand, mens vannstanden er tilsvarende lav i perioder med fjære sjø. På grunn av disse forholdene varierer vannstanden innenfor et intervall på 0 – 60 cm. I tillegg kommer vannstandsvariasjoner som følge av varierende nedbør og flommer.



Figur 3 Kartutsnitt – forsøkslokalitet i Drammenselva.

Forsøk og undersøkelser

Kommunen la i 1996 ned vann- og avløpsledninger i strandsonen ved Drammenselva. Elvekanten ble sikret med stein over en strekning på ca. 200 m. Høsten 1996 ble fyllingen dekket med vekstjord og tilsådd med gras. Allerede neste vår var mesteparten av de utlagte løsmassene erodert vekk fra den delen av fyllinga som i perioder hadde vært dykket.

I august 1999 ble det etter samarbeid mellom Nedre Eiker kommune og NVE utført et forsøk hvor en del av steinfyllinga ble delt opp i delstrekninger. Det ble lagt ut ulike typer filter og vekstmasser på steinfyllinga og ulike typer vegetasjon og biologisk nedbrytbare geotekstiler (kokosprodukter) ble brukt for å etablere en erosjonsstabil overflate. For en nærmere beskrivelse av arbeidsmetoder og valgte løsninger henvises det til rapport nr. 17 i denne rapportserien (Pedersen og Sollibråten 2001).

2.2.3 Undersøkelser – virkninger i fjorder

Et område utenfor utløpet fra Matre kraftverk i Masfjorden i Nordhordland ble benyttet som forsøkslokalitet for vurdering av virkning av varierende ferskvannsutslipp på lysforhold, turbiditet, algevekst og fødeopptak hos fisk. For en kort beskrivelse av undersøkelsesmetodikk henvises til kap. 5.

2.3 Totalvurdering av datagrunnlaget

Undersøkelser og forsøk som ble utført i Vinjevatn og i andre deler av Tokke/Vinjevassdraget har gitt svært nyttig informasjon om virkninger av effektregulering av vannkraftmagasiner. En rekke fysiske og biologiske faktorer som varierer i betydelig grad fra lokalitet til lokalitet, vil være avgjørende for hvilke virkninger en effektregulering medfører. Undersøkelser og litteraturstudier i dette prosjektet har bidratt til å klargjøre hva som bør undersøkes nærmere og hvilke problemstillinger en bør være oppmerksom på i konkrete effektreguleringssaker. I hvert enkelt tilfelle vil det være nødvendig å gjøre separate vurderinger, men nå på et langt bedre generelt grunnlag enn det en hadde før prosjektet ble gjennomført.

På to områder ble datagrunnlaget svakere enn forventet:

- a) islegging av magasin ved døgnregulering.
- b) sammenligning av erosjonssikringsmetoder ved effektregulering.

Årsakene til dette var:

- a) at vintrene 1999 og 2000 var for milde til at det ble mulig å gjennomføre en lengre periode med effektreguleringsforsøk under sterk kulde slik det var planlagt.
- b) det viste det seg umulig å komme fram til de nødvendige avtaler med lokale myndigheter og berørte grunneiere for å etablere ulike erosjonssikringstiltak i forsøkslokaliteten (Vinjevatn).

Problemstillingene under punkt a og b over omfattes likevel av prosjektet og en har forsøkt å kompensere for redusert datagrunnlag ved generelle vurderinger (pkt a) og ved feltforsøk på en strekning i Drammenselva (pkt b).

3. Simuleringer av effektkjøring

3.1 Formål

I tillegg til virkningsundersøkelsene har prosjektet også sett på behovet for effektkjøring ut fra en teknisk/økonomisk synsvinkel. Dette for å kunne tilnærme seg en vurdering av "optimal effektkjøring" ut fra både å minimalisere uønskede virkninger og å kunne produsere elektrisitet etter variasjoner i etterspørselen. Dette ble eksemplifisert ved å vurdere teknisk mulige effektutvidelser av et eller flere av kraftverkene i Tokke/Vinje-systemet. For å beregne kraftproduksjon med de ulike utvidelsesalternativene var det behov for et modellverktøy som kunne operere med en finere oppdeling enn hele døgn, og som kunne brukes i vurderinger av miljøkonsekvenser. Særlig var det ønskelig å få frem data om magasin vannstander og driftsvannføringer med fin tidsoppløsning. Gjennom å bruke en slik simuleringsmodell ville det være mulig å benytte tilsigsdata for en lengre periode, og dermed best mulig dekke opp naturlige variasjoner i tilsiget mellom ulike år.

3.2 Teknisk løsning

I forbindelse med den tenkte effektutvidelsen i Tokke/Vinje-systemet ble det lagt til grunn at dagens kapasitetsbegrensning på tunnelen mellom Våmarvatn og Totak skulle fjernes, slik at magasinene ville variere som et magasin. Installasjonen i Vinje skulle økes gjennom å utvide eksisterende stasjon. For å utvide Tokke ble det bestemt å simulere en ny stasjon, Nye Tokke, i parallell med dagens Tokke, men med utløp i Tokkeåi litt oppstrøms Dalen, jf. Figur 1. Disse utvidelsene ville gitt store påvirkninger på magasinene, da særlig Vinjevatn, og en ville fått store daglige variasjoner i vannføringen i Tokkeåi nedstrøms utløpet fra Nye Tokke.

3.3 Modellen

I prosjektet har vi definert effektkjøring som døgnregulering. Modellen måtte derfor kunne håndtere endringer i lasten over døgnet, men ikke nødvendigvis mange start/stopp hvert døgn. Det var ikke lett å finne egnede modeller, og den eneste vi fant som så ut til å kunne tilfredsstille våre krav var SINTEFs effektsimuleringsprogram SimtapEffekt. Programmet er fortsatt under utvikling. Det er en del av Vansimtap-programmene, og benytter data om døgntilsig.

Nærmere beskrivelser av selve modellen, kalibreringen og resultater fra simuleringene finnes i egen rapport (Magnell & Johansen 2001).

3.4 Modellens egnethet

Erfaringene fra simuleringene summeres opp under. Hovedvekt er lagt på å vurdere modellens egnethet for effektregulering, herunder som grunnlag for å vurdere miljøkonsekvenser og å kunne forutsi vannstands- og vannføringsvariasjoner.

Erfaringer med modellverktøyet:

- Inndeling av døgnet i prisavsnitt, for å kunne simulere tidfestede døgnvariasjoner, var vanskelig og tidkrevende.
- Modellen synes å være best egnet til å simulere produksjon. En trenger da ikke å tidfeste inndelingen av døgnet, eller uken, med de ulike prisavsnittene.
- Modellen kan foreløpig ikke håndtere hydraulisk koblete magasiner, for eksempel to kraftstasjoner med felles inntaksmagasin, noe som ofte vil være aktuelt i forbindelse med effektutvidelser av eksisterende anlegg.
- Noen modelltekniske mangler – effektstyreparametre lagres på egen fil, noe som ikke er særlig brukervennlig, gode verktøy for å bearbeide prisrekker savnes og modellen har ingen egen mulighet for resultatpresentasjon, samtidig som de store datamengdene gjør at presentasjon i for eksempel Excel begrenses av regnearkets kapasitet.
- Modellen tar ikke hensyn til start/stopp kostnader – noe som favoriserer overdreven effektkjøring.
- Effektutvidelser medfører lett store endringer i kraftverkernes tappestrategier, noe som igjen fører til at vannverdimatrisene må beregnes på nytt for hvert alternativ. Dette kan vanskeliggjøre sammenligning av produksjon og inntekt mellom ulike alternativer. For det økonomiske resultatet har også SimtapEffekts "straff" for avvik mellom start- og sluttmagasin betydning.
- Store datamengder er vanskelige å presentere på en form som er egnet ved vurderinger av miljøkonsekvenser.
- Dersom en skulle ønske en annen type effektkjøring, med hyppigere start/stopp over døgnet, synes modellen vanskelig å bruke. Særlig gjelder dette dersom det i tillegg er ønskelig å simulere med tilsigsdata for en lengre periode. Modellen kan i teorien regne så fint en måtte ønske, men blir i praksis begrenset av oppløsningen på tilsigsdataene, antall prisrekker og regnekapasiteten.
- Tilsig med døgnoppløsning kan, i små magasiner og i elver, være for grovt. SimtapEffekt fordeler i dag tilsiget jevnt over døgnet. Modellen kan foreløpig ikke håndtere tilsig med finere tidsoppløsning. Muligheter for forbedring av modellen til å kunne benytte tilsig med finere tidsoppløsning burde være tilstede, men spørsmålet er om en i dag har tilstrekkelig med tilsigsserier med finere tidsoppløsning enn døgn.
- Strømningshastigheter i magasiner synes interessant ved vurderinger av miljøkonsekvenser – modellen gir ikke opplysninger om dette. Simulerte vannføringer fra modellen må eventuelt legges inn i egne modeller for å beregne strømningshastigheter på ønsket sted i for eksempel et magasin.

Inntil videre er det antakelig tilstrekkelig å bruke enklere, teoretiske regnearkbetraktninger for å beregne konsekvenser av effektkjøring på vannstander og vannføringer.

En bør videre søke å utvikle modeller som bedre takler fin oppløsning, for eksempel timesdata, slik at produksjonsvariasjoner over døgnet, alternativt uken, håndteres på en tidsmessig korrekt måte.

4. Miljøkonsekvenser i magasin

I de følgende kapitler beskrives sentrale resultater fra effektreguleringsforsøkene i Vinjevatn. I tillegg foretas generelle, teoretiske betraktninger rundt mulige virkninger av effektregulering for ulike fagfelt. Det er viktig å være klar over at virkningene av effektregulering som omtales ikke nødvendigvis gjelder for enhver effektregulering, men må betraktes som et "worst case"-scenario, en oversikt over typer virkninger som kan oppstå under gitte omstendigheter. Hvilke konsekvenser som er aktuelle vil variere fra vassdrag til vassdrag og med ulike kjørestrategier. Dette innebærer at konsekvensvurderinger må gjøres for hvert enkelt tilfelle.

4.1 Is og vanntemperatur

4.1.1 Metoder

Virkningene av effektregulering på vanntemperatur i magasiner er undersøkt gjennom to fullskala effektreguleringsforsøk i Vinje høsten 1997 og 1998. Virkninger på islegging/isforhold ble undersøkt under et påbegynt forsøk vinteren 1999. Det er lagt vekt på at resultatene skal kunne ha overføringsverdi til andre typer vann og vassdrag hvor det planlegges effektregulering. Det er derfor gjort en del generelle, teoretiske betraktninger i tillegg til de observerte virkningene i Vinje.

For å komplettere teoretiske betraktninger ble det iverksatt et omfattende måleprogram i magasinene oppstrøms (Våmarvatn) og nedstrøms (Vinjevatn) Vinje kraftverk. Tre temperaturvertikalloggere ble satt ut i Vinjevatnet i ulike avstander nedstrøms kraftverksutslippet. I tillegg ble det foretatt målinger på bunnen av den første terskelen (5 m dyp). I Våmarvatn ble temperaturvertikalen målt på to steder. Vanntemperaturen ble også målt i Vinje kraftverk, i Smørkleppåi (stor innløpselv til Vinjevatnet) og i Tokke kraftverk. Som referanse vann ble det foretatt temperaturvertikalmålinger i Lognvikvatn som er et uregulert vann. Se Figur 1 for lokalisering.

4.1.2 Sentrale problemstillinger

Ved overgang fra sesongregulering til døgnregulering med tilhørende endring i magasin vannstander kan følgende virkninger være aktuelle:

- Større døgnlig variasjon i vanntemperaturen nær kraftverksutløpet (inntil 2-3 °C).
- Endringer i islegging nær kraftverksutløpet, økt eller redusert isdekke avhengig av lufttemperatur og kjørestrategi.

Hvorvidt variasjonen i vanntemperatur vil bli større ved effekt-/døgnregulering er avhengig av flere forhold, først og fremst av forholdet mellom vannføringen i tilførselselv i forhold til kraftverkets driftsvannføring, kraftverkets inntaksdyp, størrelsen på utløpsmagasinet og forekomst av terskler i utløpsmagasinet.

Isleggingsforholdene nær utløpet av kraftverket vil være avhengig av om kraftverket står om natten eller ikke. Ved stans i kraftverket om natten vil arealet åpent vann reduseres og isdekket blir mer stabilt enn ved sesongregulering der kraftverket går jevnt gjennom hele vinteren.

4.1.3 Resultater

I inntaksmagasinet (Våmarvatn) fant vi så godt som ingen temperaturvariasjoner som skyldtes effektkjøringen.

Utløpsmagasinet (Vinjevatn) er et typisk gjennomstrømningsmagasin. Det er spesielt da det har en innløpselv (Smørkleppåi) oppstrøms kraftverket som har en betydelig vannføring, også om vinteren. Det viste seg under forsøkene at de største variasjonene i vanntemperaturen på grunn av effektkjøring skyldtes samspillet mellom innløpselva og kraftverksvannet.

Når det er store temperaturforskjeller mellom innløpselva og kraftverksvannet blir det også tetthetsforskjeller og innløpselvas vann vil synke mot bunnen de ganger dette er tyngst. Under forsøket i september var vannet fra Smørkleppåi tyngre enn innsjøvannet/kraftverksvannet og ellevannet la seg derfor på bunnen. Når kraftverket gikk, var strømmen turbulent nok til at kraftverksvannet blandet seg helt til bunns og dominerte forholdene også der. Vi fikk derfor døgnlige temperatursvingninger på inntil 1 °C i alle dyp fra 5-30 m, størst svingninger nær bunnen. Normalt er det svært stabile temperaturer i dypet i uregulerte vann eller vann med jevn kjøring.

Fra effektlignende kjøring til andre årstider fant vi at det av samme grunn kunne oppstå døgnvariasjoner på anslagsvis 3 °C om sommeren og 2 °C om vinteren, men da i de øverste 2 m da vannet i innløpselva vanligvis er lettest på disse årstidene. Tidlig på høsten er det en overgangsperiode hvor vannmassene fra innløpselva og kraftverket vanligvis har omtrent samme temperaturer og derfor er like tunge. Vannmassene blandes da i alle dyp og de døgnlige temperaturvariasjonene i innsjøen blir svært små.

Målingene viste også to andre temperaturvirkninger som oppstår ved effektkjøring om sommeren. Disse virkningene avhenger av inntaksdypet og er størst når inntaket ligger like under termoklinen (skille mellom varmt overflatevann og kaldere bunnvann).

Vannet som trekkes inn i et kraftverksinntak tas hovedsakelig fra samme dyp, men noe suges også inn fra dypene over og under inntaket på grunn av turbulensen som oppstår. Når vannføringen øker, øker også dybdeintervallet som vannmassene hentes fra.

Etter en stans startes kraftverket forsiktig med liten driftsvannføring. I starten trekkes derfor vann hovedsakelig fra samme dyp som inntaket. Når vannføringen øker dras det med stadig mer overflatevann, og temperaturen stiger. Det tok inntil 1-2 timer før vanntemperaturen stabiliserte seg. De første 1-2 timer etter oppstarten fant vi derfor inntil 2 °C kaldere vann enn det en ville fått med jevn kjøring.

Den andre effekten var at driftsvannets temperatur var inntil 2 °C høyere ved full last enn ved halv last. Årsaken er at det dras med mer varmt overflatevann ved høy last. Denne effekten vil avhenge av været og neppe være så stor ved effektkjøring over lengre perioder da varmt overflatevann "forbrukes".

Temperaturfallet etter oppstart har kun lokal effekt nær kraftverket, mens den økede temperaturen ved full last vil merkes overalt hvor kraftverksvannet brer seg.

Når en skal vurdere virkningen på vanntemperaturen i utløpsmagasiner skiller det seg ut tre grupper:

- Dypt magasin uten nevneverdig gjennomstrømning.
- Dypt magasin med gjennomstrømning.
- Grunt magasin med gjennomstrømning som gir stor blanding.

I kommentarene som følger er det antatt at det ikke er noen stor innløpselv oppstrøms kraftverket.

I et dypt magasin uten nevneverdig gjennomstrømning vil det dannes et varmt overflatelag om sommeren. Nær kraftverksutløpet vil vannmassene blandes, og blandingssonen vil bli litt større ved effektkjøring enn ved jevn kjøring. Ellers ventes det små endringer. Det er da lagt til grunn at samme vannmengde kjøres gjennom kraftstasjonen pr. døgn ved effektregulering og sesongregulering.

I et dypt magasin med gjennomstrømning vil strømhastigheten variere ved effektkjøring. Også her vil blandingssonen nær kraftverksutløpet bli litt større, men vanntemperaturen ellers i sjøen vil bli svært nær de en finner ved jevn kjøring.

I et grunt magasin med gjennomstrømning vil vannmassene blandes over terskler. Ved effektkjøring får en enda bedre blanding over tersklene, men dersom det er gjennomblanding allerede ved jevn kjøring blir det ingen endring ved effektkjøring. Om natten når kraftverket står er det betydelig svakere strøm og temperaturen kan endre seg noen tideler i de øverste vannlagene (vanligvis kaldere). Når overflatelaget er kaldere enn 4 °C vil avkjølt vann bli lettere og en kan få flere graders temperaturfall i et tynt overflatelag. Under rette forhold (kaldt og vindstille) kan en få islegging. I dypet blir det derimot små endringer av en natts avkjøling.

Dersom det eksisterer en relativt stor innløpselv som ligger slik til at kraftverksvannet og elvevannet blandes, vil en ved effektkjøring få temperaturvariasjoner i perioder hvor temperaturen på de to vannkildene er forskjellig. Variasjonen avtar forholdsvis raskt med avstanden fra kraftverket, avhengig av dybdeforholdene. I Vinjevatn var variasjonene borte etter 2-3 km. I andre magasin, der en ikke har en slik tilførselselv, vil virkningen av effektregulering være en noe større temperaturpåvirket blandingssone ved kraftverksutløpet enn det som er vanlig ved sesongregulering. Ellers vil vanntemperaturen i magasinet ikke bli vesentlig endret.

Dersom inntaksmagasinet er lite, kan en få vesentlig variasjon i vannstanden ved effektkjøring, både opp og ned. Ved jevn kjøring er det jevnt avtagende vannstand utover vinteren bortsett fra under eventuelle vinterflommer. Det vil derfor bli mer oppsprukket is og mer overvann ved land ved effektkjøring. Ved store magasiner blir isforholdene i inntaksmagasinet derimot ganske lik de ved jevn kjøring.

Et isdekke dannes når vanntemperaturen når null grader. I kuldeperioder, når råken blir mindre, er derfor vanntemperaturen ved iskanten null grader. I mindre kalde perioder kan dette isdekket opprettholdes selv om vanntemperaturen ved iskanten er over null. Det må bare være kaldt nok til at varmen som avgis fra vannet til isen balanseres av varmetapet fra isoverflaten. Et isdekke som dannes i en periode med sterk kulde kan derfor holde seg på samme sted selv om det blir mindre kaldt. En kan med andre ord si at det er lettere å opprettholde enn å danne et isdekke.

Når kraftverket stanser, stanser den jevne tilførselen av "varmt" vann, og også turbulensen som hindrer isleggingen. Ved effektkjøring vil en derfor få islegging i stille og kalde netter når kraftverket står. Når kraftverket starter opp igjen vil isen brette opp og/eller smelte vekk i hovedstrømmen. Lenger vekk avtar strømmen og det vil oppstå en likevekt ved iskanten hvor vannet kan være over frysepunktet. I streng kulde kan vanntemperaturen ved iskanten være vesentlig over null, mens den ligger nær null i svak kulde. Også ved jevn kjøring kan en ha situasjoner hvor vanntemperaturen er over null ved iskanten, men da må det nylig ha vært en enda strengere kuldeperiode for å bygge opp isdekket.

Dobbel vannføring gir økt strømhastighet, så vanntemperaturen er høyere i samme avstand fra kraftverket under effektkjøring (når kraftverket går). I sterk kulde kan vi derfor forvente at råken som oftest blir mindre ved effektkjøring enn ved jevn kjøring. Ved moderat kulde blir råken av omtrent samme størrelse, mens den vil bli større ved svak kulde og mildvær. Årsaken er at under

moderat og sterk kulde får vi islegging om natten, midlet over døgnet blir det vesentlig mindre åpent vann som igjen virker dempende på frostrøyken. Dersom kraftverket ikke slås helt av om natten, eller det av andre grunner er en strøm av "varmt" vann, vil det ikke bli nevneverdig islegging om natten. Råken vil da kunne bli større ved slik effektkjøring også ved moderat og sterk kulde.

