

1814

NINA Rapport

Prediksjonsmodellering av forekomst av kalkdammer i Norge

Børre K. Dervo
Vegar Bakkestuen
Marit Mjelde
Bjørn Walseng
Thomas Jensen
Finn Gregersen



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Prediksjonsmodellering av forekomst av kalkdammer i Norge

Børre K. Dervo
Vegar Bakkestuen
Marit Mjelde
Bjørn Walseng
Thomas Jensen
Finn Gregersen

Dervo, B.K., Bakkestuen, V., Mjelde, M., Walseng, B., Jensen, T. og Gregersen, F. 2020. Prediksjonsmodellering av forekomst av kalkdammer i Norge. NINA Rapport 1814. Norsk institutt for naturforskning.

Lillehammer, juni 2020

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4573-9

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Lars Erikstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Jon Museth (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

M-1713|2020

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Hege Sangolt

FORSIDEBILDE

Igletjern i Innland fylke © Børre K. Dervo/NINA

NØKKEWORD

- Norge
- vannplanter
- krepsdyr
- kalkrike innsjøer, dammer og tjern
- prediksjonsmodellering

KEY WORDS

- Norway
- Aquatic plants
- Crustaceans
- Lime lakes and ponds
- Predictive modeling

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Tlf: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Dervo, B.K., Bakkestuen, V., Mjelde, M., Walseng, B., Jensen, T. og Gregersen, F. 2020. Prediksjonsmodellering av forekomst av kalkdammer i Norge. NINA Rapport 1814. Norsk institutt for naturforskning.

Potensielle kalkrike vannlokaliteter (> 20 mg Ca/l) ble funnet gjennom en overlayanalyse, dvs. en sammenligning av kartlag, mellom grunnlagskartet vann fra N50-kartserien i målestokk 1:50 000 og økologisk grunnlagskart for kalkinnhold klasse 5, dvs. svært kalkrikt, i målestokk 1:250 000. Alle vannpolygoner i N50 som inneholdt eller krysset kalkinnhold klasse 5 ble valgt ut og danner grunnlaget for potensielt kalkrike innsjøer, dvs. innsjøer tjern og dammer. Antall potensielle kalkrike vannlokaliteter ble redusert ved å korrigere for myr, løsmassetypene tykk morene og deretter tynn morene. Prediksjonsmodellen antyder at det finnes 4 094 kalkrike innsjøer, tjern og dammer i Norge. Sammenhengen mellom prediksjonsmodellen og de reelle forekomstene ble testet med et uavhengig datasett på 464 vannforekomster med vannkjemiske målinger. Prediksjonsmodellen forklarer mer enn 95% av utbredelsen til de kalkrike vannforekomstene. Dette tyder på at prediksjonsmodellen, logikken og oppbyggingen av denne hviler på gode antagelser om sammenhenger.

Prediksjonsmodelleringen viste at det er usikkerheter i de økologiske grunnlagskartet i målestokk 1:250 000 knyttet til kartoppløsningen, kategoriseringen og presisjonen til tilgjengelig arealdekkende datasett.

Pr i dag kjenner vi til 689 svært kalkrike vannlokaliteter, hvorav 293 innsjøer (> 0,025 km²) og 396 dammer og tjern (<0,025 km²), dvs. 17 prosent av det predikerte. Den geografiske fordelingen viser at det er et betydelig antall nye potensielle svært kalkrike innsjølokaliteter i Nordland og Troms i forhold til resten av landet.

Den biologiske kunnskapen varierer imidlertid en god del, f.eks. mellom regioner og i forhold til størrelse. Analysene viser at vi har kunnskap om kransalger for ca. 100 prosent av de kalkrike innsjøene i Oppland, mens tilsvarende tall for de Nordland er 72 prosent. Tallene for dammer og tjern er hhv. 87 og 75 prosent. For de øvrige biologiske gruppene har vi klart mindre data, men forholdet er det samme; klart mer kunnskap om vannforekomstene i sør. Dette gjelder også vannkjemiske data. Mange av lokalitetene i Sørøst-Norge er undersøkt ved flere anledninger og det finnes gode tidsserier for mange lokaliteter, både innsjøer og mindre vannforekomster. For lokalitetene i Nord-Norge er tidsserier en stor mangelvare.

Prediksjonsmodellen synes å sammenfalle godt overens med eksisterende kunnskap om kjente lokaliteter ellers i landet. Modellen synes å være et godt grunnlag for justering av mørketallet for svært kalkrike innsjøer i Norge og kan være et godt verktøy for videre feltundersøkelser av biologisk mangfold.

Børre K. Dervo, NINA, Vormstuguvegen 40, 2611 Lillehammer, borre.dervo@nina.no.

Vegar Bakkestuen, NINA, Oslo, Vegar.Bakkestuen@nina.no.

Marit Mjelde, NIVA, Oslo, marit.mjelde@niva.no.

Bjørn Walseng, NINA, Oslo, Bjorn.Walseng@nina.no

Thomas Jensen, NINA, Oslo, Thomas.Jensen@nina.no

Finn Gregersen, Multiconsult AS, Drammen, finn.gregersen@multiconsult.no

Abstract

Dervo, B.K., Bakkestuen, V., Mjelde, M., Walseng, B., Jensen, T. and Gregersen, F. 2020. Prediction modelling of occurrence of lime ponds in Norway. NINA Report 1814. Norwegian Institute for Natural Research.

Potential lime lakes and ponds (> 20 mg Ca/l) were found through an overlay analysis, i.e. a comparison of map layers, between ecological base maps from the N50 map series at scale 1:50,000 and the ecological base map for lime content class 5, i.e. very calcareous, in scale 1:250,000. All water polygons in N50 that contained or crossed grade 5 lime were selected and form the basis for potentially lime-rich lakes and ponds. The number of potential calcareous lake or pond locations was reduced by correcting for marshes, first the types of pulp thickening the moors, and then the thin moors. The prediction model suggests that there are 4,094 lime lakes and ponds in Norway. The relationship between the prediction model and the real occurrences was tested with an independent dataset of 464 water bodies with water chemistry measurements. The prediction model explains more than 95% of the prevalence of the calcareous water deposits. This suggests that the prediction model, its logic and its structure are based on good assumptions about relationships.

The prediction modelling showed that there are uncertainties in the ecological base map in scale 1:250,000 related to the map resolution, categorization and precision of available land-cover datasets.

At present we know of 689 very lime-rich water sites, of which 293 are lakes (> 0.025 km²) and 396 are lakes and ponds (<0.025 km²), i.e. 17 percent of the predicted number in this report. The geographical distribution shows that there are a significant number of new potentially very calcareous lake locations in the North and Troms in relation to the rest of the country.

However, biological knowledge varies widely, e.g. between regions and in terms of size. The analyses show that we have knowledge of crane algae for about 100 percent of the lime lakes and ponds in Oppland, while the corresponding figure for the Nordland is 72 percent. The numbers of lime lakes and ponds are respectively 87 and 75 percent. For the other biological groups, we clearly have less data, but the relationship is the same; clearly more knowledge of the water bodies in the south. This also applies to water chemistry data. Many of the sites in south-eastern Norway have been examined on several occasions and there exists good quality time series for many localities, both lakes and smaller water deposits. For the sites in Northern Norway, time series are a major shortcoming.

The prediction model seems to coincide well with existing knowledge of known localities elsewhere in the country. The model seems to be a good basis for adjusting the dark figure for very calcareous lakes in Norway and can be a good tool for further field studies of biodiversity.

Børre K. Dervo, NINA, Vormstuguvegen 40, N-2611 Lillehammer, borre.dervo@nina.no.

Vegar Bakkestuen, NINA, Oslo, Vegar.Bakkestuen@nina.no.

Marit Mjelde, NIVA, Oslo, marit.mjelde@niva.no.