Ved effektkjøring blir det som oftest også varierende vannstand i utløpsmagasinet/innsjøen. Det blir mer oppsprekking av strandsonen med overvann. Dette gir først og fremst problemer der strandsonen er bratt. Over terskler får vi øket strømhastighet når kraftverket går og isen kan bli mer usikker i slike områder.

4.1.4 Konfliktreduserende tiltak

Vi har ikke fokusert på dykket utslipp i dette prosjektet. Dykket utslipp har vært brukt ved utslipp i fjorder for å unngå ferskt overflatelag med ofte tilhørende islegging, og det har vært brukt i ferskvann for å redusere råken og dermed frostrøyken. Virkningen på isdekket er altså forskjellig i saltvann og ferskvann, men begge steder ønsker en å holde kraftverksvannet unna overflaten. Ved effektkjøring med dobbel vannføring av jevn kjøring vil det bli mer turbulens og større sjanse for at overflaten blir påvirket. Effektkjøring vil derfor kunne redusere virkningen av et dykket utløp. Enkelte steder kan nok likevel et dykket utslipp være et avbøtende tiltak ved effektkjøring.

En må forvente at det blir vanskeligere å ferdes på isen der det effektkjøres, da strandsonen vil bli mer oppsprukket. Over terskler kan isen bli mer usikker da strømhastigheten øker i perioder. Dersom utløpsmagasinet er inntaksmagasin til et nytt kraftverk, kan en kjøre disse i fase for å holde vannstanden mest mulig stabil. Oppsprekkingen i strandsonen vil da reduseres. Ved samtidig å holde vannstanden så høy som mulig reduserer en isproblemene over terskler.

4.2 Lokalklima

4.2.1 Metode

Ved Våmarvatn (Vinje) og Bandak (Tokke) ble det gjort observasjoner av frostrøyk gjennom hele prosjektperioden. Hver dag ble det fotografert utover vatna enten frostrøyk forekom eller ikke. Datainnsamlingen ble koordinert med meteorologiske målinger relativt nær åpne råker i isen, slik at tilstanden til den luften som strømmet inn mot råkene ble overvåket. I tillegg til de faste meteorologiske observasjonene, ble også mobile punktmålinger brukt til kartlegging av lokalklimaet i en noe videre forstand.

Slike mobile målepunkter ble også en viktig kilde i vurderingen av hvor stor påvirkning en åpen vannflate hadde på lufttemperaturen ved strendene. Disse undersøkelsene ble gjennomført både ved Botnedalsvatn og ved Våmarvatn.

4.2.2 Sentrale problemstillinger

For at en skal få frostrøykdannelse må lufttemperaturen i området være lavere enn -10°C og det må være åpent vann.

Mulige virkninger på lokalklimatiske forhold ved endring fra sesongregulering av magasin til døgnregulering vil primært være knyttet til:

- Endring i hyppighet av frostrøykdannelse og tetthet av frostrøyk avhengig av forekomst og størrelse av åpen råk ved kraftstasjonsutløpet

- Endringer i lufttemperatur som følge av ev. endringer i isleggingsforholdene på magasinet

Effektregulering kan påvirke frostrøykdannelsen og lufttemperaturen nær berørte magasin dersom endret manøvrering endrer isleggingsforholdene, se kap. 4.1.

Beregninger viser at døgnregulering som medfører stans av kraftverket om natta kan gi redusert hyppighet og utbredelse/tetthet av frostrøyk over og omkring utløpsmagasinet. Dersom kraftverket kjøres om natta kan dette medføre at den åpne råka ved kraftverksutløpet bli større enn ved sesongregulering og frostrøykdannelsen øker.

4.2.3 Resultater

Frostrøyk

Frostrøyk er en form for tåke som kan komme i stand over isfritt vatn. Fenomenet er vanligst om høsten, og om vinteren over åpne strømdrag i elver eller over isfrie fjorder, se Figur 4. Frostrøyken består av ørsmå vanndråper som samlet setter ned sikten slik at det blir tåke. I spesielt kaldt vær kan frostrøyk også inneholde iskrystaller.



Figur 4 Frostrøyk over Våmarvatn den 11. mars 1999. (Foto: Per Øyvind Nordli)

Da styrken av frostrøyken kan variere svært mye fra tilfelle til tilfelle, vil også ulempene med frostrøyken variere. Som eksempel kan vi tenke oss et tynt lag av frostrøyk 1 m over vatnet. Mange vil mene at slik frostrøyk ikke er til noen ulempe, kanskje virker den heller livgivende for landskapet. Tettere frostrøyk, derimot, som i mange tilfeller legger seg over landskapet flere ti-metre tykk, blir av de aller fleste regnet som en miljøulempe. Derfor er det meningsfullt å klassifisere frostrøyken etter hvor mektig den er, og om den brer seg videre enn det isfrie området der den dannes.

Ved Våmarvatn ble frostrøyken klassifisert etter Tabell 1. Ved Bandak var klassifisering unødvendig på grunn av at bare svak frostrøyk ble observert (klasse 1). I alt ble det observert 76 tilfelle av frostrøyk om morgenen ved Våmarvatn mot bare 9 ved Bandak.

Tabell 1 *Kriterium brukt for klassifisering av frostrøyk på grunnlag av bilde tatt over Våmarvatn.*

Klasse	Definisjon
0	Ingen frostrøyk hverken på bilde eller på rapportskjema.
1	a) Ingen synlig frostrøyk på bilde, men rapportert av fotografen. b) Frostrøyken er synlig på bilde. Den når ikke høyere (er mektigere) enn at stranda på andre sida av vannet er godt synlig på bilde.
2	Stranda på andre sida av vannet er synlig, men er svært diffus.
3	Stranda på andre sida av vannet er ikke synlig på grunn av frostrøyken, men horisonten ser en tydelig.
4	Strand og horisont på andre sida av vannet er usynlig på grunn av høy, tett frostrøyk

Klassifiseringen i tabellen tilsvarer omtrent det som ligger til grunn for en mye brukt frostrøykmodell ved Det norske meteorologiske institutt (DNMI) (Nordli 1988). Modellen finner sannsynligheten for frostrøyk for de forskjellige klassene i tabellen når meteorologiske parametre er kjent. Den viktigste av disse er lufttemperatur, men også skydekke og luftfuktighet går inn i modellen. Målet med frostrøykundersøkelsene var å teste om modellen hadde et generelt bruksområde og hvor vidt den også kunne brukes i sammenheng med effektregulering. For detaljer se fagrapporten (Nordli 2000b).

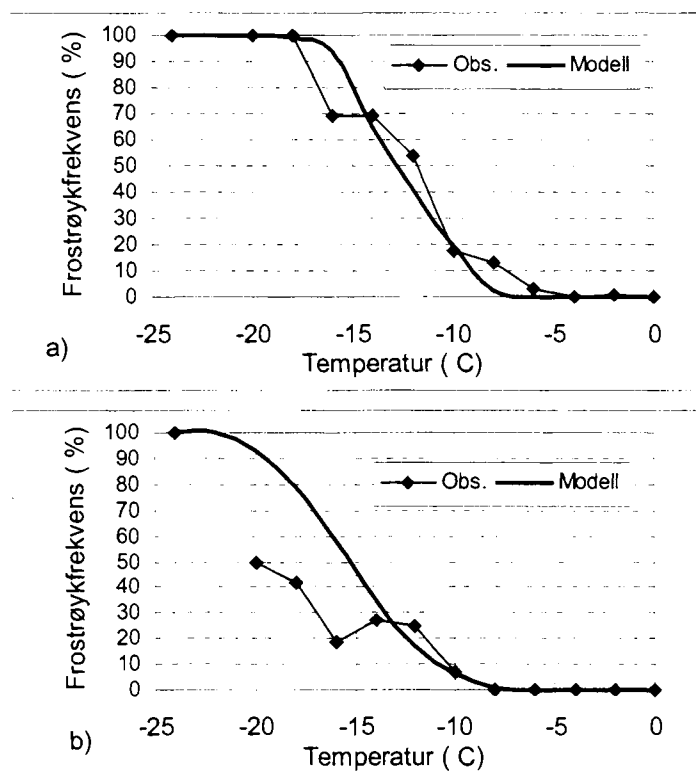
I sin enkleste form er samsvaret mellom modell og observasjoner ved Våmarvatn vist på Figur 5. Der er sannsynligheten for frostrøyk gitt som en funksjon av temperaturen alene uten hensyn til de andre parametrene. Vi ser at samsvaret er meget godt når en betrakter all observert frostrøyk. Om tilfellene større eller lik klasse 2 blir skilt ut, er det en tendens til at modellen overestimerer forekomsten av frostrøyk når det er kaldere enn $\div 15^{\circ}\text{C}$. Dette viste seg å være en følge av at den åpne råka ved Våmarvatn skrumpet sterkt inn ved streng kulde, slik at produksjonen av frostrøyk minket og frostrøyken ble tynnere.

Som en hovedkonklusjon viste det seg at frostrøykmodellen ga en god beskrivelse av forholdene også i et klima som det ved Våmarvatn. For Bandak er situasjonen en annen. Det kalde vinterværet er her karakterisert av en sterk drenasjevind ned dalen, og lufta i dalen mangler ofte statisk stabilitet. Dette ble forsøkt tilpasset i modellen, men på grunn av de milde vintrene under forsøksperioden med svært få tilfeller av frostrøyk, var det ikke mulig å få verifisert modellen på en statistisk sikker måte.

Om effektregulering vil medvirke til å øke eller redusere forekomst av frostrøyk er avhengig av kjørestrategien:

1) Ved en effektregulering der kraftverket er avstengt om natten, kan den åpne råka få tid til å fryse til, og da tåler isen noe varmt magasin vann før isen smelter. Dermed minker frostrøyk-produksjonen og det blir mindre frostrøyk enn før. Ved statistisk analyse ble det funnet at frostrøyken blir tynnere når den åpne råka minker i størrelse. På steder der det er frostrøyk ved en vanlig sesongregulering, kan frostrøyken minke ved effektregulering både i omfang og tetthet.

2) Om kjørestrategien derimot er slik at kraftverket ikke stopper helt om natten, men kraftverket likevel kjører en sterk effektregulering med en topp om dagen, kan derimot åpen råk bli større enn ved en konvensjonell sesongregulering. Frostrøyken kan da øke i omfang og tetthet.



Figur 5 Frostrøykfrekvens ved Våmarvatn jamført med en modell av Nordli (1988). a) Alle klassene av frostrøyk. b) Bare klasser av frostrøyk ≥ 2 .

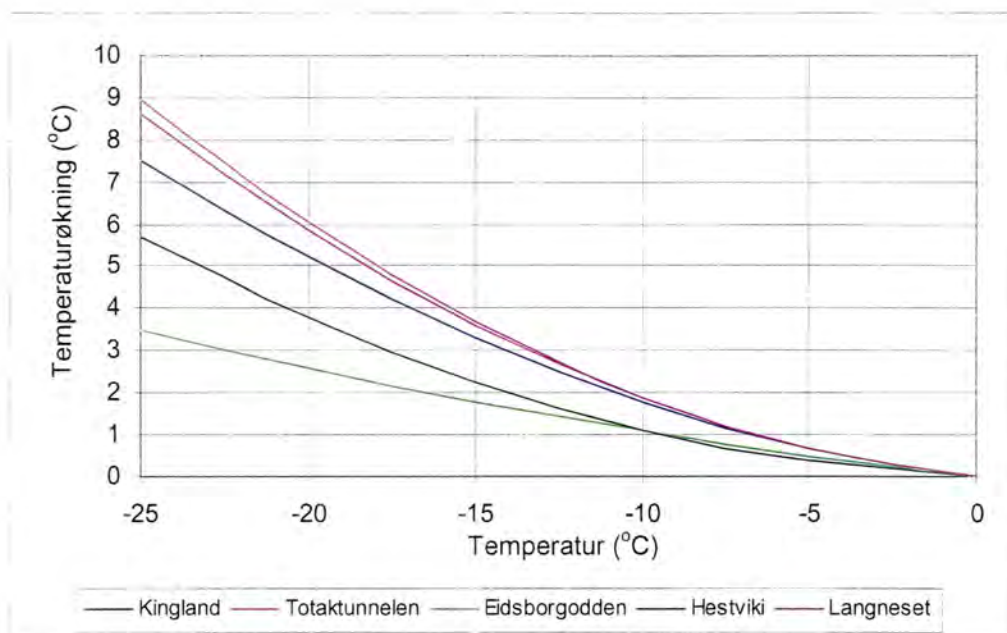
Globale klimaendringer og frostrøyk

Modellresultat viser at det blir mindre frostrøyk i Norge i et framtidig, mildere klima. Et scenario basert på ECHam4-modellen med nedskalering av Benestad (2000) og med bruk av Nordlis frostrøyksmodell gir en nedgang på 12 frostrøykdager (fra 34 i dag) ved Nesbyen i Hallingdal og 8 dager (fra 67 i dag) i Karasjok i Finnmark gjennom de neste 50 åra. I prosent utgjør det en nedgang på 35 i Nesbyen mot bare 12 i Karasjok. Disse stedene representerer kaldt innlandsklima på Østlandet respektive Nord-Norge. For at tallene skal være realistiske er forutsetningen at det er åpent vann på stedene selv i streng vinterkulde.

Av det som er sagt over, vil det framgå at kjørestrategien har en viss innflytelse på frostrøykfrekvensen. Det er den mest ekstreme form for effektregulering som gir minst frostrøyk, dvs. at kraftverket står om natta. Etter som frostrøyk er regnet for å være en miljølempe, vil det kunne virke konfliktreduserende om denne mest ekstreme forma for effektregulering blir valgt, dvs. at det blir stilt som vilkår for konsesjonen at kraftverket skal stå om natta i streng kulde.

Temperaturendring nær åpent vann om vinteren

Fra åpent vann i vinterkulde går det en energitransport fra vannet til luften. Resultatet er at luften blir noe mildere enn den ellers ville ha vært langs vassdraget. Energitransporten øker med temperaturforskjellen mellom vann og luft, slik at virkningen blir størst i kulde. Det er det som er vist på Figur 6.



Figur 6 Virkningen av åpen råk i Våmarvatn. Temperaturøkningen på visse punkt nær vatnet som funksjon av lufttemperaturen. (Lufttemperaturen det er referert til er målt på et punkt som fanger opp kaldluft under klart vær.)

Avstanden til åpent vann varierer fra om lag 10 m (Totaktunnelen) til om lag 700 m (Langneset). Generelt sett varierer virkningen med avstanden fra åpent vatn, men det viste seg i denne undersøkelsen at lokalklimaet spilte en langt større rolle for virkningen enn en til nå hadde regnet med ut fra tidligere arbeider innenfor lokalklima (Gjessing og Nordli 1991). Ved Våmarvatn fant en at ved en upåvirket lufttemperatur på $\pm 20^{\circ}\text{C}$ ga vannet en oppvarmingseffekt på 6°C på det mest påvirkede stedet, mens det minst påvirkede stedet bare fikk en effekt på knapt 3°C .

Effekten på lufttemperaturen av en åpen vannflate var sterkt avhengig av strømnings-bildet i området. Dette er ofte stasjonært i kuldebolker, og det samme mønsteret går igjen gang etter gang. Våmarvatn viste fram et skoleeksempel på dette. Luft seig inn mot vannet fra øst, et flatt område der kaldluft kunne bli dannet uten energiutveksling med åpent vann. Påvirkningen kom først da luften møtte den åpne råka. Der ble luften varmet opp, før den fulgte strømmen mot sør langs vannet og nådde iskanten. Deretter fortsatte luftstrømmen over is/snøflate, og da den nådde Langneset, hadde den gått flere hundre meter over is/snø siden den var ved iskanten. Likevel var luften ennå sterkt påvirket av det åpne vannet. Følgende regel kan formuleres:

Der kaldluft siger *ned mot* vannet, særlig der kaldluftslaget er tykt, er luften lite påvirket av åpent vann før strømmen når vannflaten. Der luft blir ført *fra* det åpne vannet, er luften allerede blitt oppvarmet over en viss tid, og virkningen er større.

Målingene i Botnedalen viste noe mindre virkninger av den åpne vannflaten enn det som har vært funnet ved tidligere undersøkelser (Nordli 1981, 2000a; Hammer 1986).

4.2.4 Konfliktreducerende tiltak

Høyere lufttemperatur i streng kulde blir vel neppe regnet for noen miljølempe og konfliktreducerende tiltak skulle ikke være nødvendig. Om en ville bruke åpent vann om vinteren som et klimaforbedringstiltak, støter en på en åpenbar vanskelighet: I streng kulde ville en få frostrykdannelse som av de aller fleste ville bli oppfattet som en mye verre belastning enn den

gevinst som høyere temperatur ville gitt. Klimaforbedringstiltak er derfor lite realistiske i denne sammenhengen.

4.3 Erosjon, sedimenttransport og erosjonssikring

4.3.1 Metode

For å klarlegge hvorvidt effektkjøring forsterker erosjons- og sedimentasjonsprosessene i magasinet ble det gjennomført både felteksperimenter og modellberegninger. Målinger og registreringer på forskjellige steder i magasinet ble gjort under perioder med effektkjøring, samt i referanseperioder med normalkjøring av kraftverket. Sedimentkonsentrasjonen i innløpselvene og i utløpet av Vinjevatn ble målt med døgnlige prøver av partikkelkonsentrasjonen. Det ble også gjort modellberegninger av partiklenes bevegelser i magasinet for å finne hvor mye av det suspenderte materialet som sedimenterer i magasinet og hvor mye som holdes i suspensjon helt fram til utløpet. I det følgende gis en oppsummering av en del sentrale problemstillinger knyttet til virkningene av en effektregering på erosjon- og sedimentasjonsprosesser. For en nærmere beskrivelse av metoder og resultater fra forsøkene i Vinjevatn henvises det til rapport nr 16 i denne rapportserien (Bogen & Bønsnes 2001).

4.3.2 Sentrale problemstillinger

Forsøk og undersøkelser i dette prosjektet har vist at ved overgang fra sesongregulering til korttidsregulering av magasin kan følgende virkninger knyttet til erosjon og sedimentasjon oppstå:

- Økt omfang av grunnvannserosjon som kan gi utrasinger i strandsonen.
- Økt omfang av bølgeerosjon og undergraving av sideskråninger.
- Endring i sedimentasjonsprosessene i deltaområder, mindre stabile deltaavsetninger.

De samme virkningene vil gjøre seg gjeldende ved effektregering i et nyetablert magasin som ikke tidligere har vært regulert.

Løsmassenes mektighet og beskaffenhet i reguleringssonen og i nedbørfeltet vil være avgjørende for om og i hvilket omfang disse virkningene vil oppstå. Størst virkninger vil en få der resente fluviale avsetninger (elveavsetninger avsatt etter siste istid) og leire berøres.

Erosjons- og sedimentasjonsprosessene vil gjøre seg mest gjeldende de første åra etter oppstart av reguleringen/reguleringssregimet, og prosessene vil fortsette dersom tilløpselver stadig fører nye sedimenter inn i magasinet.

4.3.3 Resultater

Grunnvannserosjon, ras og utglidninger

Under en rask senking av vannstanden vil det i bratte skråninger dannes et overtrykk i sedimentene langs kanten fordi trykket ikke blir kompensert av et tilsvarende mottrykk fra vannet i magasinet. Dette overtrykket reduserer skjærfastheten i skråningen og forårsaker små utglidninger ytterst i skråningen. Den høye hastigheten på grunnvannet ut mot skråningsoverflaten kan også medvirke til å fjerne finstoff eller rive løs enkeltkorn fra massene. For ensgraderte sedimenter kan dette resultere i dannelselse av små raviner, deretter utskalkinger, og til slutt redusert stabilitet med større utglidninger. Prosessen kalles grunnvannserosjon og ble observert i Vinjevatn under forsøket i 1997

(Figur 7). Erosjonsaktiviteten førte lokalt til forholdsvis høye partikkelkonsentrasjoner i vannmassene utenfor.