Bjørn Walseng, NINA, Oslo, Bjorn.Walseng@nina.no

Thomas Jensen, NINA, Oslo, Thomas.Jensen@nina.no

Finn Gregersen, Multiconsult AS, Drammen, finn.gregersen@multiconsult.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materiale og metoder	8
2.1 Utvalgelse av dammer og tjern for kartlegging.....	8
2.2 Utvalgelse av elver og bekker for kartlegging.....	11
2.3 Vannprøver.....	11
2.4 NiN kartlegging.....	11
2.5 Vannplanter.....	11
2.6 Krepssdyr.....	12
2.7 Prediksjonsmodellering.....	12
2.8 Datasett for testing av prediksjonsmodellen.....	14
3 NiN-kartlegging	16
3.1 Vannprøver.....	16
3.2 Innsjøbunn.....	16
4 Vannplanter	18
4.1 Artssammensetning og artsantall.....	18
4.2 Innsjøarealet og artsantallet.....	21
5 Krepssdyr	22
5.1 Krepssdyr og kalsium.....	22
6 Kunnskapsstatus kalkrike innsjøer, dammer og tjern	26
7 Prediksjonsmodellering	29
7.1 Innsjøantall og -typer.....	29
7.2 Testing av prediksjonsmodellen og ekskludering av lokaliteter.....	29
8 Oppsummering og diskusjon	35
8.1 Prediksjonsmodelleringen.....	35
8.2 Forbedringspotensial.....	36
8.3 Typeinndeling.....	38
8.4 Utvalgt natur.....	39
8.5 Prediksjonsmodellering av andre egenskaper.....	39
9 Referanser	40

Forord

Formålet med dette prosjektet har vært å teste ut en metode for prediksjon av kalkrike elver og innsjøer i Norge. For kontroll av prediksjonen har vi besøkt over 300 tjern og dammer fra Finnmark i nord til Telemark i sør, og kjemiske og biologiske data er samlet inn fra rundt 200.

Prosjektet er utført på oppdrag av Miljødirektoratet og er et samarbeid mellom Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Multiconsult AS og Norsk institutt for naturforskning (NINA). Børre K. Dervo i NINA har vært prosjektleder, gjennomført deler av feltarbeidet og vært «redaktør» for rapporten. Vegar Bakkestuen, NINA, har hatt ansvaret for utvikling av prediksjonsmodellen. Marit Mjelde, NIVA, har hatt ansvaret for vannplantene og gjennomført deler av feltarbeidet. Thomas Jensen og Bjørn Walseng, NINA, har hatt ansvaret for krepsdyrene og gjennomført deler av feltarbeidet, Finn Gregersen har gjennomført feltarbeid og samlet inn vannprøver, krepsdyr, vannplanter og høstet erfaring med bruk av NiN metodikk. I tillegg har Jan Erik Thrane, NIVA, gjennomført statistiske analyser av vannplantene.

Kontaktperson hos oppdragsgiver har vært Hege Sangolt.

Alle takkes for konstruktive diskusjoner og flotte bidrag.

Lillehammer, juni 2020

Børre K. Dervo
Prosjektleder

1 Innledning

«Som vassdrag regnes alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, med tilhørende bunn og bredder inntil høyeste vanlige flomvannstand. Lovens regler for vassdrag gjelder også for kunstige vannløp med årssikker vannføring unntatt ledninger og tunneler»¹. Kalksjøer er definert som kalkrike innsjøer med et kalsiuminnhold større eller lik 20 mg Ca/l (DN 2011). Kransalgessjøer (Chara-sjøer) er kalkrike innsjøer og tjern som har svært rik vegetasjon av kransalger av slekten *Chara* og lite andre vannplanter (Almqvist 1929, Langangen 2007). «Kalksjøer» og «kalkrike dammer og tjern» er rødlistede naturtyper i Norge (Artsdatabanken 2018).

Kalksjøer med forekomst av visse arter av kransalger og karplanter er en utvalgt naturtype, iht. Naturmangfoldloven². Denne utvalgte naturtypen er definert som: innsjøer med kalsiuminnhold større enn eller lik 20 mg Ca/l og med forekomst av minst én av følgende arter; rødkrans (*Chara tomentosa*), smaltaggkrans (*C. rudis*), hårpiggkrans (*C. polyacantha*), stinkkrans (*C. vulgaris*), knippebustkrans (*C. curta*), gråkrans (*C. contraria*), blanktjønnaks (*Potamogeton lucens*), sli-retjønnaks (*Stuckenia vaginata*), vasskrans (*Zannichellia palustris*), eller andre truede kalkkrevende plante- eller dyrearter³. I tillegg er lokaliteter med artskomplekset *Chara hispida/rudis* og *P. lucens*-hybriden *P. x zizii* foreslått inkludert som UN ved en eventuell revidering av forskriften³. (se forklaringer i Mjelde 2016). Definisjonen setter ingen arealbegrensninger for naturtypen, men oversikten over UN kalksjøer i Norge inkluderer noen mindre vannforekomster <0,025 km² (se Mjelde 2016). Foreløpig nedre grense for UN kalksjøer er satt til 0,001 km² (Miljødirektoratets veiledning til fylkesmennene). Dette er en ren praktisk og foreløpig grense for forvaltningen og ikke satt ut fra biologiske forhold. En første sammenstilling av faktaark for alle landets kalksjøer som er utvalgt naturtyper ble gitt av Mjelde (2016). Rapporten inkluderte totalt 153 lokaliteter som var karakterisert som utvalgt naturtype.

I Rødlista 2018 defineres «kalksjøer» som ferskvannsføremøster med kalsium over 20 mg Ca/l, og med areal >0,025 km² og «kalkrike dammer og tjern» med samme kalkinnhold og areal <0,025 km² (Artsdatabanken 2018). Det er ikke satt noe nedre arealgrense for kalkdammene. I denne rapporten har vi valgt å bruke samme arealdefinisjon for de kalkrike lokalitetene som i rødlista for 2018.

Tidligere registreringer av kalkrike vannforekomster har hatt hovedfokus på lokaliteter >0,025 km². I forhold til potensielt antall er «kalkrike dammer og tjern» ansett som dårlig kartlagt på landsbasis. I forbindelse med handlingsplanen for kalksjøer, utarbeidet Mjelde (2014) en oversikt over alle kjente kalksjøer i Norge som inkluderte 522 sikre kalksjøer, dvs. begge de to størrelseskategoriene beskrevet over. En oversikt over de minste lokalitetene, dvs. lokalitetene med areal <0,025 km², ble utarbeidet av Mjelde og Dervo (2019) i prosjektet «Trua natur», og omfattet 282 lokaliteter.

Formålet med dette prosjektet er å teste ut en metode for prediksjon av kalkrike elver og innsjøer som så skal kartlegges i felt. Det skal også vurderes om en ved samme metode kan foreta en prediksjon av andre relevante egenskaper. Prediksjonen skal bygge på tilgjengelig informasjon om forekomster av elver og innsjøer, kalkrik berggrunn og annen relevant informasjon i offentlige og egne databaser. Med bakgrunn i oversikten over aktuelle lokaliteter skal det kartlegges et representativt utvalg av lokaliteter. Kartleggingen fokuseres på vannplanter, krepsdyr og vannkjemiske forhold. Kartlagte lokaliteter skal sammen med eksisterende kunnskap om kalkrike lokaliteter danne grunnlaget for et utbredelseskart for typer langs en kalkgradient. NINs kartleggingsmetodikk vil bli testet ut og resultatet gjort tilgjengelig for egnede databaser. Prosjektet skal gjennomføres i et samarbeid mellom Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA).

¹ Vannressursloven, www.lovdata.no.

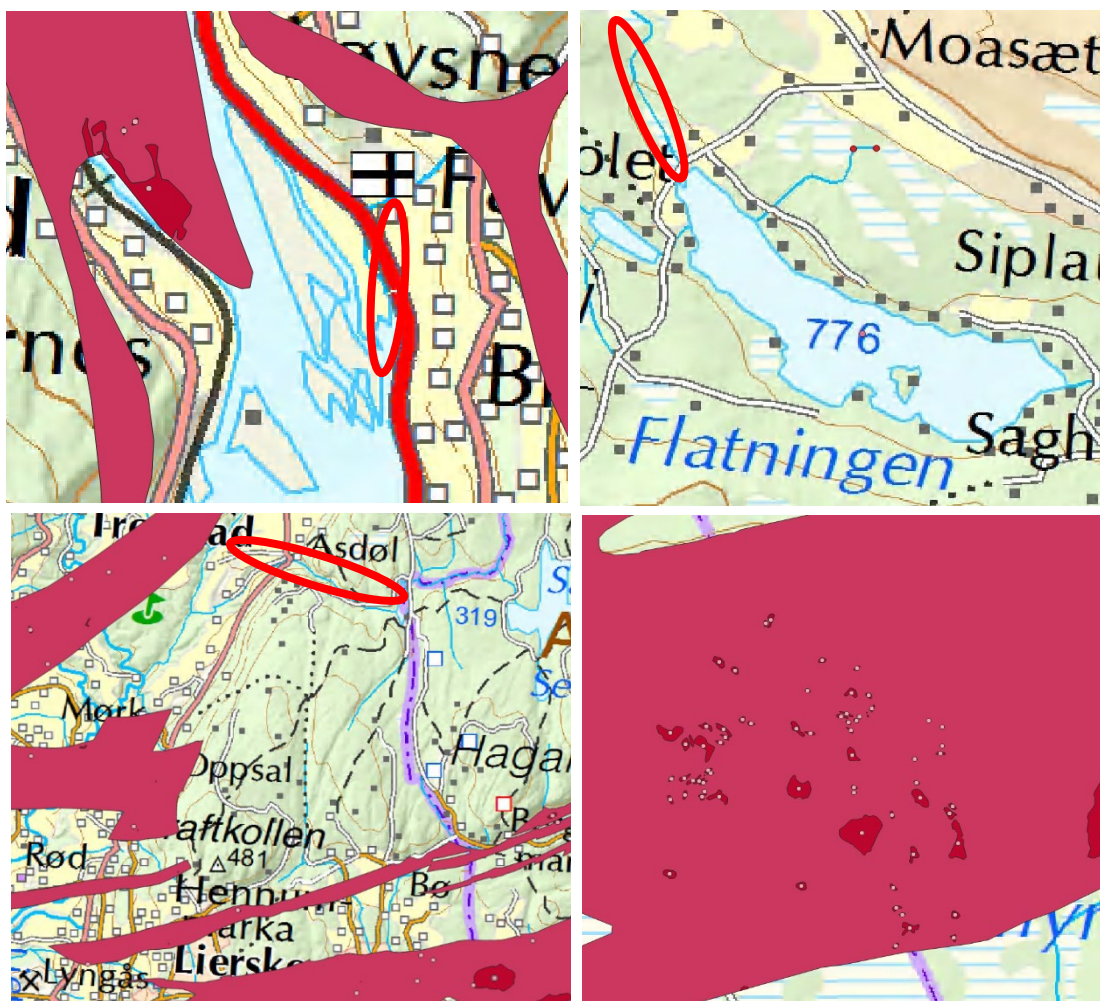
² Naturmangfoldloven, , www.lovdata.no.

³ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-05-13-512>

2 Materiale og metoder

2.1 Utvelgelse av dammer og tjern for kartlegging

Kartleggingen av et representativt utvalg av lokaliteter skulle baseres på listen fra prediksjonsmodelleringen. Prosjektet ble startet i slutten av juni, kort tid før feltarbeidet skulle starte opp. Utvalg av lokaliteter som skulle kartlegges måtte derfor baseres på en enkel og foreløpig prediksjon bare ved hjelp av økologiske grunnkart for kalkrik berggrunn i målestokk 1: 250 000 utarbeidet av NGU for Artsdatabanken og grunnlagskartet vann N50 i målestokk 1:50 000 (**Figur 2.1**). Alle lokaliteter som hadde et overlapp på mer enn 20 prosent av vannarealet med svært kalkrik grunn (klasse 5) og innsjøareal <math><0,025\text{ km}^2</math>, ble valgt ut. Samlet ga denne foreløpige analysen 7 639 innsjøer, tjern og dammer, hvorav 1 051 lokaliteter var mellom 0,025 og 0,005 km^2 , 2 747 lokaliteter var mellom 0,005 og 0,001 km^2 og 3 841 lokaliteter mellom 0,001 og 0,00015 km^2 . Den nedre grensen er valgt ut i fra hva som er vanlig for de minste dammene i N50.



Figur 2.1 Overlapp mellom NGU og Artsdatabankens økologiske grunnkart for kalkrik berggrunn i målestokk 1: 250 000 (www.artsdatabanken.no) og grunnlagskartet vann N50 i målestokk 1:50 000 (www.norgedigital.no). Rødt heldekkende areal er klasse 5 i økologisk kart for kalkrik berggrunn. Lyse punkter er overlapp mellom midtpunktet for vann (innsjøer) og klasse 5 i økologisk kart for kalkrik berggrunn. Oval rød ring er registrerte kalkrike elver (se **tabell 2.2**). Gudbrandsdalslågen ved Fåvang i Ringebu kommune (øverst venstre), Frøyna ved Flatningen i Vågå kommune, (øverst høyre), Asdøla i Lier kommune (nederst venstre) og Hedmarksvidda i Hamar kommune (nederst høyre).

Av utvalget på 7 636 lokaliteter, ble rundt 300 valgt ut og merket av på kartutskriften i målestokk 1:5 000. Lokalitetene var fordelt på fjellområder i indre Finnmark, lokaliteter nær E6 i Finnmark og Troms fylke, lokaliteter i skog- og fjellregionen i Sørreisa kommune, Selvær i Træna kommune, Salten-området i Nordland og kalkrike områder på Østlandet.

Totalt ble det samlet inn vannprøver fra 183 lokaliteter i perioden juni til oktober 2019. I tillegg til disse 183 prøvestedene med vannprøver, ble ledningsevne og pH målt i 62 lokaliteter. Disse lokaliteter ble vurdert som lite egnet til å inngå som testlokaliteter og derfor ikke nærmere undersøkt. I utgangspunktet ble det valgt ut tre til fem nærliggende lokaliteter i et område for vannkjemi og biologisk prøvetaking. Antall lokaliteter som var valgt ut for prøvetaking ble redusert der feltmålingene av vannkjemi viste et lavt innhold av ioner, dvs. at kalkinnholdet var lavt. Det ble imidlertid alltid tatt vannprøver fra minst én til to lokaliteter også i områder hvor feltmålinger antydte lavt kalkinnhold.

I utgangspunktet ble langt flere dammer valgt ut for prøvetaking, enn det prosjektrammene ga mulighet for. Det var derfor ikke økonomisk mulig å inkludere prøvetaking av både krepsdyr og vannplanter i alle 183 lokaliteter med vannprøver. Krepsdyrprøver ble samlet inn fra 133 lokaliteter. Vannplanter ble samlet fra land med kasterive eller rive i 115 lokaliteter (**Figur 2.2**). I tillegg ble vannplanter undersøkt fra båt ved hjelp av rive og vannkikkert i 8 lokaliteter. Bunnsedimenter og organisk ble undersøkt med NiN-metodikk i 111 lokaliteter. Av de 183 kartlagte lokaliteter var 19 undersøkt tidligere.