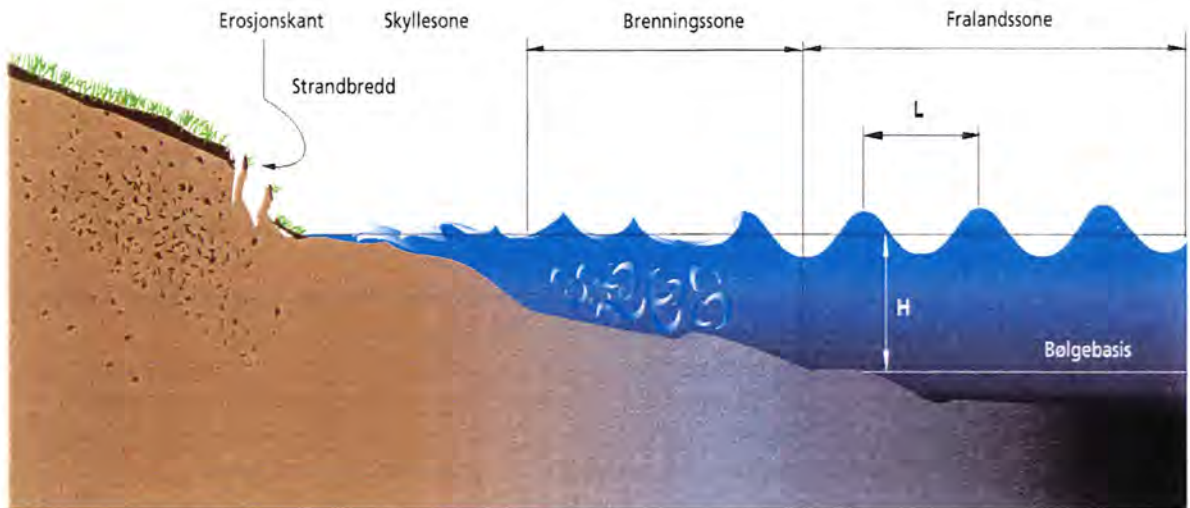
Løsmasser rundt innsjøer og magasiner kan være av variabel karakter. Forskjellige løsmassetyper har varierende egenskaper som er avgjørende for bevegelse av grunnvann og markvann. Glasifluviale sedimenter (breelvavsetninger fra istiden) og resente (nyere- avsatt etter siste istid) delta- og elveslettededimenter er spesielt utsatt for grunnvannserosjon fordi den hydrauliske konduktivitet (evnen til å lede vann) er høy nok til at vannet ledes lett gjennom formasjonen. Samtidig er massene tilstrekkelig tette til at det kan dannes grunnvannsgradienter ved rask endring av vannstanden. Sterkt konsoliderte formasjoner (svært sammenpresset) som f.eks. morene, kan ha høy pakningsgrad. Dette fører til lavt vanninnhold og lav ledningsevne med liten fare for grunnvannserosjon.



Figur 7 Grunnvannserosjon og utglidninger i Vinjevatn under forsøket i 1997. Foto 24. september 1997 ved vannstand ca på kote 462,5. (Foto: Jim Bogen)

Bølgeerosjon og undergraving av sideskråninger

Vind og bølger kan forårsake omfattende erosjon i magasiner. Vinden beveger vannmassene og fører til bølger og vinddrevne strømmer i magasinet. Bølgebevegelsen påvirker bunnmaterialet helt ned til ca. 7 m. På dypt vann forårsaker bølgene at vannpartiklene beskriver en sirkelbevegelse. Vannpartikler forflyttes derfor ikke i bølgenes bevegelsesretning. Etter hvert som bølgen beveger seg mot grunnere vann, vil bølgelengden avta til bølgen bryter mot stranden. Der bølgene bryter kalles brenningssonen, se Figur 8. Denne brenningssonen er karakterisert ved at vannbevegelsen blir kraftig turbulent. Materiale fra bunnen virvles opp i vannmassene som så frakter dette oppover i skyllesonen på stranden. Nedskyllet fører imidlertid med seg materiale tilbake. Forholdet mellom oppskyllets og nedskyllets mulighet til å frakte med seg og avleire materiale bestemmer hvordan en strand vil bli forandret.



Figur 8 Definisjonsskisse av bølgeerosjon og bølgebevegelse

Når vannstanden synker, vil bølgebasis og brenningssone forflyttes nedover stranden. Brenningssonen blir som følge av dette liggende lavere og kan påvirke dypere områder. I Vinjevatn betyr dette at bølgebasis da når ned til større områder med løse gytjesedimenter med mye organisk materiale som kan bringes i bevegelse. Hyppige vannstandsendringer under effektregulering innebærer at brenningssonen forflytter seg oftere over strand- og reguleringssonen enn under en sesongmessig regulering. Når bølgebasis blir liggende lavt, kan de dypereliggende deler av magasinet også eksponeres for erosjon.

Partikler som ligger på bunnen vil eroderes når skjærkreftene fra vannmassenes bevegelse blir større enn en gitt grenseverdi. Turbulensen skaper en oppadrettet bevegelse som kan bringe partikler i suspensjon. Kornstørrelsen og friksjonen mellom kornene er også viktige faktorer som har betydning for partikkelbevegelsen. Vanntrykket i porerommet mellom kornene reduserer friksjonskreftene. Under en effektregulering senkes vannstanden i magasinet raskt. Dette fører til at porevanntrykket ikke lenger kompenseres av et mottrykk og friksjonen mellom partiklene reduseres. Partiklene kan derfor eroderes lettere av bølgeskyllet under en effektregulering med rask vannstandssenkning enn under en sesongmessig regulering. Under en sesongmessig regulering forløper vannstandsendingene sakte slik at vanntrykket utjevnes. Raske nedtappingssituasjoner inntreffer mer sjelden under denne typen manøvrering.

Bølgeerosjon er den viktigste erosjonsprosessen som undergraver brattkanten bak strendene. Sterk vind på høy magasin vannstand er derfor en viktig forutsetning for å få intens bølgeaktivitet som kan erodere brattkantene. Ved effektkjøring på høy vannstand vil grunnvannserosjonen i brattkantene også komme inn som en betydningsfull prosess. Kombinasjonen av bølgeerosjon og grunnvannserosjon forsterker derfor tilbakerykningen av brattkantene. Vegetasjonen har imidlertid en bindende virkning på materialet og bremser tilbakerykningen.

Beregninger viser at det meste av materialet vil sedimentere i innsjøen. Ved 20 °C og 3 m senking av magasin vannstand viser beregningene imidlertid at 48% av kornfraksjoner på 0,006 mm vil være i suspensjon ved utløpet. Partikler større enn dette har sedimentert i magasinet.

Ustabile deltaavsetninger

Under effektreguleringen ble det også iaktatt erosjon i deltaområdet til den største tilløpselven til Vinjevatn, Smørkleppåi. Avsetning av bunntransportert materiale under sterkt varierende vannstand synes å føre til økende instabilitet i deltaområdet. Under høy vannstand kan bunntransporten stoppe i løpene og forårsake løpsendringer. Ved lav vannstand under en påfølgende nedtapping vil deltaet eroderes. Dette erosjonsforløpet forekommer også under sesongmessig regulering, men omfanget

øker under effektkjøring. Effektregulering synes derfor å kunne føre til økt instabilitet i tilløpselvenes delta.

Langtidsvirkninger av effektkjøring

Ved en permanent effektregulering vil det foregå en tilpasning til de nye forholdene. Etter hvert som bølgeerosjonen vasker ut materiale fra de grunnere områdene, vil tilgangen på materiale avta. Blakkingen av vannet vil derfor avta etter en tid hvis det ikke tilføres nytt materiale utenfra. Det må forventes en dårligere vannkvalitet og høyere konsentrasjoner av partikler i vannmassene i en relativt lang periode.

Instabiliteten i evt deltaområder vil være en vedvarende prosess så lenge det tilføres bunntransportert materiale fra nedbørfeltet. Sedimentasjonsområdet for bunntransportert materiale forflyttes i takt med vannstandsvariasjonene i magasinet. Ved høy vannstand vil bunntransporten avsettes i de øvre deler av deltaområdet eller i elveløpet. Under lav vannstand kan dette materialet eroderes og forflyttes til lavereliggende områder lenger ut i magasinet. Ved hyppige vannstandsendringer vil denne masseforflytningen foregå hyppigere enn under en sesongregulering med færre og langsommere vannstandsendringer. Deltaet kan derfor bli mer langstrakt med mindre deltaslette over de høyeste vannstandsnivåer.

Ved effektregulering på høy vannstand vil grunnvannserosjonen kunne bli relativt langvarig.

4.3.4 Konfliktreducerende tiltak - erosjonssikring

Erosjonssikring i effektregulerte vassdrag skal forebygge, ev. hindre videreutvikling av erosjonsskader i vassdragsnære områder. Tiltaket må samtidig ivareta vassdragets flerbruksverdi, herunder vassdragets verdi som landskapselement og ressurs for rekreasjon/friluftsliv, biologisk mangfold, energiforsyning, ev. vannforsyning.

Valg av erosjonssikringsmetode i effektregulerte vassdrag vil være avhengig av:

- Endringer i påkjenninger og strømningsforhold som følge av endrede vannstandsforhold.
- Vassdragets flerbruksverdi og ulike miljøinteresser.
- Masser/materiale tilgjengelig for erosjonssikring.
- Erosjonssikringens forventede virkning, kostnad, levetid og vedlikehold.
- Anleggstekniske forhold.

Erosjonssikring med stein

Stein gir en solid, tung og slitesterk konstruksjon med en forventet levetid på mer enn 100 år. Avhengig av om erosjonssikringen skal anlegges i strandsonen langs vassdrag eller bunnområder i elver og magasiner blir det benyttet ulike metoder. Plastring, tørmur, gabioner og buner er tradisjonelle steinsikringsmetoder for sikring av landnære arealer, mens ulike typer terskelkonstruksjoner vil kunne sikre bunnområder i elver og magasiner. Erosjonssikring med stein krever adkomst for tyngre anleggsmaskiner.

Erosjonssikring med tre

Trematerialer er lett tilgjengelig og har vært mye brukt som erosjonssikringsmateriale i Norge. Ofte brukes trevirke i kombinasjon med andre byggematerialer i erosjonssikringsanlegg. Der det er vanskelig adkomst kan det særlig være aktuelt å bruke trevirke. En trekonstruksjons levetid vil blant annet variere med type treslag og eventuell kjemisk behandling av trevirket (trykkimpregnering m.m.). Gjennomsnittlig levetid for trevirke brukt i erosjonssikring blir i planleggingssammenheng satt til 25 år.

Erosjonssikring med betong og syntetiske materialer

Betong er et lite "naturlig" byggemateriale og forsøkes i dag ofte unngått brukt av estetiske årsaker. Variasjonen i levetid kan være stor, men for mange erosjonssikringskonstruksjoner forventes levetiden å ligge i intervallet 30 – 50 år. Tradisjonelle bruksområder for betong som erosjonssikring er gjerne som støttemur i tettbygd strøk der veger, gater og bebyggelse er etablert helt ut mot elva eller vannet. Andre viktige bruksområder hvor betong brukes til erosjonssikring er i forbindelse med bruer og kulverter og stedvis i terskler.

Syntetiske produkter brukes gjerne som overflatestabilisering og erosjonssikring kombinert med vegetasjonsetablering. Nett, matter og madrasser av seint nedbrytbare stoffer som plast, polyester og stål blir ofte brukt i kombinasjon med steinsikring ned mot vassdraget. Produktene er imidlertid lite "naturlige" som byggematerialer. Variasjon i levetid for disse produktene kan være stor, men antas å ligge i intervallet 20-40 år.

Erosjonssikring med ingeniørbiologiske metoder

Vurderingene rundt bruken av ingeniørbiologi som erosjonssikringsmetode er i hovedsak basert på resultater fra vegetasjonsetableringsforsøket i Drammenselva, se Figur 9. For en nærmere beskrivelse av metode, resultater og videre anbefalinger for etablering av ingeniørbiologiske anlegg vises det til rapport nr 17 i denne rapportserien (Pedersen og Sollibråten 2001).

Ingeniørbiologiske metoder er en bevisst bruk av ulike arter av levende planter og biologisk nedbrytbare produkter for å utvikle tekniske, biologiske og økonomiske løsninger på tekniske og landskapsestetiske problem. Disse systemene kan både erstatte og supplere mer tradisjonelle erosjonssikringsmetoder. Et av fortrinnene med ingeniørbiologiske sikringsanlegg sammenlignet med andre metoder er at de kan gi et naturlig og estetisk svært tiltalende resultat.

Det er liten erfaring med levetiden til slike anlegg, men forutsatt riktig skjøtsel økes styrken etter hvert som vegetasjonen etableres, og levetid settes derfor til over 100 år.

Vegetasjon virker erosjonsbeskyttende og ofte stabiliserende. For å få et vegetasjonsdekke som gir optimal beskyttelse mot erosjon er det viktig at man velger en artssammensetning hvor man har arter med både grunne og dype rotsystemer. Vegetasjonsetableringsanlegg bør utføres tidlig i vekstsesongen, men etter vårfloppen, slik at vegetasjonen kan utvikle et bra rotsystem før høstfloppen setter inn.

Ved utlegging av vekstmasse for vegetasjon i bølgeslagssonen er det helt nødvendig å beskytte massene mot erosjon inntil vegetasjon er etablert. Kokosprodukter (nett og matter) er egnet til dette. En kritisk fase i anleggsperioden er når filtermasse og vekstmasser er lagt ut, mens de erosjonsbeskyttende kokosproduktene ikke har kommet på plass. Det er videre av stor betydning for plantenes evne til å slå rot at kokosproduktene forankres godt.

I perioden fra planter og forhåndsplantede produkter leveres til utplantning skjer, er plantene svært utsatt for uttørking. Plantene tørker lett og sjansen for en vellykket vegetasjonsetablering reduseres betraktelig. Det er derfor viktig med riktig mellomlagring før utplantning. Ved utplantning kan ikke vann- og strandplantene plasseres høyere i forhold til vannstanden enn at de har tilstrekkelig vanntilgang.

Ved effektregulering der utlagte vekstmasser gjentatte ganger blir satt under vann synes det å skje en hurtig utvasking av næringsstoff og da særlig av nitrogen. Frøblanding som brukes oppover i skråningen bør derfor inneholde nitrogenfikserende arter. Ingeniørbiologiske anlegg krever at det utarbeides en skjøtelsesplan og vurdering av ettergjødning må inngå i en slik plan.

Der de stedlige massene er egnet som vekstmasse vil ingeniørbiologiske anlegg for en stor del kunne utføres manuelt bare supplert med lettere maskinelt utstyr. I områder med vanskelig tilgjengelighet gir det metoden et økonomisk, men også ofte et miljømessig fortrinn i form av



Figur 9

Fra forsøksstrekningen i Drammenselva før forsøket startet på steinstrekningen i august 1999 (A), samme strekning 1 år etter (B). Ingeniørbiologiske metoder gir et langt mer estetisk tiltalende inntrykk enn erosjonssikring av stein (C). (Foto: Turid Bakken Pedersen).

mindre opparbeidelse av adkomstveger enn hva som er nødvendig for flere av de tradisjonelle sikringsmetodene.

4.3.5 Andre konfliktreduserende tiltak

Kjørestrategier

Et effektkjørt kraftverk med utløp i elv kan hyppig gi situasjoner med raske vannstands- og vannføringsvariasjoner i elva. Store og hurtige vannføringsendringer i elver kan skape brytende bølger. Dannelsen av en brytende bølge påvirkes blant annet av hvor raskt vannføringen stiger samt vannstanden i elveløpet i forkant av vannføringsendringen. Brytende bølger har et stort erosjonspotensial og bør ikke forekomme ukontrollert som følge av manøvrering av kraftverk.

I magasin kan det være nødvendig å sette grenser i forhold til hvor hurtig vannstanden kan endres avhengig av massene i strandsonen.

Fordrøyningsmuligheter

I effektregulerte elver med liten naturlig demping kan det være aktuelt å anlegge fordrøyningsmuligheter. Dette kan være rene dempingsmagasin eller terskler. Dempningsmagasin bør bygges slik at det ved oppfylling gir en så gradvis økning i utløpet som mulig. Dette oppnås ved for eksempel overløp på ulike nivåer. Ved tapping av magasinet er det ønskelig at dette skjer så langsomt som mulig slik at det fortsatt renner noe ut fra magasinet når neste bølge kommer inn i bassenget.

4.4 Biologiske forhold

4.4.1 Metode

Virkningene av effektregulering på biologiske forhold i magasiner, herunder vannvegetasjon, plankton, bunndyr og fisk, er undersøkt gjennom to fullskala effektreguleringsforsøk i Vinjevatn (Telemark) høsten 1997 og 1998, samt et påbegynt forsøk vinteren 1999. I tillegg til analyse av forsøksresultatene er det gjort generelle, teoretiske betraktninger rundt biologiske virkninger av effektregulering, basert på relevant litteratur. For en nærmere beskrivelse av metode og resultater fra forsøkene i Vinjevatn henvises det til rapport nr 18 i denne rapportserien (Brodtkorb 2001).

4.4.2 Sentrale problemstillinger

Virkninger på ferskvannsøkologiske forhold som følge av korttidsregulering vil avhenge av hvilke ikke-biologiske/fysiske endringer som skjer i magasinet. Resultatene fra forsøk og undersøkelser i dette prosjektet tilsier at det er størrelsen på vannstandspendlingene, endringer i erosjons- og sedimentasjonsprosesser og i vanngjennomstrømming som vil være avgjørende for virkningene på biologiske forhold.

De mest sentrale virkningene som kan oppstå ved korttidsregulering synes å være knyttet til:

- Virkninger på bunnvegetasjon og bunndyr i strandsonen.
- Stranding av fisk ved raske vannstandsreduksjoner.
- Utspyling av plankton på grunn av større variasjon i vanngjennomstrømming.

4.4.3 Resultater

Virkninger av en effektregulering på biologiske forhold i magasiner og innsjøer er i stor grad avhengig av om viktige ikke-biologiske forhold endres ved overgang til effektregulering. Det har således vært sentralt å undersøke om effektregulering medfører vesentlige endringer i ikke-biologiske faktorer sammenliknet med sesongmessig regulering. Dernest beskrive hvordan eventuelle endringer i ikke-biologiske faktorer kan påvirke biologiske faktorer.

Sammenliknet med sesongmessig regulering vil en effektregulering kunne gi økt variasjon i vanntemperatur sommer og vinter, samt større blandsoner nær inn- og utløp (gjelder først og fremst grunne magasin med gjennomstrømning). En må forvente større variasjon i vanngjennomstrømningen og kortere oppholdstid for vannmassene i perioder. Temperaturendringer, samt raske vannstandsvariasjoner og tidvis økt gjennomstrømning vil kunne endre isforholdene fra dag til dag. Erosjon, turbiditet og tilslamming vil ofte øke. Vannstanden vil endres raskere og hyppigere, og det blir færre "rolige" perioder. Endringer i vanndekket areal vil skje raskere og hyppigere. Strandsonen blir et mer ustabilt område.

Variasjoner i vanntemperaturen som følge av korttidsregulering vil trolig ha liten betydning for de biologiske forholdene ettersom variasjonene i de fleste tilfeller vil være relativt små og skje i et begrenset område omkring kraftverksutløpet (overflatelag, inn- og utløp). Mulige virkninger på vannvegetasjon i områder med temperaturvariasjoner er fysiologisk stress da metabolismen blir berørt direkte. Det forventes ingen vesentlige negative virkninger for plankton, bunndyr og fisk som følge av ev. endringer i vanntemperaturen.

Større variasjon i vanngjennomstrømning, samt kortere oppholdstid for vannet i perioder, vil normalt ikke påvirke vannvegetasjon, bunndyr eller fisk negativt. Planktonsamfunnene kan derimot påvirkes negativt gjennom økt utspyling og dårligere produksjonsbetingelser, slik dette er vist under forsøket i Vinjevatn (Brodtkorb 2001). Det finnes flere eksempler på at redusert oppholdstid/økt vanngjennomstrømning i magasiner har ført til redusert biomasse av dyre- og planteplankton (eks Uhlmann 1968, Straskraba & Javornicky 1973). På sikt vil økt utspyling av plankton gi dårligere næringsforhold for planktonspisende fisk.