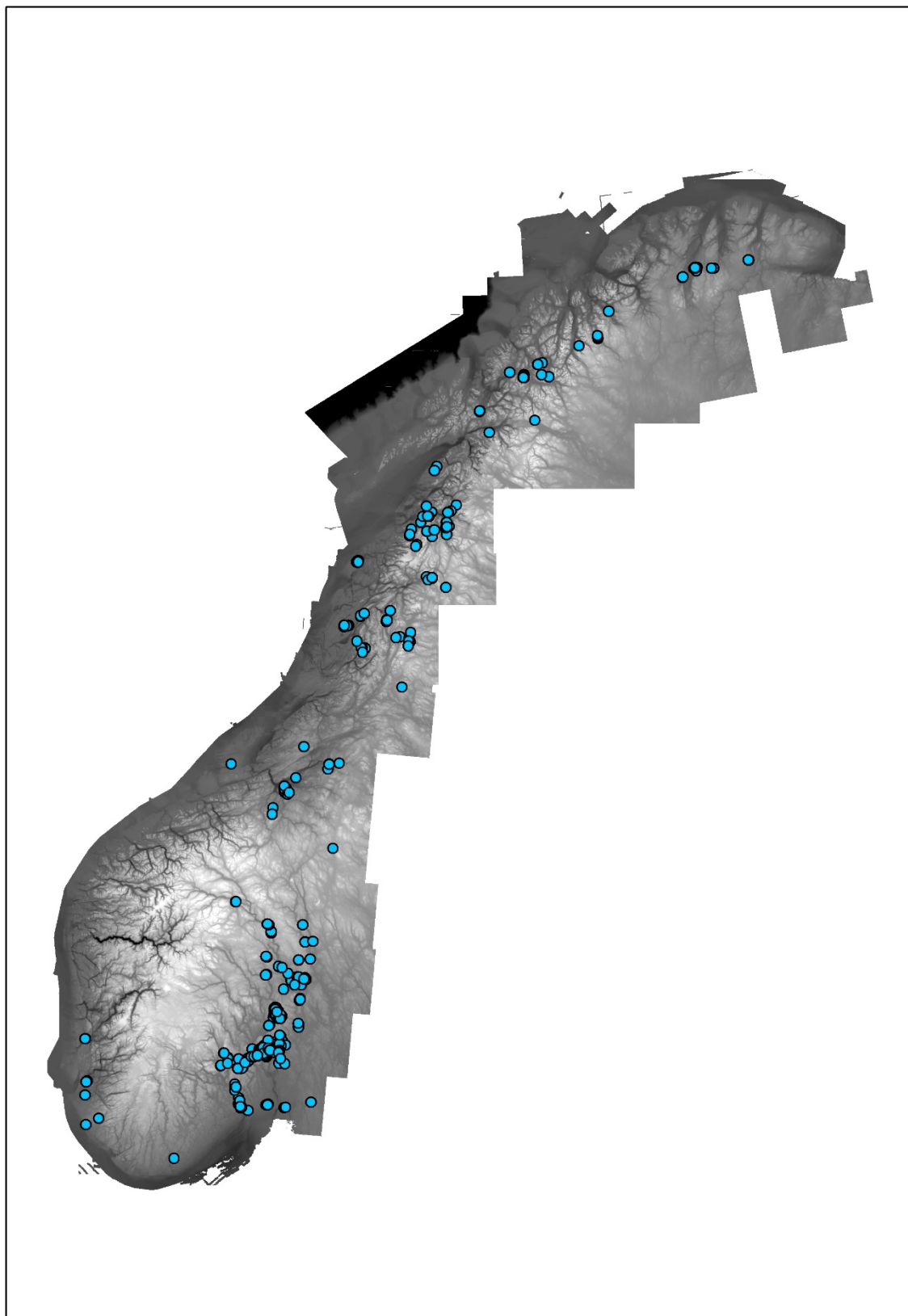
I tillegg til lokalitetene som ble undersøkt i felt i 2019, ble 12 lokaliteter fra Midt-Norge og 15 lokaliteter fra Lier med vannprøver inkludert i materialet av nye lokaliteter. **Tabell 2.1** og **figur 2.3** viser en samlet oversikt over alle lokalitetene som inngår som testlokaliteter i prediksjonsmodelleringen.



Figur 2.2. Prøvetaking med rive i Grunnevatnet i Sørreisa kommune. Foto: Børre K. Dervo/NINA ©

Tabell 2.1. Antall nye og tidligere kartlagte dammer og tjern som inngår i prediksjonsmodelleringen.

Tema	Antall lokaliteter
Nye kartlagte lokaliteter i 2019 (183 minus 19 tidligere undersøkt)	164
Nye lokaliteter med vannkjemi (Midt-Norge og Lier)	27
Tidligere kartlagte lokaliteter	273
Totalt antall lokaliteter	464



Figur 2.3. Kart over utbredelsen de 464 lokalitetene som inngår testdatasettet

2.2 Utvelgelse av elver og bekker for kartlegging

I forbindelse med prøvekartlegging av NiN i ferskvann ble noen utvalgte elver og bekker kartlagt i 2018 (se **figur 2.1** og **tabell 2.2**). Det viste seg å være liten sammenheng mellom NGU og Artsdatabankens økologiske grunnkart for kalkrik berggrunn i målestokk 1:250 000 og kalsiuminnholdet i disse elvene og bekkene. De undersøkte elvene hadde alle kalsiuminnhold mindre enn 10 mg/l. Kun tre bekker hadde mer enn 20 mg Ca/l. Disse utvalgte bekkene hadde imidlertid ikke overlapp med svært kalkrik grunn (klasse 5). For elver og bekker er det nødvendig å gjøre analyse av hele nedbørfeltet for å predikere kalkinnhold, ikke bare vurdere verdien med utgangspunkt i overlapp for en kortere strekning. På grunn av denne vurderingen valgte vi derfor å ikke kartlegge bekker i 2019, men å prioritere kartlegging av innsjøer, tjern og dammer som grunnlag for å teste prediksjonsmodellen. For utvelgelse av elve- og bekkelokaliteter for testing er det nødvendig med mer erfaring med prediksjonsmodellen for dammer og tjern, kombinert med en nedbørfeltanalyse.

Tabell 2.2. Et utvalg av kartlagte elve- og bekkestreknings i NiN-prosjektet i 2018 (Dervo m. fl. upublisert).

Lokalitetsnavn	UTM 33N*	UTM 33Ø*	Kalsium (mg/l)
Frøyna/Flatningen	6867454	188826	41,2
Asdøla, Lier	6646230	235618	39,0
Flomløp, Fåvang	6818985	245199	38,9
Ilabekken 2	7042108	268752	14,5
Glomma v/Tolga	6913296	283442	7,9
Rinna/Rinda	6776374	253581	7,4
Lågen ved Sel	6860920	212317	6,3
Ilabekken 1	7042108	268752	5,7
Drammenselva ved Hokksund	6631849	231161	3,7
Lågen v Frya	6817869	244809	3,6

*WGS 84

2.3 Vannprøver

Vannprøve ble samlet inn i 0,5 l plastflaske fra overflaten i alle de undersøkte lokalitetene. Vannprøvene ble holdt kjølig og sendt så raskt som mulig til analyse på SynLab på Hamar. Innhold av kalsium, farge (humus) og turbiditet ble analysert for alle de 183 lokalitetene som ble kartlagt i 2019. I tillegg ble pH, totalt fosfor og totalt nitrogen analysert i vannprøvene fra 38 av lokalitetene.

2.4 NiN kartlegging

På det tidspunktet feltarbeidet ble gjennomført i 2019 var det nye typesystemet for limnisk NiN ikke ferdigstilt. Det ble derfor bare gjennomført en enkel egenskapskartlegging med vannkjemi-parametrene beskrevet over og innsjøbunntyper for spesialbunn, dvs. gytje, myrortv og grovt organisk materiale hvor innhold av finsubstrat og organisk ble vurdert.