Økt oppsprekking av is i strandsonen og mer ustabile isforhold vil generelt ha mindre betydning for de biologiske forholdene. Økt lystilgang som følge av redusert/oppsprukket isdekke kan gi økt plantevekst og planteplankton produksjon, men det er generelt vanskelig å generalisere virkningene av en lysøkning. Dette fordi behovet for lys er forskjellig hos ulike arter og fordi en rekke andre faktorer også påvirker vekst og produksjon. Bunndyr kan påvirkes negativt ved at frost trenger lenger ned i bunnen enn normalt, noe som fører til økt dødelighet hos bunndyr som normalt graver seg ned i substratet når vannet forsvinner (Paterson & Fernando 1969).

Økt erosjon, turbiditet og tilslamming vil hovedsakelig virke negativt på de biologiske forholdene i et magasin. Grunnvannserosjon og bølgeindusert erosjon som følge av effektregulering kan føre til løsrivelse av hele planter og effekter som vasking av planter, blottlegging av røtter og tildekking av planter med finmateriale (Johansen & Rørslett 1999). Tørreleggingsfrekvensen, klimaforhold og årstid vil avgjøre hvor omfattende erosjonen vil bli og eventuelt hvor lenge et plantedekke vil kunne vedvare. Økt partikkelkonsentrasjon og dermed redusert siktedyp har i mange tilfeller ført til en kortvarig nedgang i planteplanktonproduksjonen. Produksjonen når imidlertid raskt sitt opprinnelige nivå ved økende siktedyp og lystilgang (Duthie & Ostrofsky 1975, Duthie 1979). Økt erosjon kan påvirke bunnfaunaen direkte gjennom ytterligere forringelse av naturlige habitater i strandsonen, eller gjennom tilslamming av habitatene i og under denne.

Raskere endringer i vannstand og vanndekket areal vil stort sett være negativt for de biologiske forholdene i strandsonen.

Tørkeskader og frostskader vil kunne forekomme på vannvegetasjonen avhengig av omfanget på vannstandsendringene og tid på året. Under det første forsøket i Vinjevatn ble det observert tørkeskader på vannvegetasjonen (Johansen & Rørslett 1999).

Effektregulering av Vinjevatn førte til stedvis kraftige reduksjoner i bunndyrteitheter i påvirket sone. Reduksjonene skyldtes hovedsakelig utvasking/vandring til dypere vannlag. Tørreleggingene under effektkjøringene var imidlertid av så kort varighet at bunnsbunnet ikke tørket ut (Figur 10). Mudderboende bunndyr som fåbørstemark og fjærmygg overlevde disse periodene. Generelt vil hurtige endringer i vannstanden gjøre mer skade enn langsomme da bunndyrene ikke klarer å følge etter og dermed strandes (Hynes & Yaday 1985).



Figur 10. Strandområde i Vinjevatn kort tid etter senking av vannstand. Vegetasjonsmatter av stivt brasmegras dominerer på bløt mudderbunn. (Foto: Eilif Brodtkorb)

Stranding av fisk knyttet til strandsonen må forventes ved raske vannstandsendringer. Resultatene fra Vinjevatn tydet på at stranding av stingsild var den viktigste effekten av effektregulering i Vinjevann i forhold til fisk. Stranding av laksefiskene ørret og røye var tilsynelatende ikke noe stort problem. Større fisk som strandes vil imidlertid være mer utsatt for predasjon enn små, slik at omfanget av strandet ørret og røye kan ha vært noe større enn observasjonene skulle tilsi. Dersom stranding av ørret og røye var omfattende ville vi ha funnet flere døde fisker eller observert predatorer i aksjon. Resultatene tyder på at ulike arter har ulikt potensial for stranding, og fisk knyttet til strandsonen vil være mest utsatt for stranding.

Raskere endringer i vannstand vil isolert sett ha liten betydning for planktonproduksjonen, da plankton lever fritt i vannmassene og følger passivt strømmer og bevegelser i vannet. De direkte virkningen av raske vannstandsendringer vil generelt være små i de frie vannmasser.

De direkte konsekvensene av endrede ikke-biologiske forhold på fiskebestander som følge av en effektregulering vil normalt være beskjedne. Med unntak av stranding vil virkningen av en effektregulering for fisk i hovedsak være avhengig av hva som skjer med næringsdyrene, i første rekke zooplankton, bunndyr og byttefisk.

Langtidsvirkninger av effektregulering

Virkningene av effektregulering på vannvegetasjon og bunndyr vil primært skje de første årene etter at reguleringsregimet startes opp. Etter en tid vil vegetasjon og bunnfauna være borte, eller sterkt redusert i den sonen som benyttes hyppig til korttidsregulering. Det vil ta lang tid å få reetablert vannvegetasjon og bunndyrsamfunn i påvirket sone. Planktonsamfunnet vil påvirkes negativt så lenge det effektreguleres og dette medfører stor gjennomstrømming i perioder.

Oppblomstring/formering skjer imidlertid raskt hos plankton hvis forholdene ligger til rette for det, hvilket innebærer at en ved fornuftig regulering (hvileperioder) kan opprettholde en god planktonproduksjon. Eventuelle langtidseffekter vil forventes blant organismer lenger opp i næringskjeden som er avhengig av plankton, dersom tetthet og artsammensetning av plankton reduseres og/eller endres.

Så lenge det effektreguleres vil fisk potensielt alltid kunne strande. Det er imidlertid rimelig å tro at potensialet for stranding er størst den første tiden etter overgang til hyppige og raskere vannstandsendringer. Foreløpige resultater fra strandingsforsøk med laksunger på elv, i regi av det andre effektprosjektet (SINTEF), indikerer at fisken reduserer bruken av områder med fluktuerende vannstand. Det kan således synes som om fisken tilpasser seg fluktuerende vannstander.

4.4.4 Konfliktreduserende tiltak

Det finnes en rekke tiltak som kan redusere negative virkninger av en effektregulering på biologiske forhold. Disse er i hovedsak knyttet til kjørestrategien. Mindre vannstandsendringer gir mindre negative konflikter. I tillegg vil det være en fordel om pendling i vannstand skjer innenfor den reguleringshøyden som normalt benyttes og ikke nødvendigvis hele høyden mellom LRV og HRV. Vinjevatn er et godt eksempel i så måte. Normalt reguleres Vinjevatn mellom kote 464 og 465,5. I prosjektets effektreguleringsforsøk i 1997 ble nesten hele reguleringssonen benyttet (ned til 462,5). Dette medførte klart målbare, negative effekter for erosjon/suspensjonsforhold, vannvegetasjon og bunndyr. Året etter ble effektreguleringen gjennomført tilnærmet innenfor den normale reguleringshøyden, med det resultat at virkningene ble betraktelig mindre. Det er særlig ved effektregulering av magasin med liten reguleringshøyde at dette bør vektlegges.

Det er også viktig å forsøke å tilpasse reguleringen slik at en minimaliserer vannstandsendingene i perioder hvor økosystemet er sårbart. Spesielt høst og vår er viktige perioder i de fleste akvatiske økosystem. Mange fiskearter gyter i en av disse periodene, enten i magasinet eller i tilløpsbekker. For å sikre tilgangen til gyteområdet, enten det er i bekker eller i magasinets strandsone, er det viktig med relativt høy og stabil vannstand i magasinet. Normalt er det relativt høy vannstand i magasinene i disse periodene slik at dette ikke er noe problem. Hvilke perioder som er viktige vil variere fra magasin til magasin, og vil avhenge av hvilke arter som finnes. Dersom en kan begrense effektregulering til vinterperioden vurderes dette totalt sett som fordelaktig for biologiske forhold sammenliknet med en effektregulering hele året.

Ved oppstart av en effektregulering er det vesentlig at de første vannstandsendingene skjer langsomt, spesielt ved nedkjøring, slik at faunaen i strandsonen rekker å følge endringene. Dette vil også være viktig dersom det blir lengre "hvileperioder" med høy vannstand og det er grunn til å anta at en viss rekolonisering av strandsonen har funnet sted. Ved hyppig effektregulering over tid vil behovet for langsom nedtapping bli noe redusert da faunaen som er igjen i strandsonen er tilpasset raske endringer.

Effektregulering mellom vannstands nivåer som gir store endringer i vanddekket areal bør begrenses for å redusere faren for at invertebrater (bunndyr) og fisk strander. Et dybdekart, eller et flyfoto over magasinet ved lav magasinifylling kan være til god hjelp ved identifisering av slike "problemhøyder".

4.5 Andre miljøkonsekvenser som kan være relevante

4.5.1 Innledning

Effektregulering kan medføre konsekvenser for andre verdier og brukerinteresser enn de som dette prosjektet har satt hovedfokus på. For at bildet av mulige virkninger skulle bli mer helhetlig, ble det i delprosjekt optimalisering gjort overordnede vurderinger av andre mulige miljøvirkninger. Det understrekes at vurderingene av disse interessene er gjort på en forenklet måte basert på informasjon om de fysiske og biologiske virkninger som er framkommet i prosjektet og på generell kunnskap om virkninger av vannkraftutbygging for verne- og brukerinteresser.

En overgang fra sesongregulering til effektregulering i et vassdrag vil ikke nødvendigvis medføre nye inngrep i naturen. I en del tilfeller vil imidlertid en endring i kjørestrategien for kraftverkene aktualisere effektutvidelser i form av nye installasjoner i kraftverket, utvidelse av vannveier m.v. Dette vil igjen medføre behov for anleggsvirksomhet, nye tipper og anleggsveier som vil påvirke landskap, brukerinteresser og natur på samme måte som ved nye vannkraftutbygginger. I den videre omtale av mulige virkninger av effektregulering på verne- og brukerinteresser er slike tiltak med tilhørende virkninger ikke omfattet.

4.5.2 Landskap

Konsekvenser for landskapet ved en overgang fra sesongregulering til døgnregulering kan oppstå som følge av hurtigere vannstands- og vannføringsendringer i magasin og elv. Selv om effektreguleringen foretas innenfor dagens reguleringsgrenser, kan raskere vannstands- og vannføringsendringer medføre fare for økt erosjon og utrasing langs elvebredder og strandsoner. Dette kan gi sår i landskapet som igjen kan påvirke vassdraget og tilgrensende områders opplevelsesverdier og verdi for friluftsliv og turisme.

4.5.3 Kulturminner og kulturmiljøer

Synlige kulturminner knyttet til vassdragslandskapet kan være gamle broer, kvernhus, vasshjul og rester etter gamle sagbruk m.m. I tillegg kan det finnes ikke-kjente automatisk fredete kulturminner under terreng eller under vann.

Konsekvenser for kulturminner og kulturmiljøer ved effektregulering vil primært være knyttet til økt erosjon som kan påvirke eldre boplasser eller andre arkeologiske forhold, eller skade synlige kulturminner eller kulturmiljøer gjennom f.eks. utrasinger. Hyppige vannførings-/vannstandsendringer kan også redusere framkommelighet og vanskeliggjøre adkomst til kulturmiljø. Endringer i isforhold kan bidra i samme retning.

4.5.4 Friluftsliv og turisme

Friluftslivaktiviteter i og langs vassdrag er mange; fiske (fra strand og fra båt), jakt, båtturer, kano og rafting, bading, turgåing (korte dags- og spaserturer eller med overnatting), og camping- og friluftsturer med utgangspunkt i bruk av bil. Vannføring/vannstand i et vassdrag kan være en fysisk forutsetning for å utøve mange av friluftslivaktivitetene, men vassdraget og vannføringen kan også være en opplevelsesmessig berikelse for enkelte fritidsaktiviteter og turisme, uten at vannføringen nødvendigvis er en forutsetning for utøvelsen. Dette gjelder aktiviteter som det å gå tur til fots eller på ski, ulike typer av naturstudier og det å oppleve naturen fra leirplasser, rasteplasser eller vei.

Generelt kan inngrep i vassdrag ha betydelige konsekvenser for friluftslivaktiviteter knyttet til vannet. Ved effektregulering kan raskere endringer i vannføring føre til større risiko for folk som utøver

jakt, fiske og andre friluftslivsaktiviteter langs vassdraget. Båthold kan bli vanskeliggjort. Ved eventuell påvirkning på landskap og/eller kulturminner kan opplevelsesverdien av friluftslivet endres. Endring i isforhold kan skape barrierevirkninger for ferdsel om vinteren.

4.5.5 Terrestrisk økologi

Plante- og dyreliv har en egenverdi, men er også av betydning for natur- og landskapsopplevelse, undervisning, friluftsliv, jakt m.m. Enkelte plante- og dyrearter er vernet gjennom særlover.

Verdifulle naturområder kan være leveområder for sjeldne, sårbare eller truede dyre- og plantearter, fungere som hekke- eller yngleområde, beite- eller skjuleområder og lignende, eller gi grunnlag for rik biologisk produksjon. Våtmarker, myrer, vassdrag, sjøområder og strandsoner er eksempler på verdifulle naturområder der inngrep kan være spesielt konfliktfylte.

Randvegetasjon og våtmark av stor betydning for dyreliv kan bli påvirket ved overgang fra sesongregulering til døgnregulering i vassdraget. For vegetasjon er det generelt sett størst behov for god og jevn vanntilgang vår og sommer, dette kan til en viss grad reguleres gjennom slipp av minstevannføringer i elver. I våtmarksområder kan flere arter være tilpasset seongmessige vannstandsfluktuasjoner. Dersom slike fluktuasjoner bryter med det naturlige mønsteret kan dette medføre skader på planter og dyr.

4.5.6 Ferskvannsressurser

Ferskvann kan være ressurs for vannforsyning (drikkevann, jordvanning m.m.) fiske, bading og akvakultur. Effektregulering fører til hurtige fluktuasjoner i vannstand og kan dermed påvirke ferskvannsressursen på måter som har konsekvenser for andre brukerinteresser.

5. Konsekvenser av effektregulering på fysiske og biologiske forhold i fjorder

5.1 Metode

Det ble gjort målinger og tatt vannprøver fra fem stasjoner i ulik avstand fra utløpet fra Matre kraftverk i Masfjorden vår (1997), sommer (1996) og høst (1996). Det ble målt saltholdighet, lysgjennomskinnelighet og tatt vannprøver for å måle turbiditet og klorofyllinnhold. Med bakgrunn i de innsamlede dataene ble det gjort beregninger av hvordan produksjonsvilkårene for fastsittende makroalger, samt fødeinntaksrate hos fisk, vil kunne endres som følge av en ev. turbiditetsøkning.

I tillegg ble det gjennomført idealiserte simuleringer og mer realistiske simuleringer av ferskvannsutslipp og algevekst i indre del av Hardangerfjorden. Hensikten med simuleringene har vært å avdekke generelle, relative forskjeller i resultatene fra simuleringene med ordinære vannkraftverk (konstant ferskvannsavrenning) og effektregulerte kraftverk.

5.2 Sentrale problemstillinger

Hvorvidt effektregulering av vannkraftverk med utløp i fjorder kan medføre endrede miljøvirkninger i forhold til en sesongregulering, er avhengig av om avløpsvannet fra kraftverket vil øke turbiditeten (lysgjennomskinneligheten) i de nære sjøområdene (Larsen & Fiksen 1998, Asplin & Larsen 1999). Dersom en turbiditetsøkning finner sted, kan følgende problemstillinger være aktuelle:

- Vil en effektregulering med utslipp i fjord kunne påvirke produksjonsforholdene for fastsittende makroalger og planktoniske alger inne i fjorden?
- Hvordan påvirkes spredningen av alger i et fjordsystem ved en slik regulering?
- Påvirkes fødeinntaksraten hos pelagisk fisk av en ev. turbiditetsøkning?

5.3 Resultater

To delprosjekter er gjennomført for å svare på ovennevnte spørsmål, hhv. "Ferskvannsinnblanding i fjorder og algevekst" og "Effektregulering – turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø".

Resultatene av undersøkelsen "Ferskvannsinnblanding i fjorder og algevekst" er nokså entydige og indikerer at:

- En effektregulering av et kraftverk med utslipp til en fjord, slik den er definert i simuleringene, vil ikke ha stor innvirkning på den pelagiske algeproduksjonen dersom turbiditeten av ferskvannet som slippes ut i fjorden fra kraftverket ikke endrer seg som en følge av effektreguleringen.
- Dersom ferskvannet som slippes ut fra et effektregulert kraftverk har høyere turbiditet enn et ordinært kraftverk, vil dette påvirke lysgjennomtrengeligheten i fjordvannet og kunne gi

betydelige forskjeller i algeproduksjonen (i vekstperioden, typisk mellom februar/mars og september/oktober), både med hensyn til sammensetning av artene og total biomasse.

- Med en pulsering av ferskvannsavrenningen fra kraftverket, vil sirkulasjonen i brakkvannslaget i fjorden (< ca. 1 m dybde) bestå av en pulserende strøm utover i fjorden, noe som lokalt kan være av betydning særlig i fjordarmer og bukter som ellers er avskjermet (større spredning av vannet, redusert islegging mm.).

Det må presiseres at styrken på den pulserende strømmen som genereres i fjorden ved effektregulert ferskvannsavrenning vil være forholdsvis beskjedne (med verdier mindre enn 0,1 m/s i simuleringene) og i perioder kunne være vesentlig svakere enn den strømmen som genereres av lokal vind i fjorden. I de numeriske simuleringene er det ikke påvist vesentlige forskjeller mellom strømningsforholdene under brakkvannslaget (> ca. 1 m dybde) for konstant og effektregulert ferskvannsavrenning. Det er også viktig å presisere at den undersøkelsen som er gjort har en generell karakter og at resultatene ikke nødvendigvis gjelder for alle fjord- og kystområder. I større fjordområder nær kysten hvor vannmassene i stor grad er dominert av utveksling med havet utenfor, vil turbiditeten i ferskvannsavrenningen fra land spille en mindre rolle. For spesielt små fjorder med begrenset vannutveksling i munningsområdet, kan konsekvensene av effektregulering muligens være tydeligere enn vist i dette arbeidet. I spesielle tilfeller vil det sannsynligvis være behov for særskilte feltundersøkelser, spesielt med tanke på å estimere en eventuell turbiditetsøkning i utslippsvannet fra kraftverket.

I undersøkelsen er det gjort den avgrensningen at det bare er simulert en døgnvariasjon av avrenningen fra det effektregulerte kraftverket, og ferskvannet er sluppet ut i overflatelaget (som en elv). Det er mulig å tenke seg at konsekvensene av en mer uregelmessig variasjon av utslippet fra vannkraftverk kan være betydningsfulle både for fysikken og biologien i fjordområder. Dette bør vurderes i de konkrete tilfellene.

Simuleringene har vist at økt turbiditet har betydning for den kvalitative sammensetningen av algefloraen, først og fremst ved at diatomeer favoriseres framfor flagellater. Hvilke konsekvenser dette har for den videre produksjonen oppover i næringskjeden er vanskelig å forutsi, siden en helst bør kjenne spesifikt hvilke arter av algegruppene (dvs. innenfor gruppene diatomeer eller flagellater) som eventuelt favoriseres for å kunne vurdere dette. Eksempelvis finnes det gode for-organismer (dvs. mat for ledd høyere i næringskjeden) innenfor både flagellatgruppen og diatomegruppen, og det finnes også arter innenfor begge gruppene som er giftige, eller kan bli det under særskilte forhold. Å forutsi blomstring av alger på artsnivå er i dag meget usikkert og er et tema for framtidig algeforskning. Dette betyr at det på et generelt grunnlag ikke er mulig å estimere "positive" eller "negative" sider for fjordens økosystem ved periodevis utslipp av ferskvann med høy turbiditet til fjorden.

Resultatene av undersøkelsen "Effektregulering – turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø" har vist at innflytelse av turbid ferskvann generelt vil kunne ha en negativ effekt både på fiskens habitatkvantitet- og kvalitet i en fjord som følge av dårligere produksjonsvilkår for makroalgevegetasjonen. Forekomst og sammensetning av makroalgevegetasjonen vil være avhengig av algefloraen i den aktuelle fjorden før en eventuell effektkjøring igangsettes. Økt tilførsel av partikler kan i tillegg føre til strukturelle endringer i det pelagiske økosystemet, og generelt vil en forventet mer geleplankton og lavere fiskeproduksjon i mer turbide vannmasser. Det er likevel mulig at en svak økning i partikkelmengden vil føre til større overlevelse hos fiskelarver. Graden av ferskvannets påvirkning, og dermed de faktiske virkningene, avhenger av i hva slags utslipp det legges opp til og i hvilken grad effektkjøringen øker turbiditeten av utslippsvannet.

5.4 Konfliktreduserende tiltak

Dykket ferskvannsutslipp kan være et konfliktreduserende tiltak. Det arbeides for tiden med en større utredning om betydningen av et dykket ferskvannsutslipp for oppblanding av næringsrikt vann i fjorden og biologisk produksjon (forskningsprogrammet MARICULT for Norges forskningsråd). Det gjenstår mye forskning, men det er sannsynlig at en eventuell økning av overflatelagets turbiditet, som det i dette arbeidet er antatt kan være en konsekvens av effektregulering, kan reduseres ved å la avrenningen ha et dykket utslipp i fjorden. Løsmassene vil da bli mindre konsentrerte siden de vil fordeles over en betydelig større vannmasse.

Et dykket utslipp kan også være gunstig for å redusere ev. feilvandring av anadrom laksefisk. Det finnes eksempler på at utslipp fra kraftverk nær overflaten i sjøen kan tiltrekke seg anadrom laksefisk. Særlig rømt oppdrettslaks tiltrekkes av slike utslipp.

6. Vurdering av innsjøers egnethet/sårbarhet for effektregulering

6.1 Faktorer av betydning ved vurdering av miljøvirkninger i magasin

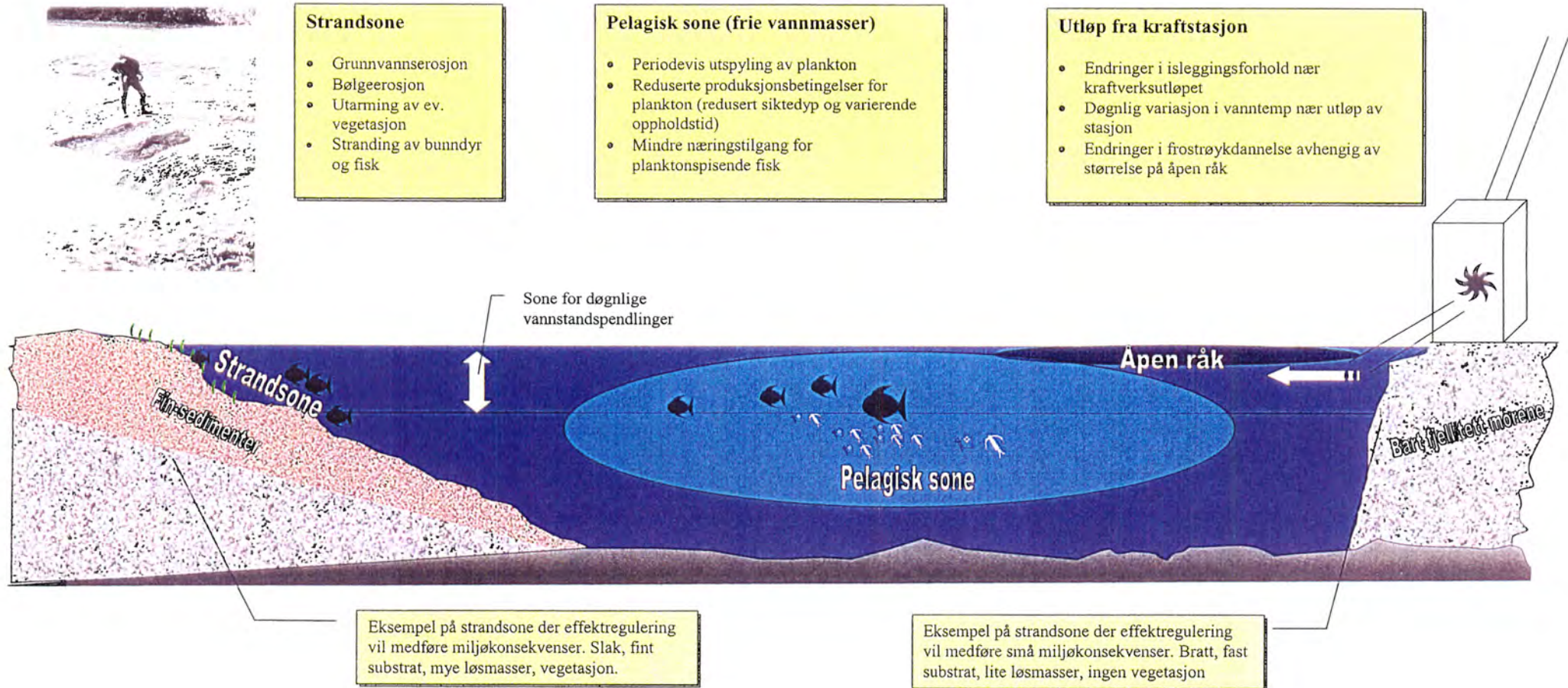
Prosjektet har vist at endringer i kjørestrategi for vannkraftverk fra sesongregulering til døgnregulering kan gi endrede virkninger på fysiske og biologiske forhold i berørte magasin. Disse virkningene kan igjen gi endrede forhold for brukerinteresser i og inntil magasinet. De virkninger som er registrert gjennom forsøk og undersøkelser vil også være aktuelle i vann som tas i bruk som effektreguleringsmagasin uten å ha vært regulert tidligere. Aktuelle virkninger knyttet til de ulike sonene i magasinet er vist i Figur 11.

Omfang og type virkninger som vil oppstå er avhengig av:

- Egenskaper knyttet til topografi, geologi, hydrologi og andre fysiske forhold i og omkring det berørte magasinet.
- Manøvreringsstrategien, hvordan effektreguleringen vil foregå.

En oversikt over viktige egenskaper ved miljøet og tiltaket som har eller kan ha betydning for miljøvirkninger av effektregulering av vannkraftmagasin, er gitt i Tabell 2. Tabellen viser også hvordan endringer i fysiske forhold påvirker biologiske forhold og brukerinteresser.

Miljøvirkninger som kan oppstå ved effektregulering



Figur 11 Aktuelle virkninger knyttet til de ulike soner i magasinet

Tabell 2 Viktige faktorer som påvirker omfang av virkninger av en effektregulering i magasin. (Tabellen fortsetter på neste side).

Faktorer\ egenskaper	Påvirkningsmekanismer	Andre virkningstema enn de som omtales som påvirkes direkte/indirekte
Egenskaper ved miljøet		
A. Topografi - Magasinvolum, areal - Dybdeforhold, bunntopografi	Store magasin/stort areal gir små variasjoner i vannstand ved effektregulering – alle fysiske endringer som følge av effektregulering blir små Dype vann/magasin med bratte strender gir små eksponerte strandareal – normalt små virkninger	Alle virkningstema Alle virkningstema
B. Hydrologi - Vanngjennomstrømming - Vannføring i tilløpselver - Tidligere regulering	Økt vanngjennomstrømming i perioder, redusert/økt oppholdstid i perioder påvirker planktonsamfunnene Vannføring og vanntemperatur i store tilløpselver vil påvirke vanntemperaturvariasjoner i magasinet over året Tidligere regulering, reguleringshøyde, og bruk av reg. høyde er avgjørende for forekomst av løsmasser og vegetasjon i reguleringssonen	Vanntemperatur, ferskvannsekologi Vanntemperatur Erosjon, ferskvannsekologi, landskap, friluftsliv
C. Klima - Lufttemperatur, vinter - Magasinets vindeksponering	Lufttemperaturen er avgjørende for hvor vidt problemstillinger knyttet til islegging og frostrøykdannelse er relevante. Ingen kjøring om natten gir mest is. Liten driftsvannføring om natten og mye om dagen gir størst råk. Mer frostrøyk ved større råk (< -10°C) Magasinets vindeksponering vil virke inn på bølgerosjon	Ferdsl, lokalmiljø Ferskvannsekologi
D. Sedimenter/erosjon - Sedimenter rundt /inntil magasinet - Sedimenttilførsel fra nedbørfeltet - Suspensjonsmaterialets egenskaper	Mye, fine sedimenter i strandsonen aktualiserer problemstillinger knyttet til erosjon og sedimentasjonsprosesser Stadig tilførsel av sedimenter fra nedbørfeltet vil opprettholde erosjon og sedimentasjonsprosesser i magasinet over tid Løsmassenes kornfordeling har betydning for omfang av bølgerosjon	Ferskvannsekologi Ferskvannsekologi Ferskvannsekologi

Tabell 2 forts.

Faktorer\ egenskaper	Påvirkningsmekanismer	Andre virkningstema enn de som omtales som påvirkes direkte/indirekte
E. Ferskvannsökologiske forhold - Vannvegetasjon - Bunndyrsamfunn - Fiskesamfunn	Forekomst og artssammensetning av bunnvegetasjon i strandsonen er avgjørende for omfang av virkninger. Vegetasjonen stabiliserer også løsmassene Forekomst og sammensetning av bunndyrfaunaen i akt. reg. sone er avgjørende for omfang av virkninger Artssammensetning er viktig for omfang av virkninger,	Erosjon Fisk, friluftsliv Friluftsliv
Egenskaper ved tiltaket Reguleringshøyde/ døgnlige vannstandsvariasjon Kraftverkets slukeevne Inntaksdyp Utslippsdyp	Store reg. høyde og store døgnlige vannstandspendlinger øker potensialet for fysiske og biologiske virkninger i strandsonen Stor slukeevne i forhold til magasinvolumet gir potensial for større fysiske endringer i magasinet Kraftverkets inntaksdyp vil påvirke vanntemperaturen i avløpsvannet Utslippsdypet vil påvirke blanding av kraftverksvannet og dermed vanntemperaturen i utløpsmagasinet	Alle virkningstema Alle virkningstema Isforhold, frostrøyk, ferskvannsökologi Isforhold, frostrøyk, ferskvannsökologi

6.2 Klassifisering av magasin

Som Tabell 2 viste vil det være naturlig å ta utgangspunkt i topografiske, hydrologiske og geologiske forhold når en skal vurdere mulig konfliktpotensial ved effektregulering av ulike magasintyper. Prosjektet har vist at forhold knyttet til forekomst og type av løsmasser er vesentlig for virkningene ved effektregulering, også for biologiske forhold og brukerinteresser. I tabell 3 er det satt opp en forenklet klassifisering av magasin i to hovedgrupper:

- 1) Typiske egenskaper ved magasin som har lavt potensial for negative miljøvirkninger ved overgang fra sesongregulering til døgnregulering.
- 2) Typiske egenskaper ved magasin der det potensielt kan bli negative virkninger.

I tillegg til egenskapene ved det berørte magasinet med omgivelser, vil selvsagt karakteristika ved reguleringsregimet være viktig for vurdering av konfliktpotensialet.

Tabell 3 *Magasinklassifisering – Magasin der en overgang fra sesongregulering til effektregulering potensielt vil gi 1) lite/ingen eller 2) større miljøvirkninger.*

Faktorer Grad av virkninger	Tidligere benyttet regulerings-høyde	Magasin-volum og areal	Basseng-form	Bunn-topografi	Løs-masser	Sediment-tilførsel fra nedbørsfelt
1) Potensielt små miljø-virkninger	Stor > 10 m	Stort > 100 mill. m ³	Dypt >10m Bratte strender	Jevnt dypt	Ingen	Liten
2) Potensielt større miljø-virkninger	Liten < 2 m	Lite < 20 mill. m ³	Grunnt <10m Slake strender	Grunne terskler	Mye, finere masser	Stor

Magasinene kan vurderes og klassifiseres basert på disse faktorene.

Tidligere benyttet reguleringshøyde

Dersom tidligere benyttet reguleringshøyde dekker hele den produktive sonen slik at denne er utvasket for løsmasser og ikke eller i liten grad gir grunnlag for plantevekst og bunndyr, vil negative tilleggsvirkninger ved en overgang til effektregulering være små.

Magasin-volum

I store magasiner (> 100 mill m³) med stort areal vil vannvolumene som går gjennom kraftstasjonen være små i forhold til det totale magasin-volum og vannstandspendlingene vil bli små. Dette vil sikre mot de fleste negative miljøvirkninger i magasinet.

Magasinform

Dype magasin med bratte sider vil påvirkes lite ved vannstandspendlinger, både på grunn av at strandarealer som tørlegges vil være små og bunnen vil påvirkes lite av vannstandspendlinger (jf. bølgeerosjon).

Bunntopografi

Jevnt dype magasin dekkes av beskrivelsen over. Dersom det finnes grunne terskler i magasinet vil dette gi økt stømningshastighet over terskelen og mer usikker is om vinteren. Slake strandsoner vil øke faren for stranding av fisk og bunndyr.

Løsmasser inntil magasinet

Magasiner som er omgitt av bart fjell eller løsmasser med høy pakningsgrad og med liten evne til å lede vann (for eksempel bunnmorene) vil være lite utsatt for grunnvannserosjon. Dette vil igjen medføre lite fare for økt turbiditet og redusert biologisk produksjon.

Sedimenttilførsel fra nedbørfeltet

Dersom tilførselen av finere sedimenter fra nedbørfeltet er liten/minimal vil eventuelle erosjonsprosesser i magasinet avta over tid og etter hvert opphøre.

En klassifisering basert på magasinvolym/areal og på omkringliggende løsmasser og omfanget av vedvarende tilførsel fra nedbørfeltet, kan være et godt utgangspunkt for en videre evaluering av de øvrige faktorenes betydning i det aktuelle magasinet. For eksempel vil effektregulering i et brevassdrag med stor sedimenttilførsel få andre konsekvenser enn en regulering i et høyfjellsvassdrag uten breer og begrenset tilførsel av sedimenter (Tabell 4).

Tabell 4 Eksempel på klassifisering av magasiner i forhold til sedimenttilførsel fra nedbørfelt og fra løsmasser rundt magasinet som eroderes under reguleringen (fra Bogen & Bønsnes 2001).

		Vedvarende sedimenttilførsel / dominerende kilde i nedbørfelt				
		Lav			Høy	
Sedimenttilførsel fra løsmasser rundt magasinet	Lav		Lavlandsvassdrag med skog	Høyfjell uten breer	Brevassdrag	Vassdrag i marin leire
	Berggrunn			Blåsjo	Storglomvatn Styggevatn Rembesdalsvatn	
	Morene/ glasifluvialt		Vinjevatn	Store Målvatn Devdisjavrre	Ustevatn	Tyrifjorden
	Resente fluviale avsetninger og delta		Øyeren Randsfjorden Funnebofjorden	Store Målvatn Devdisjavrre Aursunden	Storglomvatn Tusbergdalsvatn	Øyeren
	Høy	Leire/ silt	Vansjo			

6.3 Konfliktreduserende tiltak

Dersom en ønsker å gjennomføre effektregulering i magasin der det ut fra en grov vurdering av påvirkningsfaktorer kan oppstå betydelige miljøvirkninger, bør konfliktreduserende tiltak vurderes. En rekke ulike konfliktreduserende tiltak er tidligere omtalt under de enkelte fagtema i kapittel 4 og 5. I det følgende oppsummeres de antatt viktigste:

- Velge en manøvreringsstrategi som tar hensyn til miljøet.
- Minimalisere endringen i vannstand (ved kraftstasjoner i serie i et vassdrag).
- Langsom senking av vannstanden.
- Pendling i vannstand bør skje innenfor den reguleringshøyden som normalt brukes.
- Erosjonssikring av utsatte områder.
- Dykket utslipp.
- Full stans av kraftverket om natten dersom frostrøyk og stor råk er et problem nær kraftverksutløpet.
- Unngå raske vannstandsvariasjoner i perioder hvor økosystemene er mest sårbare (høst og vår).

7. Behov for videre forskning og utredning

7.1 Miljøklassifisering av norske vannkraftmagasin

Dette prosjektet har gitt økte kunnskaper om hvilke faktorer som vil være avgjørende for om korttidsregulering av et magasin vil øke miljøvirkningene i magasinet sammenlignet med sesongregulering av magasinet. Med utgangspunkt i denne kunnskapen vil det være mulig innenfor en relativt begrenset ressursramme, å gjennomføre en klassifisering av de norske vannkraftmagasinene med hensyn på "miljømessig egnethet" for korttidsregulering. Dette vil være et nyttig hjelpemiddel både for kraftverkseiere som vurderer effektregulering/effektutvidelser i sine anlegg og for myndighetene som skal godkjenne slike driftsendringer og utvidelser.

7.2 Is og vanntemperatur

Under arbeidet med virkningene på isforhold var det et stort savn at de teoretiske betraktningene ikke kunne bekreftes med målinger p.g.a. milde vintre. Et videre arbeid kunne omfatte målinger av isforhold i magasin hvor det effektreguleres jevnlig og kraftverket slås helt av om natten slik at en kan få isdannelse. Dette vil gi sikrere kunnskap om virkninger av effektregulering på islegging og på frostrøykdannelse.

7.3 Erosjon og sedimentasjon

For å kunne utarbeide konsekvensanalyser med henblikk på erosjon og sedimentasjon av effektregulering i norske vassdrag er det nødvendig å kunne identifisere karaktertrekk ved de aktuelle lokalitetene. Dette innebærer å vurdere mulige virkninger på bakgrunn av eksisterende kunnskap fra liknende magasiner eller elvestrekninger. Et viktig mål for videre undersøkelser er derfor å sørge for at det foreligger nok kunnskap til å kunne evaluere forholdene i de forskjellige sedimentasjonsmiljøene som er aktuelle i norske vassdrag.

Erosjon i vannkraftmagasiner og langs regulerte vassdrag

For magasinene betyr dette særlig at det er viktig å få bedre og mer systematisk kunnskap om grunnvannserosjon i forskjellige typer løsmasser. Denne erosjonsprosessen forekommer sjelden under naturforhold, men kan utvikle seg raskt hvis forholdene ligger til rette for det.

Klassifisering av elveløp

Det bør utarbeides et klassifikasjonsskjema for elveløp som en basis for utarbeidelse av generelle kriterier som kan benyttes til konsekvensvurderinger av effektkjøring i forskjellige norske vassdrag. Elveløpene kan grovt sett deles i tre: de alluviale løp (dvs elveløp som er dannet under de nåværende hydrologiske forhold), løp i immobilt materiale, og elvestrekninger i fast fjell. Erosjonsskader som følge av effektregulering vil antagelig være mest utpreget i den første gruppen. Forholdene i elveløp med immobilt materiale ligner forhold som vi finner i innsjøer og reguleringsmagasin ved at det kan være mange forskjellige typer løsmasser representert. Langs de alluviale løpene er forholdene mer homogene selv om det kan være store forskjeller mellom

forskjellige løpstyper. Smale og dype løp med høye bredder bygd opp av resente flomsedimenter er antagelig mest utsatt for erosjon.

Metodikk for grunnundersøkelser

Georadar kan være en aktuell metode for å undersøke løsmasser av den typen som er utsatt for grunnvannserosjon. Måleutstyret må da tilpasses for denne spesielle anvendelsen.

7.4 Erosjonssikring

Det foreligger mye materiale som beskriver ulike typer erosjonssikringsmetoder.

Vegetasjon som sikringsmetode er imidlertid lite brukt i Norge og følgelig er det gjort lite for å kvantifisere vegetasjonens betydning som stabiliserende element i vassdragsnære områder.

Vegetasjonens bidrag til motstandsdyktighet mot erosjonskrefter forventes å bli påvirket av flere faktorer. Derfor bør det gjøres videre forsøk i Norge for å kvantifisere og beskrive nærmere følgende forhold:

- Kvantifisere styrken på det armeringsnettet som ulike vegetasjonskombinasjoner gir.
- Kvantifisere og beskrive hvordan armeringsnettet av vegetasjon utvikler seg over tid, med og uten skjøtsel.
- Kvantifisere og beskrive hvordan styrken endres gjennom året og innover/nedover i elvekanten/strandsona.
- Beskrive/finne grenseverdier for bruk av vegetasjon som sikringsmetode i ulike klimasoner og vassdrag (eutrofe/oligotrofe).
- Beskrive/finne grenseverdier for hvor store vannstandsendringer ulike typer vegetasjon tåler, m.t.p. tørke og neddykking.
- Skjøtselsbehov for ulike vegetasjonstyper.