2.5 Vannplanter

Endringer i artssammensetning og artsantall av vannplanter langs kalsiumgradienten er illustrert ved hjelp av data fra NIVAs database, samt noe litteraturdata. Dataene omfatter totalt 915 innsjøår og 113 arter.

Vurderingene av artssammensetningen i kalkrike lokaliteter er foretatt basert på NIVAs «statusliste» for vannvegetasjon, først utarbeidet i forbindelse med «Handlingsplanen for kalksjøer

2009-2016», og senere oppdatert. Det meste av kunnskapen i denne oversikten stammer fra undersøkelser som Anders Langangen har gjort fra 1960-tallet og fram til i dag. Pr. juni 2019 omfattet denne lista vannplantedata (først og fremst kransalger, men også karplanter) fra 576 kalkrike innsjøer, tjern og dammer. Mest kunnskap har man om lokalitetene i Oppland (Hadeland).

Sommer og høst 2019 ble det foretatt registreringer av vannplanter i 123 nye kalkrike lokaliteter fordelt over store deler av landet. Kun 8 av disse lokalitetene ble undersøkt vha. standard metode (dvs. fra båt med vannkikkert og kasterive), resten med kasterive fra land. Undersøkelsen av lokaliteter med kasterive fra land vil kunne være en god nok metode for de minste lokalitetene, men vil underestimere antall arter i større lokaliteter. Imidlertid vil registrerte arter kunne gi noen indikasjoner på vanntype. Gjennom dette prosjektet har vi fått forbedret kunnskap om de minste kalklokalitetene (dammer og tjern), både i hele landet. Data fra registreringene i 2019 er inkludert i «statuslista».

2.6 Krepssdyr

Krepssdyrprøvene ble tatt med stanghåv (90 µm maskevidde), som ble ført både gjennom de frie vannmasser og i vegetasjon. Det ble tatt en prøve per lokalitet. Trekk lengden ble så vidt mulig standardisert til 10 m. Prøvene ble fiksert med lugol og oppbevart mørkt frem til videre bearbeiding på laboratoriet. Alle småkrepstaksa, med unntak av små copepoditter og nauplier (juvenile stadier av hoppekrepss), ble bestemt til art. Prøver med mange individer (anslagsvis > 200 ind.) ble fraksjonert før artsbestemmelse, men hele prøven ble gjennomgått for registrering av arter med lav tetthet.

2.7 Prediksjonsmodellering

Grunnlaget for analysene er grunnlagskartene vann og myr fra N50-kartserien i målestokk 1:50 000⁴, økologisk grunnlagskart for kalkinnhold produsert av NGU for Artsdatabanken i målestokk 1:250 000⁵ og geologisk løsmassekartene er sammenstilt av kart med ulike målestokk, ca halvparten av landet er dekket i målestokk 1:250 000 og resten i målestokk 1:50 000 eller bedre.⁶ Grunnkartet vann inneholder 994 472 innsjøer og 904 magasiner, hvor 54 091 av vannlokalitetene var større enn 0,025 km², 46 803 var mellom 0,025 og 0,001 km² og 894 482 av lokalitetene mindre enn 0,001 km². Benyttede grunnlagskart i analysene for denne rapporten er vist i **figur 2.4**. Det økologiske grunnlagskartet for kalkinnhold er delt inn i 5 klasser fra svært kalkfattig (klasse 1) til svært kalkrikt (klasse 5) (**Tabell 2.3**). Analysene og prediksjonsmodelleringen er gjort i GIS (ArcGIS).

Første steg i modelleringen var å gjøre en sammenligning mellom kartlagene vann fra N50 og økologiske grunnkart kalkinnhold klasse 5, dvs. svært kalkrikt. Alle vannpolygoner i N50 som inneholdt eller krysset kalkinnhold klasse 5 ble valgt ut og danner grunnlaget for potensielt kalkrike innsjøer. For alle disse innsjøene ble det utregnet og avgrenset nedbørsfelt ved hjelp av hydrologiske verktøy i ArcGIS.

For å redusere antallet potensielle kalkrike sjøer ble det korrigert for direkte kontakt med myr rundt innsjøene (N50 myr). Dersom innsjøene var omringet med mer enn 50 % myr ble disse ekskludert fra gruppen med de potensielt kalkrike innsjøene. For videre reduksjon av potensielt kalkrike innsjøer ble det med liknende metode som myr korrigert for løsmassetypene tykk morene og deretter tynn morene. Tynn morene ble i første omgang ikke vurdert som reduksjonskriterium,

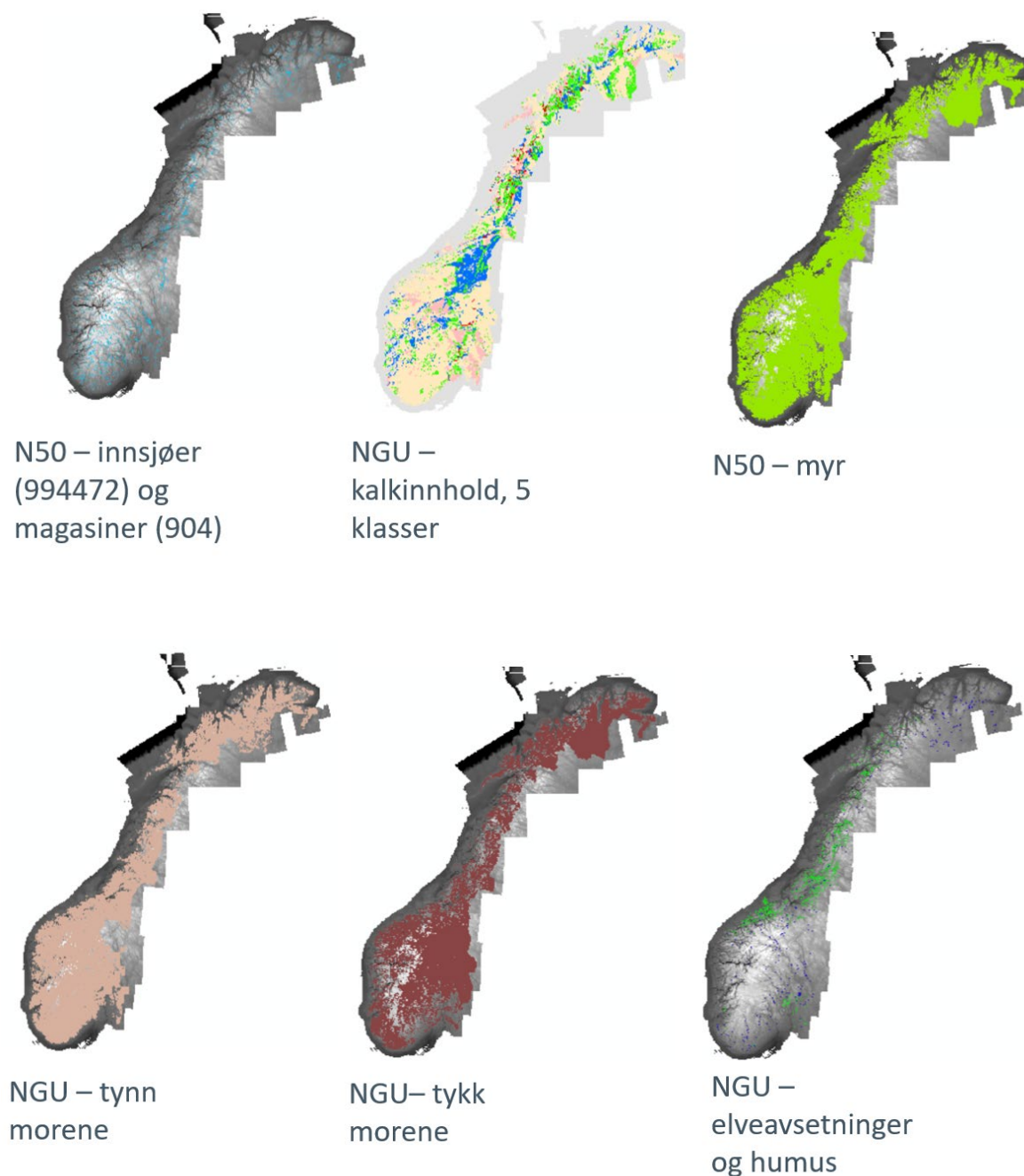
⁴ <https://www.kartverket.no/Kart/>

⁵ https://nin.artsdatabanken.no/Natur_i_Norge/Natursystem/Milj%C3%B8variabler/Kalkinnhold

⁶ <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>

men etter evaluering med et uavhengig testdatasett (se under) ble det likevel inkludert. Til slutt ble løsmassetypene elveavsetninger og humus også brukt som reduksjonskriterier etter evalueringer gjort med uavhengige testdata.

Resultatet fra denne analysen er vår prediksjonsmodell for kalkrike innsjøer.



Figur 2.4. Grunnlagskart brukt i prediksjonsmodellen for kalkrike innsjøer.

Tabell 2.3. Gjennomsnittsanalyser og rangering av bergartsgrupper etter kalkinnhold, samt en mulig grensdragning av trinn i gradienten. Bergartsgrupper merket med rødt viser veldig store variasjoner, og må behandles uavhengig av analyseverdiene. Sammenlignbare kalkgradient i vannforskriften
Kilde: NGU 2019.

Bergartgruppe	Gj.sn ICP-AES*	Gradient	Kalkgradienten i vannforskriften (mg Ca/l)
Kvartsitt	3234	Svært kalkfattig	< 1
Granitt	3292		
Tonalitt/trondhjemit	4813		
Granodioritt	5594		
Syenitt	5788		
Gneis	5835		
Biotittskifer/gneis	5925		
Kvartsskifer/metasandstein	6654		
Migmatitt	6731		
Ryolitt	7473		
Monzonitt	7481	Kalkfattig	1–2
Larvikitt	7746		
Kvartsdioritt	8196		
Mangeritt	9256		
Dioritt	9588		
Anortositt	11715	Intermediær	2–4
Eklogitt	12093		
Glimmerskifer/gneis	12547		
Sandstein	12758		
Amfibolitt	13384		
Latitt	13771		
Gabbro	14518		
Gråvakke	19998	Kalkrik	4–20
Fyllitt	21417		
Grønnstein/skifer	27760		
Konglomerat	28711		
Kalkskifer	40200		
Dolomitt	202500	Svært kalkrik	> 20
Kalkstein/marmor	261834		

* Analyseres på pulver fra knust stein. Dette pulveret limes sammen til tabletter, smeltes til å forme glasstabletter eller løses i syre, og det oppløste materialet analyseres i en ICP-AES ("Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy").

2.8 Datasett for testing av prediksjonsmodellen

Det ble etablert et uavhengig testdatasett fra tidligere innsjøundersøkelser og kartlegginger i dette prosjektet bestående av 464 innsjøer, som alle hadde kjemiske målinger av Kalsiuminnhold (Se **tabell 2.1** og **figur 2.3**).

På bakgrunn av testdatasettet ble det foretatt flere evalueringer av prediksjonsmodellen. Av de 464 innsjøene i testdatasettet hadde 370 et kalsiuminnhold på > 20 mg, og er dermed klassifisert som kalkrike, mens 94 var klassifisert som kalkfattige. Det ble således testet både for falsk

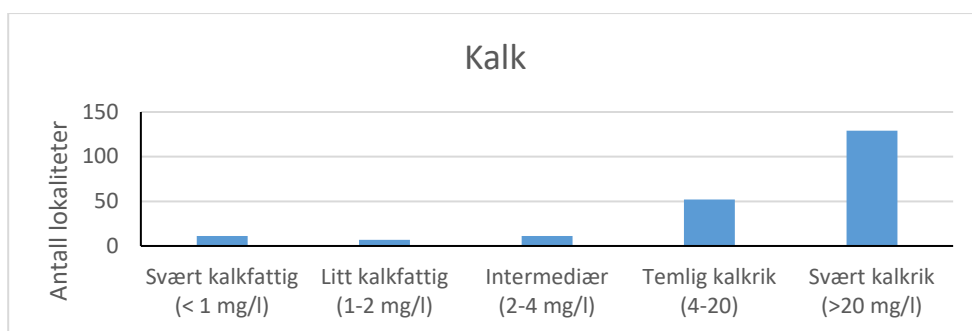
negativ (dammer som har vannprøve med > 20 mg Ca/l) og falsk positiv (dammer som har vannprøve med < 20 mg Ca/l) påvisning av kalkrike innsjøer og dammer.

Det ble gjort nærmere analyser og vurderinger av alle innsjøer som ble feilklassifisert i prediksjonsmodellen. Alle feilklassifiseringer ble inndelt i ulike typer feilkilder, slik som direkte feil i grunnlagskartene, skala og oppløsning i grunnlagskartene, manglende grunnkart, mønsteravvik, avstand til riktig klassifisering og så videre. Et stort avvik ble oppdaget knyttet til innsjøer under marin grense hvor det var mange innsjøer med høyt kalsiuminnhold selv om det økologiske grunnkartet for geologisk svært kalkrik viste noe annet. Det ble således gjort endringer i prediksjonsmodellen ved å inkludere innsjøer under marin grense som potensielt kalkrike.

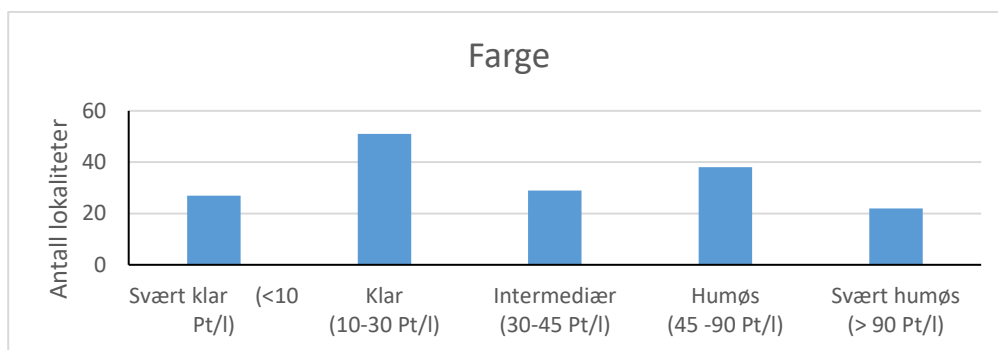
3 NiN-kartlegging

3.1 Vannprøver

Av de 210 nye lokalitetene med vannkjemidata, ble alle analysert for kalsiuminnhold og 156 analysert for farge (mg Pt/l) og turbiditet (mg STS/l; totalinnhold av suspendert uorganisk materiale). **Figur 3.1** viser hvordan lokalitetene fordeler seg i forhold til kalsiuminndelingen i utkast til NiN 3.0 for limnisk. Totalt 129 (61 %) av lokalitetene hadde mer enn 20 mg Ca/l. **Figur 3.2** viser fordelingen i forhold til fargeinndelingen (humus) i NiN. Åttiseks av lokalitetene hadde mer enn 30 mg Pt/l, som regnes som humøse i NiN. Av de 156 lokalitetene som var analysert for farge, var det 37 (22 %) lokaliteter med mer enn 30 mg Pt/l, og som samtidig hadde kalsiuminnhold over 20 mg/l. Kun en av lokalitetene hadde turbiditet >10 mg STS/L, dvs. regnes som turbid i NiN 2.0. To lokaliteter hadde turbiditet mellom 5 -10 mg STS/L. De resterende 153 lokalitetene hadde turbiditet < 5 mg STS/L og regnes som klare i utkast til NiN 3.0. De tre med turbiditet over 5 mg STS/L hadde alle mer enn 20 mg Ca/l og mer enn 40 mg Pt/l.