7.5 Biologi

De biologiske virkningene av effektregulering i et magasin er i stor grad avhengig av endringene i de fysiske forholdene. Det vil derfor være vesentlig å øke erfaringsgrunnlaget når det gjelder de faktiske virkningene av effektregulering på fysiske forhold.

For å få verifisert de antatte biologiske langtidsvirkningene av en effektregulering, som for en stor del er basert på teoretiske betraktninger, vil det være behov for biologiske *in situ* undersøkelser i magasiner før og etter overgang til en permanent effektregulering.

Det vil være behov for å videreutvikle praktisk, anvendelig metodikk for å få kvantifisert virkningene av effektregulering ytterligere. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med biologiske undersøkelser vinterstid eks. kartlegging/kvantifisering av stranding.

8. Bakgrunnsrapporter utarbeidet i prosjektet

1. Analyse av frostrøykobservasjoner vinteren 1996/1997 over Bandak og Våmarvatnet i Tokkevassdraget.
2. Forsøkskjøring i Vinjevatn september 1997 - virkninger på fysiske og biologiske forhold - foreløpige resultater.
3. Innsamling og systematisering av erfaringsdata.
4. Effektregulering - turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø.
5. Effektregulering - virkninger på laksefisk og bunndyr i elv, og bruk av vassdragssimulators habitatmodell.
6. Effektkjøring og elveerosjon - analyser og tiltak.
7. Prøvekjøring i Vinjevatn august/september 1998. Virkninger på fysiske og biologiske forhold - foreløpige resultater.
8. Effektregulering - virkninger på bunndyr og plankton i Vinjevatn.
9. Effektregulering - ferskvannsinnblanding i fjorder og algevekst.
10. Frostrøyk ved Våmarvatnet i Tokkevassdraget vintrane 1996/97-1998/99.
11. Effekter på vannvegetasjon i forbindelse med prøvekjøringene i Vinjevatn i 1997 og 1998.
12. Effektkjøring og grunnvannserosjon – analyser og tiltak.
13. Miljøkonsekvenser og metoder for verdsetting.
14. Verknader av ope vatn på lufttemperaturen rundt råker i is.
15. Virkninger av effektregulering på vanntemperatur og is i vannkraftmagasiner og innsjøer.
16. Virkninger av effektregulering på erosjon og sedimentasjon i vannkraftmagasiner.
17. Effektregulering, erosjonsprosesser og sikringsmetoder.
18. Virkninger av effektregulering på biologiske forhold vannkraftmagasin, og avbøtende tiltak.
19. Frostrøyk nær opne råker i vassdrag med effektregulering.

Denne rapporten og sammendrag av de ovennevnte bakgrunnsrapportene finnes på prosjektets hjemmeside: <http://www.statkraftgroner.no/project/effekt/>

9. Referanser

- Asplin, L. & Larsen, A. 1999. Effektregulering – ferskvannsinnblanding i fjorder og algevekst. Effektregulering- Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak. Rapp. nr.9. 45 s.
- Benestad, R. 2000: Future Climate Scenarios for Norway based on linear, empirical downscaling and inferred directly from AOGCM results. DNMI-report No. 23/00 Klima.
- Bogen, J. & Bønsnes, T. 2001. Virkninger av effektregulering på erosjon og sedimentasjon i vannkraftmagasiner. Effektregulering- Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak. Rapp nr. 16. 65 s.
- Brodtkorb, E. 2001. Virkninger av effektregulering på biologiske forhold i reguleringsmagasin og avbøtende tiltak. Effektregulering-Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak. Rapp nr. 18. 49 s.
- Duthie, H. C. 1979. Limnology of subarctic canadian lakes and some effects of impoundment. Arctic and Alpine Research 11, 145-158.
- Duthie, H. C. og Ostrofsky, M. L. 1975. Environmental impact of the Churchill Falls hydroelectric power project: a preliminary assessment. J. Fish. Res. Board Can. 32, 117-125.
- Gjessing, Y og Nordli, P.Ø. 1991: Lustrafjorden - klimaskjønn - del I. Klimaendringer ved regulering av Fortun/Grandfaste og Leirdøla. DNMI - klima, rapport nr. 45/91.
- Hammer, T.M. 1986: Klima og frostskaadegransking i Luster. Istilhøva i Lustrafjorden og verknaden av isen på det lokale vinterklimaet. Meteorological Report Series, Universitetet i Bergen, nr. 2, 102 s.
- Hynes, H. B. N. & Yaday, U. R. 1985. Three decades of post-impoundment data on the littoral fauna of Llyn Tegid, North Wales. Arch. Hydrobiol 104, 39-48.
- Johansen, S.W. & B. Rørslett. 1999. Effektregulering-virkninger på vannvegetasjon av prøvekjøringene i Vinjevatn 1997 og 1998. Effektregulering-Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak. Rapp. nr. 11. 44 s.
- Larsen, A. & Fiksen, Ø., 1998. Effektregulering - turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø. Effektregulering- Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak. Rapp. nr.4. 29 s.
- Magnell, J-P. og Johansen, L. 2001: Simuleringer av effektutvidelse og effektkjøring i Vinje og Tokke kraftverker. Statkraft Grøner rapport nr. N6055G R01-2001.
- Nordli, P.Ø. 1981. Klimaverknad på grunn av is i indre Nordfjord og Lovatnet. DNMI, Klima, nov. 1981, nr. 4, 3-16.
- Nordli, P.Ø. 1988: Frostrøyk og dalstratus i Gudbrandsdalen. Analyse av observasjonar ved osen av Vågåvatnet. DNMI -klima, rapport nr. 7/88.

-
- Nordli, P.Ø. 2001. Frostrøyk nær opne råker i vassdrag med effektregulering. Effektregulering- Miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak. Rapp nr. 19. 32 s.
- Nordli, P.Ø. 2001. Verknader av ope vatn på lufttemperaturen rundt råker i is. Effektregulering- Miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak. Rapp nr. 14. 31s.
- Paterson, C. G & Fernando, C. H. 1969. Macroinvertebrate colonization of the marginal zone of a small impoundment in eastern Canada. Can J. Zool. 47(5):1229-1238.
- Pedersen, T. B. & Sollibråten, T. 2001. Effektregulering, erosjonsprosesser og sikringsmetoder. Effektregulering- Miljøvirkninger og konfliktreducerende tiltak. Rapp nr. 17. 49 s.
- Straskraba, M. & Javornicky, P. 1973. Limnology of two re -regulation reservoirs in Czechoslovakia. I: Hydrobiol. Studies 2. Hrabeck, J. Og Straskraba, M (red). s 244-316. Czech.Acad. Sci.
- Uhlmann, D. 1968. Der Einfluss der Verweilzeit des Wasserauf die Massenentwicklung von Planktonalgen. Fortschr. Wasserchem. 8:32-47.

Rapporter utgitt i serien Rapport fra Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak:

1. Analyse av frostrøykobservasjonar vinteren 1996/97 over Bandak og Våmarvatnet i Tokkevassdraget.
2. Forsøkskjøring i Vinjevatn september 1997 – virkninger på fysiske og biologiske forhold – foreløpige resultater.
3. Innsamling og systematisering av erfaringsdata.
4. Effektregulering – turbiditetsøkning og biologiske virkninger i sjø.
5. Effektregulering – virkninger på laksefisk og bunndyr i elv, og bruk av vassdragssimulatorens habitatmodell.
6. Effektkjøring og elveerosjon - analyser og tiltak.
7. Prøvekjøring i Vinjevatn august/september 1998
Virkninger på fysisk og biologiske forhold – foreløpige resultater.
8. Effektregulering – virkninger på bunndyr og plankton i Vinjevatn.
9. Effektregulering – ferskvannsinnblanding i fjorder og algevekst.
10. Frostrøyk ved Våmarvatnet i Tokkevassdraget vintrane 1996/97 – 1998/99.
11. Effektregulering- virkninger på vannvegetasjon av prøvekjøringene i Vinjevatn 1997 og 1998.
12. Effektkjøring og grunnvannserosjon – analyser og tiltak.
13. Miljøkonsekvenser og metoder for verdsetting.
14. Verknader av ope vatn på lufttemperaturen rundt råker i is.
15. Virkninger av effektregulering på vanntemperatur og is i vannkraftmagasiner og innsjøer.
16. Virkninger av effektregulering på erosjon og sedimentasjon i vannkraftmagasiner.
17. Effektregulering, erosjonsprosesser og sikringsmetoder.
18. Virkninger av effektregulering på biologiske forhold i vannkraftmagasin og avbøtende tiltak.
19. Frostrøyk nær opne råker i vassdrag med effektregulering.
20. Sluttrapport for FoU – prosjektet. "Effektregulering – Miljøvirkninger og konfliktreduserende tiltak", 1996 – 2000.



Statkraft



Felland vedlegg 2

Vetli Felland <vetli.felland@advokatfelland.no>

Vs: Varmekart Havrevatn

1 e-post

Tom Kristian Hagen <tomkhagen@hotmail.com>
Til: Vetli Felland <vetli.felland@advokatfelland.no>

19. november 2024 kl. 07:35

Fra: Gaute Langaas <gaute@spordata.no>
Sendt: mandag 18. november 2024 20:15
Til: Tom Kristian Hagen <tomkhagen@hotmail.com>
Emne: Re: Varmekart

Hei,

Se vedlegg..

Dataene er fra følgende uker..

2024-06-02-Capture1
2024-06-09-Capture2
2024-06-16-Capture3
2024-06-23-Capture4
2024-06-30-Capture5
2024-07-07-Capture6
2024-07-14-Capture7
2024-07-21-Capture8
2024-07-28-Capture9
2024-08-04-Capture10
2024-08-11-Capture11
2024-08-18-Capture12
2024-08-25-Capture13

On 11/18/2024 1:56 PM, Tom Kristian Hagen wrote:

Hei,

Ref til tlf samtalen ang og få et varmekart som viser sauene på havrevatn i sommer 2024, skal brukes til dokumentasjon mot Hydro/lyse.

Mvh

Tom Kristian Hagen

Tlf. 40631456

--



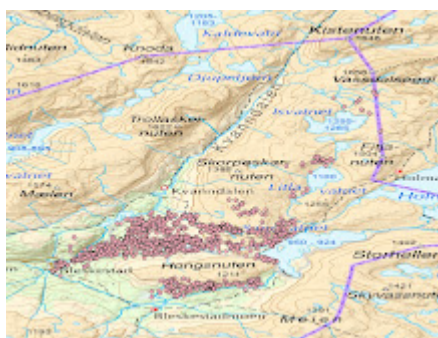
Gjetargut.no

:

Du må gjerne også ringe oss på: 610 20 030

Vår adresse er: Spordata AS, Villaveien 1, 1385 Asker

13 vedlegg



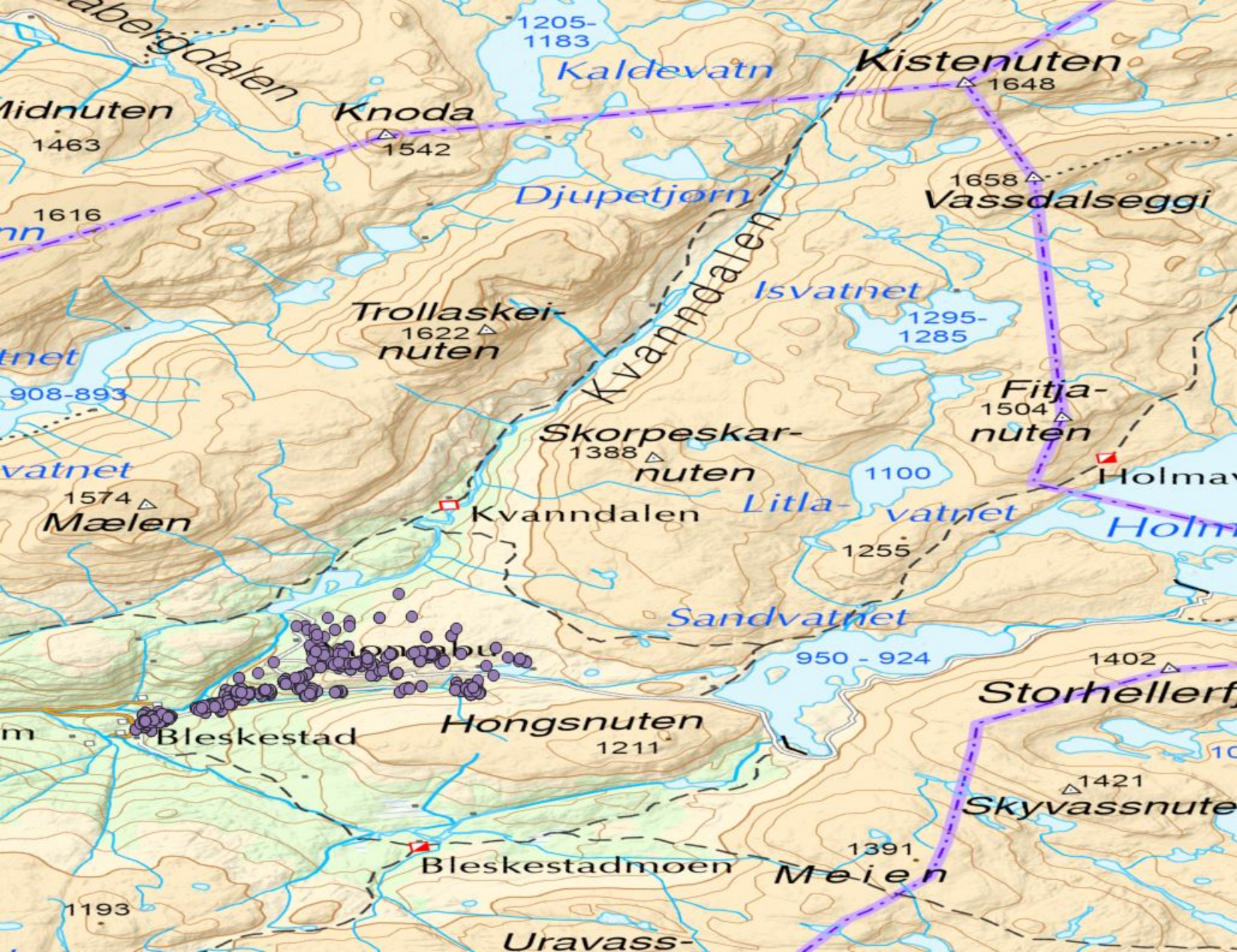
Capture13.JPG
246K



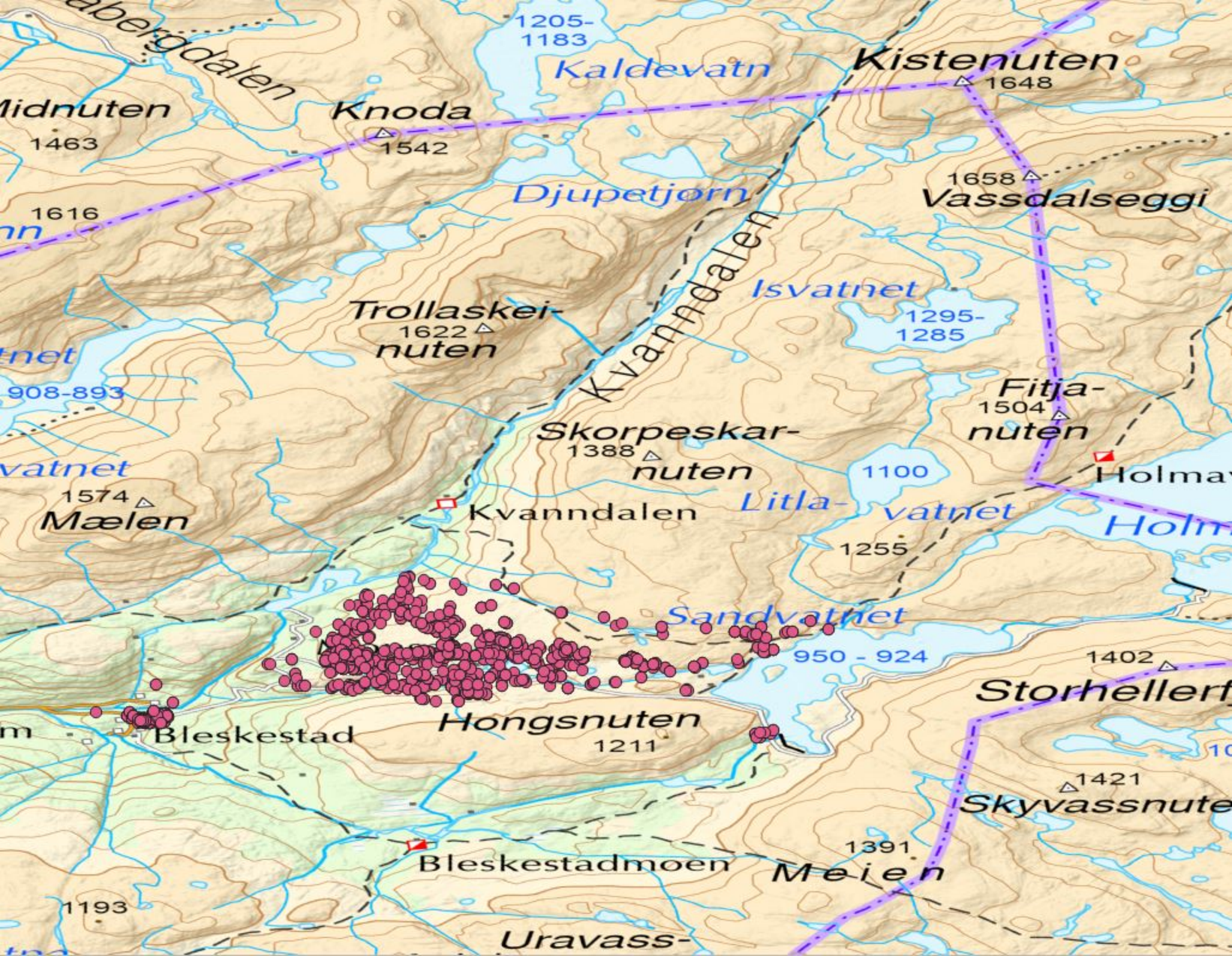
Capture12.JPG
247K

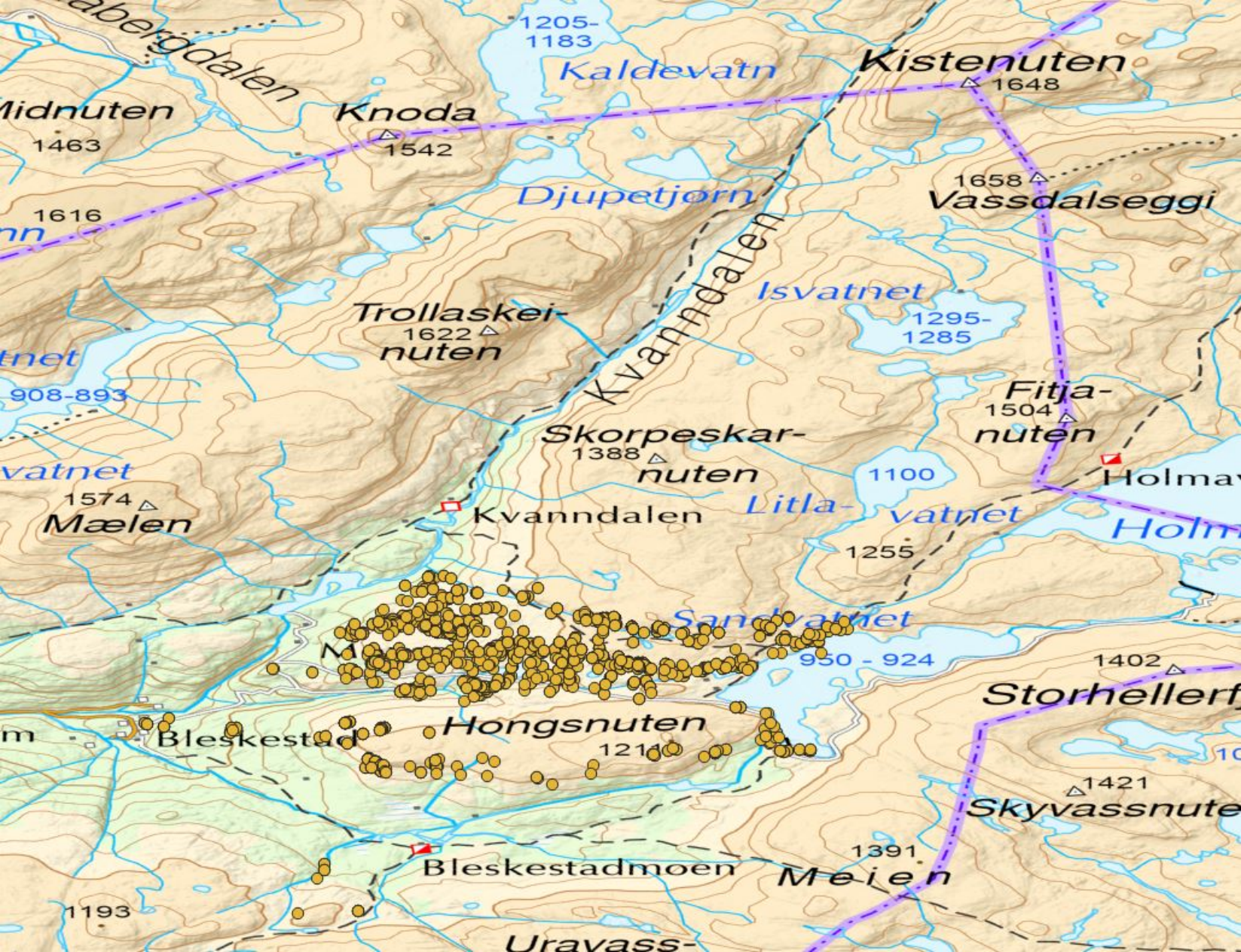


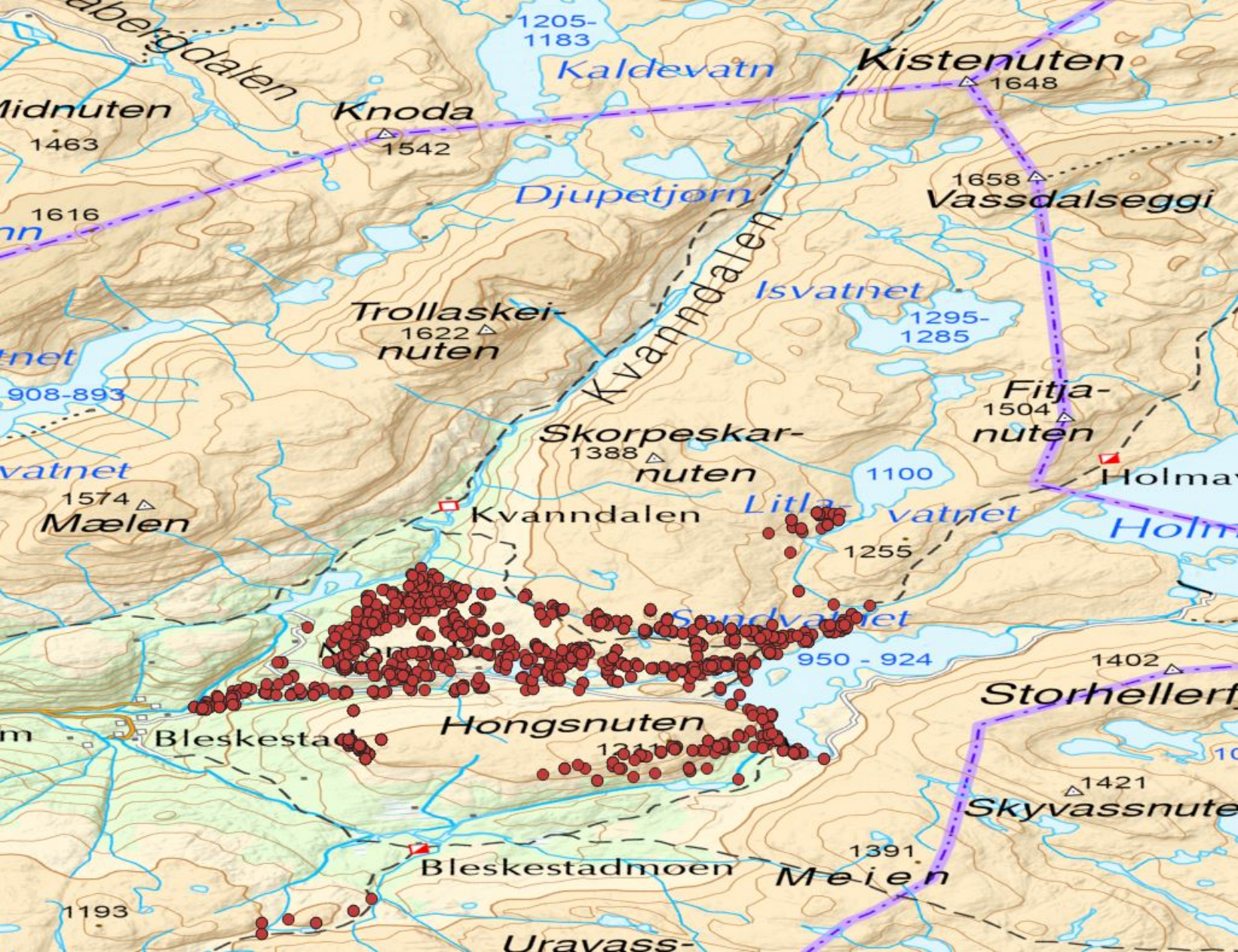
Capture11.JPG
247K

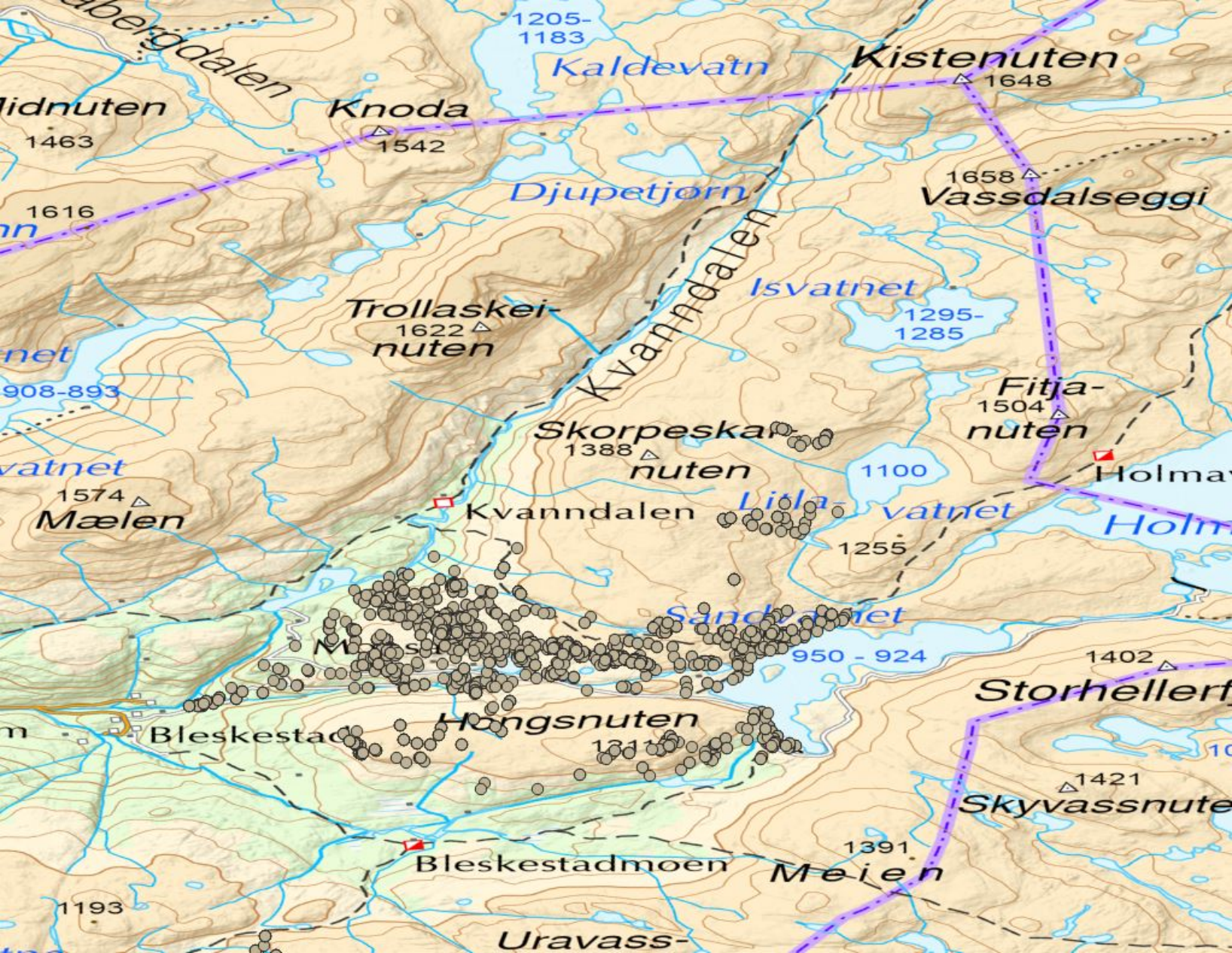


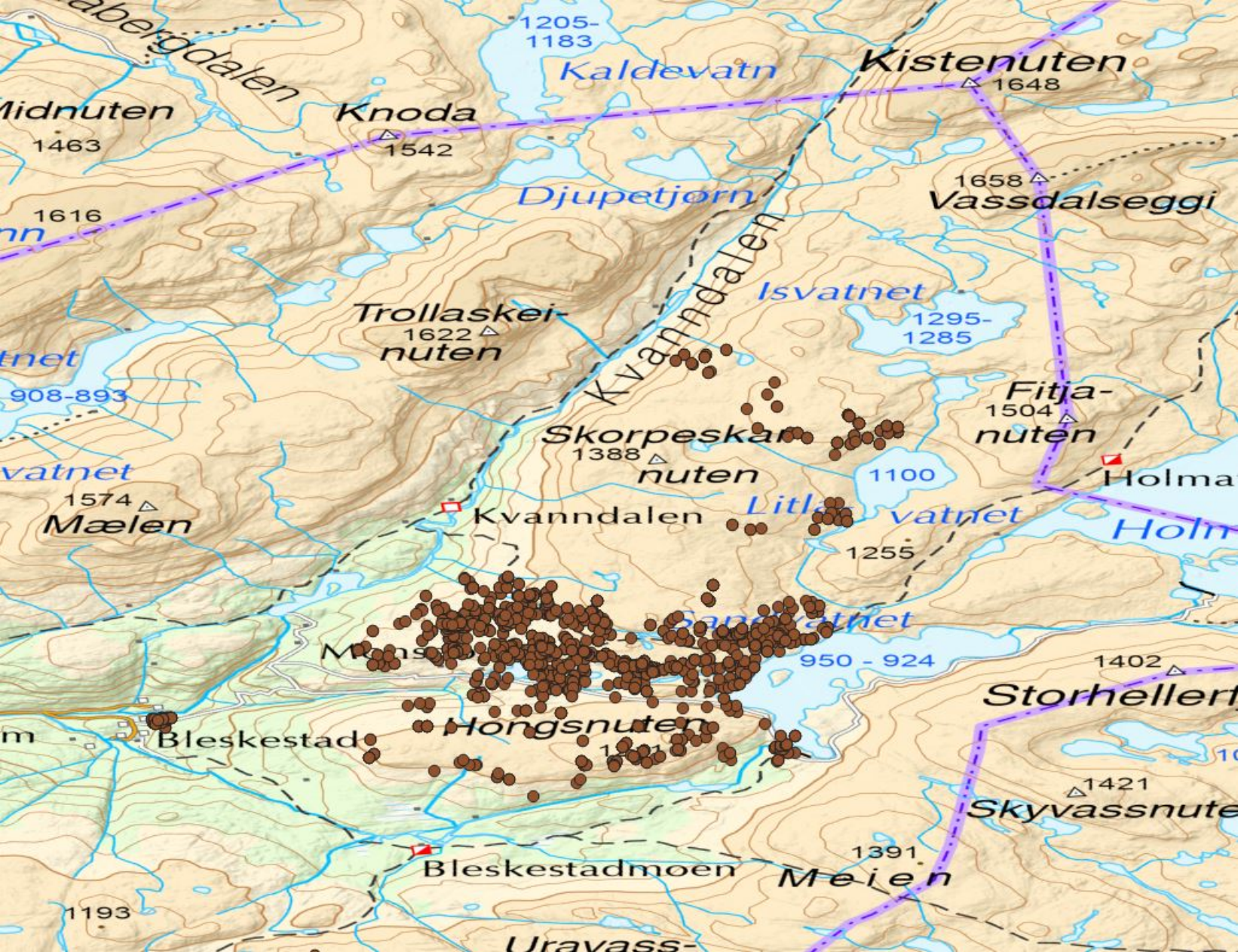


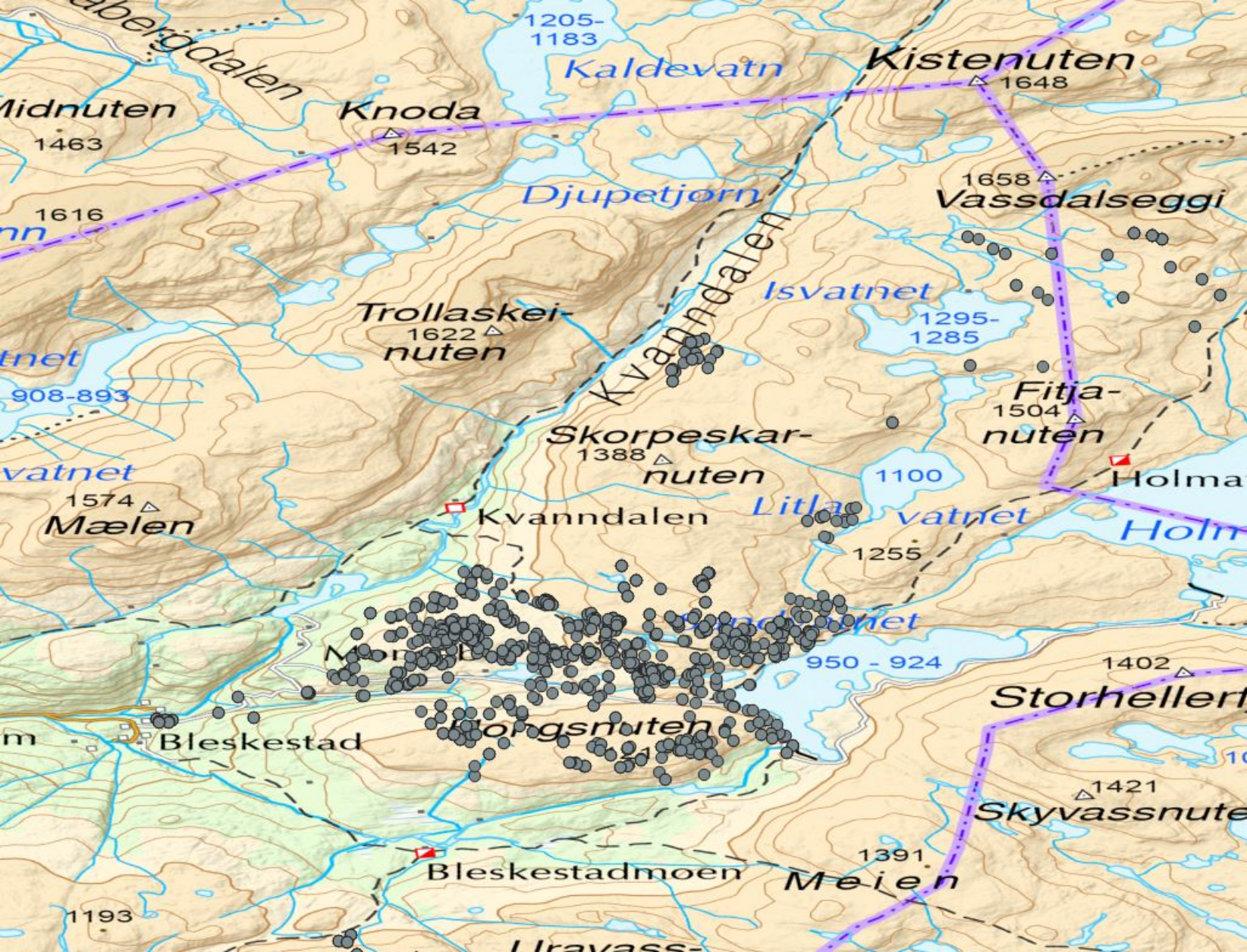


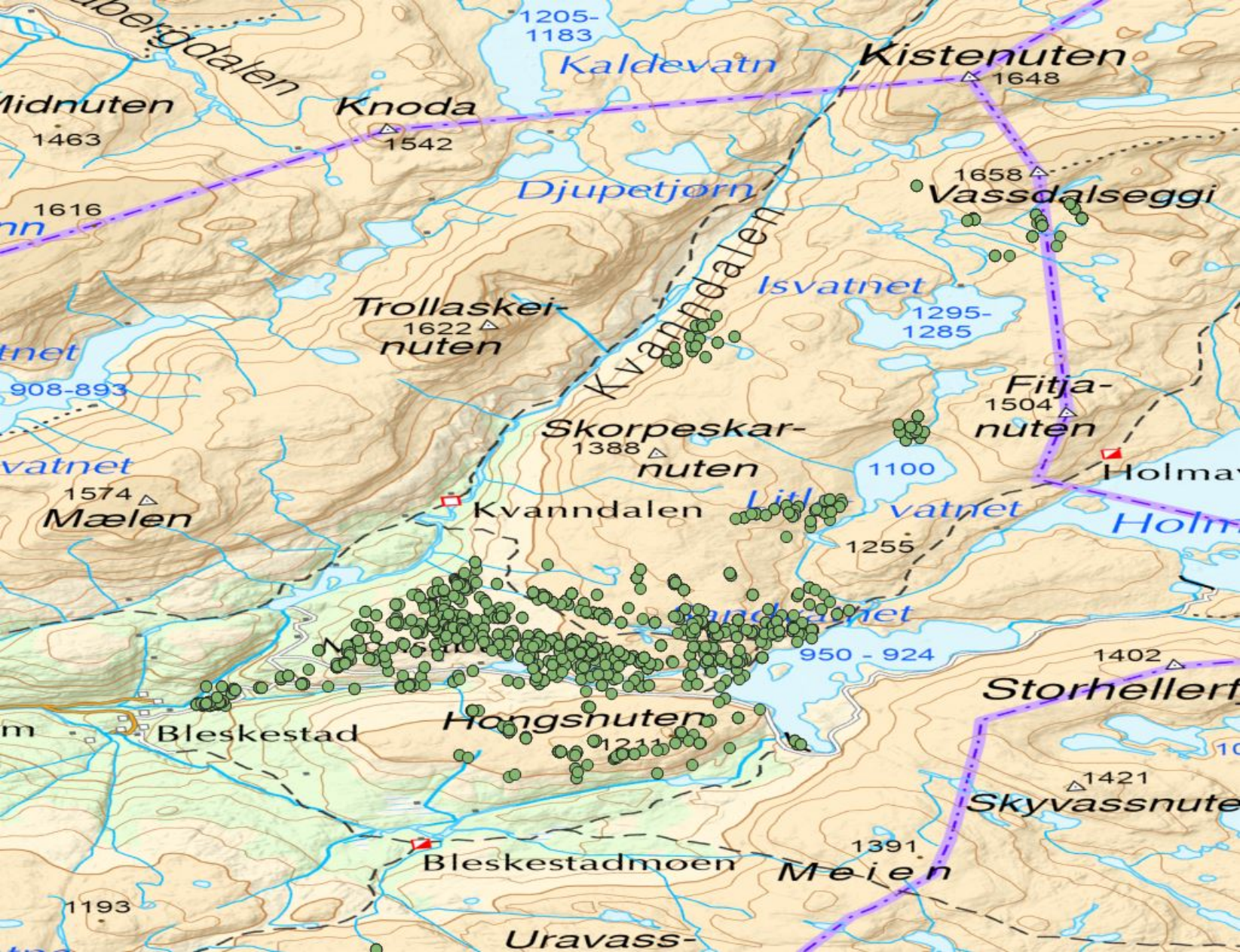


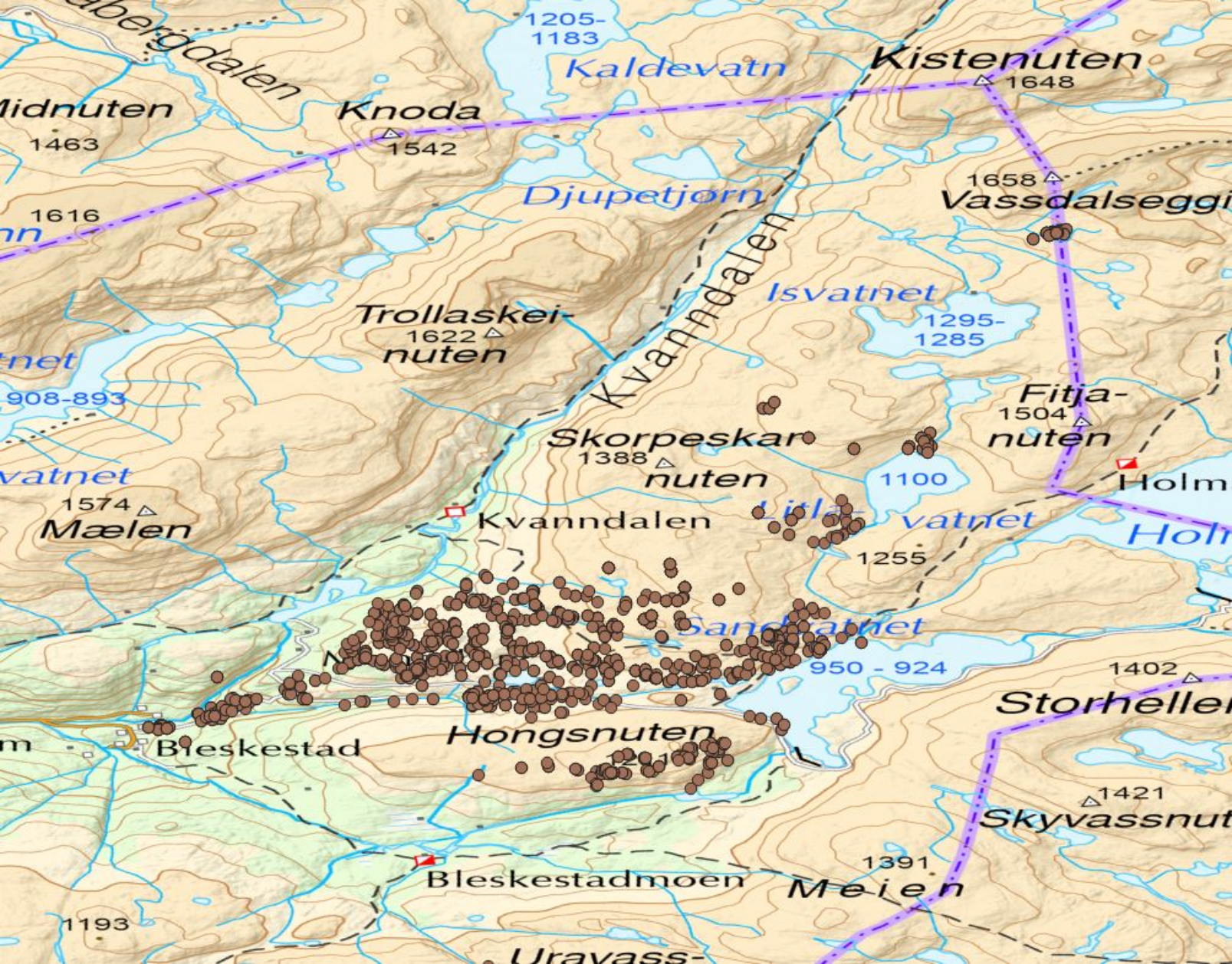


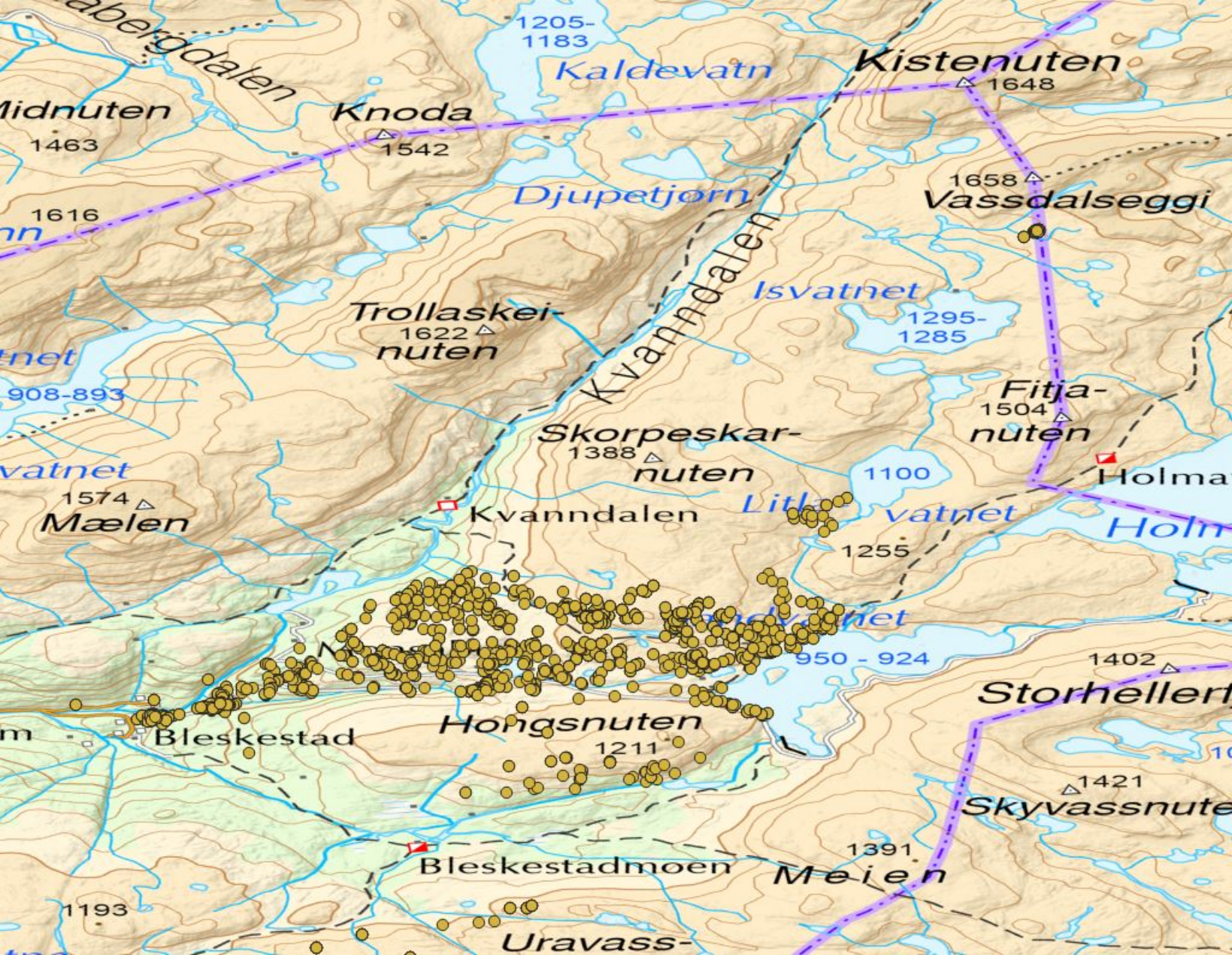


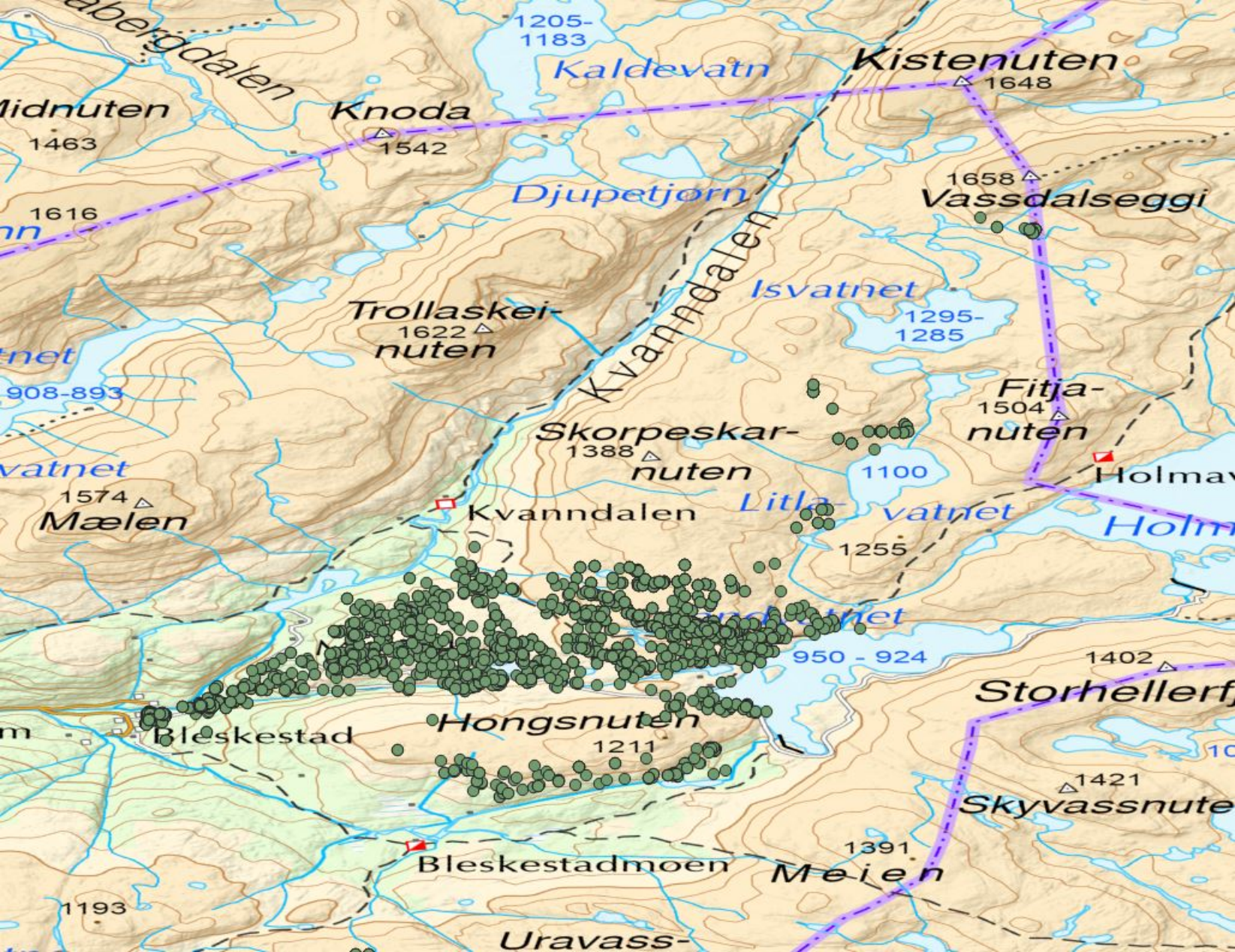


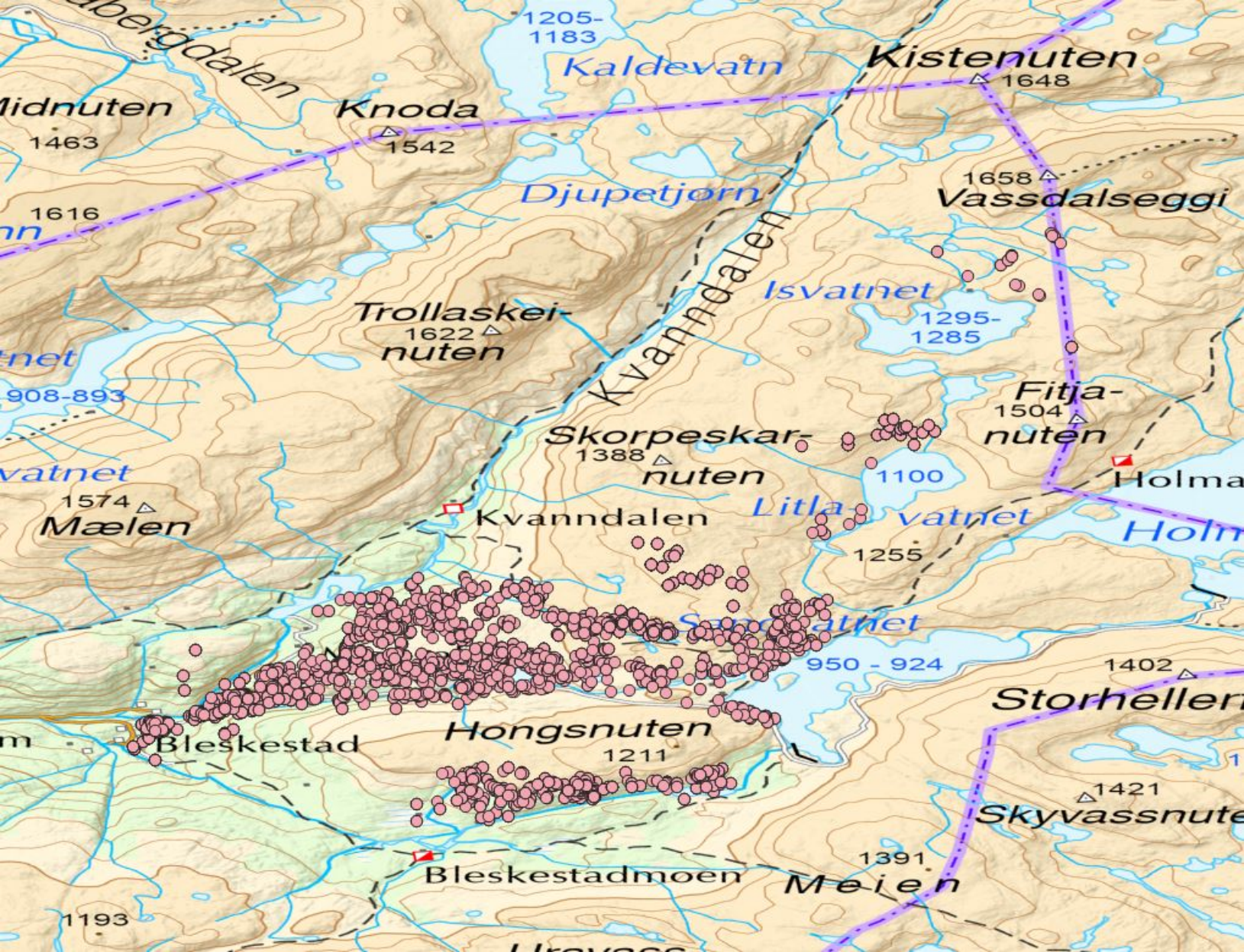












Sakspapir

Sakshandsamar	Arkiv	ArkivsakID
Elin Tjordan	Gnr/bnr-65/1, K2-V18	23/718

Saksnr	Utval	Type	Dato
058/23	Utval for landbruk, miljø og teknikk (LMT-utvalet)	DK	

Gnr. 65 bnr. 1- Per Arne Roalkvam Tytlandsvik- søknad om godkjenning av plan for nydyrking

Kommunedirektøren har vurdert søknaden og gjort slikt vedtak:

I medhald til forskrift om nydyrking og naturmangfaldlova §§ 8-12 godkjenner Suldal kommune nydyrking av 4,3 da som omsøkt på gnr. 65 bnr. 1.

- Nydyrkingsarealet skal tilpassast kulturlandskapet det grensar opp til, og det skal ikkje lagast steintippar og liknande.
- Eventuelle funn av legalfreda kulturminne ved gjennomføring av tiltaket må straks varslast Rogaland fylkeskommune, og alt arbeid stansast inntil vedkomande mynde har vurdert/nærare dokumentert funnet jf. Lov om kulturminne § 8, 2. ledd.
- Godkjenninga gjeld i 3 år.

Sand, 26.06.2023

Vedlegg:

Gnr 65 bnr 1 - plan for nydyrking - uttale

AcosSvarInn.xml

Gnr 65 Bnr 1 - Søknad om godkjenning av plan for nydyrking

VS Søknad nydyrking

Notat Norconsult

Kart nydyrking

Søkjar

Per Arne Roalkvam Tytlandsvik- Gardavegen 44- 4244 Nesflaten

1134- gnr. 65 bnr. 1

Tiltak- dyrking 4,3 da skog.

Fakta

Suldal kommune har motteke søknad frå Per Arne Roalkvam Tytlandsvik om løyve til å dyrke 4,3 da skog på eigedommen gnr. 65 bnr. 1. Kommunen syner til søknad og kart som ligg ved. Tiltaket er del av RSK biotopiltak i Roalkvamsåna.

Lover, føresegner, rundskriv

Forskrift om nydyrking

Naturmangfaldslova

Forskrift om produksjonstilskot i jordbruket