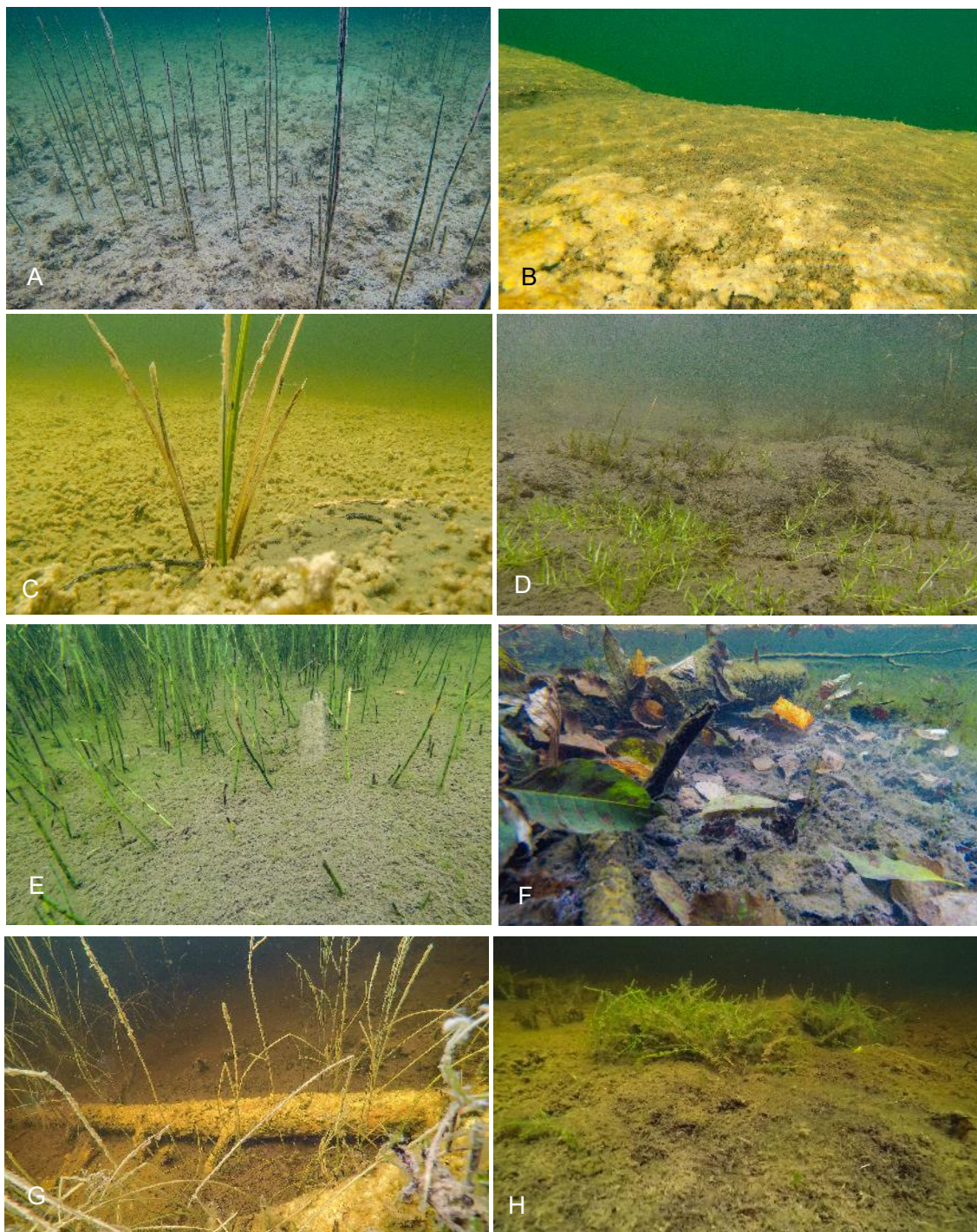
Figur 3.1. Fordelingen av de 210 nye kartlagte lokalitetene i forhold til NiNs trinninndeling for kalsiuminnhold (Utkast til NiN 3.0).



Figur 3.2. Fordeling av de 156 nye kartlagte lokalitetene i forhold til NiNs trinninndeling for farge (Humus, utkast til NiN 3.0).

3.2 Innsjøbunn

Under kartlegging av dammer og tjern ble det forsøkt å dele inn bunnsedimentene etter forslaget til ny typeinndeling i NiN 3.0 for ferskvann (Halvorsen upublisert). Det viste seg å være vanskelig å skille mellom torvmyrsbunn med kalk og kalkgytje. Det var også vanskelig å skille grov organisk bunn fra gytje og torvmyrsbunn. For spesialbunn må det lages indikatorer som kan brukes i felt for å skille de ulike typene. Vi har derfor i denne rapporten kun valgt å vise bilder av utvalgte typer som illustrerer den store variasjonen i bunntyper for svært kalkrike dammer (**Figur 3.2**).



Figur 3.2. Innsjøbunn fra undersøkte dammer i 2019. A) Dam 1, Suoidnejavri, Porsanger, kalsium 29 mg/l farge 10, kalkgytje. B) Jordbrutjønnan, Sør Reisa, kalsium 46 mg/l, farge 7, kalkgytje. C) Igletjern, Lillehammer, kalsium 23 mg/l, farge 12, kalkgytje. D) Stor dam Søndre Hegge, Gjøvik, kalsium 84 mg/l, farge 8, siltholdig kalkgytje. E) Lamy, Lier, kalsium 30 mg/l, farge 28, kalkholdig myrtorv og silt. F) Griseruddammen, Lier, kalsium 130 mg/l, myrtorv/kalkgytje med dominans av grovt organisk. G) Lille Tørrvatnet, Nordreisa, kalsium 35 mg/l, farge 41, myrtorv. H) Vintortjern, Kongsberg, kalsium 28 mg/l, farge 44, kalkholdig myrtorv. Foto Børre K. Dervo/NINA ©

4 Vannplanter

4.1 Artssammensetning og artsantall

Kalsiuminnholdet i vann er en av viktigste miljøvariablene for variasjoner i artssammensetning av vannplanter (Mjelde 1997, **figur 4.1**). Kalsium er godt korrelert med alkalinitet og pH og gjen-speiler først og fremst de ulike artenes og livsformgruppenes krav eller mulighet til karbonkilde.