Innkomne uttalar

Rogaland fylkeskommune, brev datert 13.06.2023. Kulturminner, ingen merknader, syner elles til brevet.

Vurdering og konklusjonNatur og kulturlandskap

Søknaden er vurdert etter forskrift om nydyrking og naturmangfaldlova §§ 8-12. Det er ikkje registrert spesielle naturverdiar eller artar innan området. Søknaden er vurdert av landbruks- og miljøfagleg kompetanse, og Suldal kommune kan ikkje sjå at dyrkinga vil redusere natur og kulturlandskapsverdiane i området.

Økonomiske og driftsmessige omsyn

Arealet inngår i garden sine framtidige planar om å auke grada av sjølvforsyning av grovfor til dyra på garden.



Total: 465,36 m

Total: 221,06 m

92,29 m

88,17 m

59,10 m

24,09 m

35,15 m

35,72 m

45,97 m

35,69 m

57,05 m

43,27 m

24,21 m

87,02 m

Areal: 3 730,85 m², Omkrets: 337,38 m

29,88 m

17,71 m

30,61 m

Areal: 526,89 m², Omkrets: 157,73 m

15,37 m

111,10 m

60,15 m

18,97 m

19,87 m

1119-4

65/1

65/2

Suldal kommune

Eidsvegen 7

4230 Sand

Dykkar ref.:

23/718Dato: **13.06.2023**Saksnr.: **2023/40228**Dok.nr.: **2**

Sakshandsamar:

Anne Mette Haugen

Suldal kommune - gnr 65 bnr 1 - plan for nydyrking - uttale

Vi viser til brev som vart motteke her 09.06.2023.

Fylkesdirektøren har vurdert søknaden om nydyrking i det aktuelle området som sektormynde innanfor kulturminnevern.

Ut frå våre arkiv kan vi ikkje sjå at det omsøkte tiltaket vil kome i konflikt med automatisk freda kulturminne. Vi har på bakgrunn av dette ingen merknader til den aktuelle dyrkinga, utover at ein under opparbeiding av feltet søker å unngå inngrep i /skade på kulturlandskapstrekk som steingardar, eldre vegar/stiar, bakkemurar, tufter m.m.

Fylkesdirektøren vil også understreke at sjølv om det pr. i dag ikkje er kjent legalfreda kulturminne i tiltaksområdet, må eventuelle funn ved gjennomføringa av planen straks meldast til Rogaland fylkeskommune, og alt arbeid må stansast inntil rette mynde har vurdert/nærare dokumentert funnet, jfr. Lov om kulturminner § 8, 2. ledd.

Vi ber om å få tilsendt kopi når kommunen har gjort vedtak i saka.

Helsing
Leif Håvard Lundø Vikshåland
fagleiar

Anne Mette Haugen
rådgjevar

Dette dokumentet er godkjent elektronisk. Ver vennleg å oppgje vårt saksnr når du svarar på brevet.