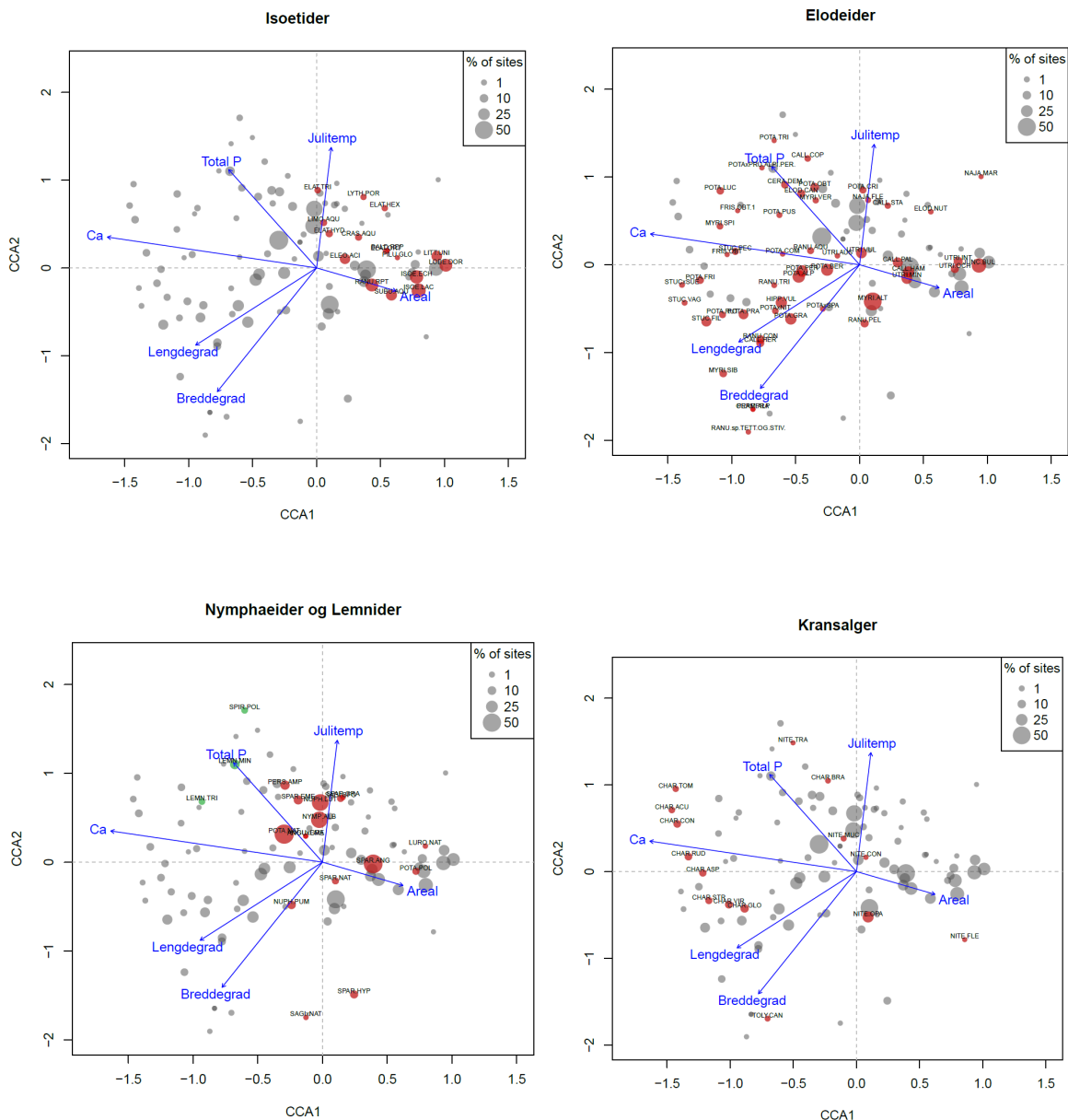
Artene benytter ulike karbonkilder; vann, luft og sediment, og har ulike opptaksmekanismer og tilpasninger (Madsen & Sand-Jensen 1991, Brouwer m.fl. 2002). Isoetidene tar opp CO₂ fra sedimentet via røttene, mens nymphaeidene har flyteblad som muliggjør opptak av CO₂ fra lufta. Små planter, som pusleplantene (de minste isoetidene), kan benytte vannet like over sediment-overflaten hvor konsentrasjonen av CO₂ er høyere enn i resten av vannsøylen (Maberly & Spence 1983). Elodeidene har ulike karbonkilder og varierende tilpasninger. De fleste elodeidene er HCO₃-brukere. De har svært små røtter eller mangler røtter og er avhengig av karbonopptak fra vannet. Elodeidene er derfor de første plantene som forsvinner ved forsuring. Enkelte elodeider (eks. *Utricularia* spp. og noen *Callitriche*-arter) er imidlertid tilpasset CO₂ opptak ved fint oppdelte blad, samt utvikling av flyteblad eller overvannsskudd.

For artsantall er innsjøstørrelse den klart viktigste miljøvariabelen, men også her er kalsium en viktig parameter (Rørslett 1991). I svært kalkfattige innsjøer er som regel antall arter svært lavt, og domineres av CO₂-brukere, først og fremst isoetider. Artsantallet øker opp mot ca. 15-20 mg/l, hvor både HCO₃- og CO₂-brukere er tilstede (**Figur 4.2**). Særlig elodeidene er artsrike i innsjøer ved midlere kalsiuminnhold. Ved ytterligere økning av kalsiuminnholdet skjer det en generell reduksjon i artsantall. Dette kan delvis skyldes fosforbegrensning, siden kalsiumkarbonat i vannet kan felle eller binde fosfor slik at dette blir utilgjengelig for plantene (Forsberg 1965). Kalkutfelling på bladene kan også være problematisk for enkelte karplanter. Dessuten er substratet i de svært kalkrike innsjøene, særlig de små lokalitetene, ofte dominert av løs kalkmergel eller kalkgytje, som er uegnet for de fleste karplantene, men som kransalgene i slekta *Chara* fint kan vokse på. Kransalgene bruker HCO₃ som karbonkilde og tar opp fosfor og nitrogen fra sedimentet via rhizoidene, i tillegg til skuddopptak fra vann. Selv om skuddopptaket er større enn rhizoidopptaket, kan kransalgene vokse raskt bare på fosforopptak via røttene (Wüstenberg m.fl. 2011). Dette og redusert konkurranse med karplanter kan være noe av årsaken til at de fleste (lite påvirkede) kalksjøer er dominert av *Chara*-arter.

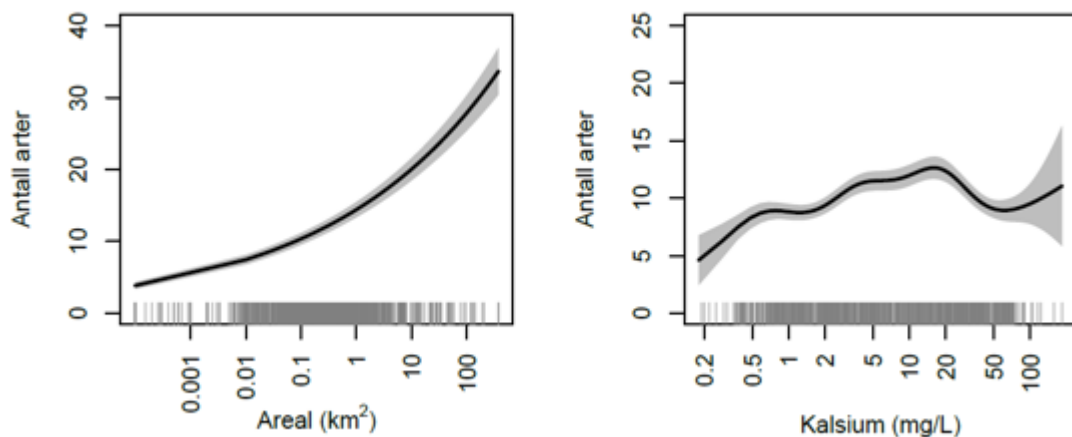
De aller fleste isoetidene, f.eks. *Littorella uniflora* og *Isoetes lacustris*, forekommer bare i innsjøer med kalsium <10 mg/l, mens de fleste elodeidene er vanligst i innsjøer >10 mg Ca/l, og for moderat kalkrike og kalkrike innsjøer er elodeidene og kransalgene de viktigste gruppene (**Figur 4.3**).

Flere av elodeidene har sitt hovedhabitat, eller forekommer bare, i svært kalkrike innsjøer, f.eks. *Myriophyllum spicatum*, *Potamogeton lucens*, *P. friesii*, *Stuckenia filiformis* og *S. pectinata*, mens arter som *Juncus bulbosus* og flere *Utricularia*-arter er knyttet til svært kalkfattige, gjerne forsurrede innsjøer.

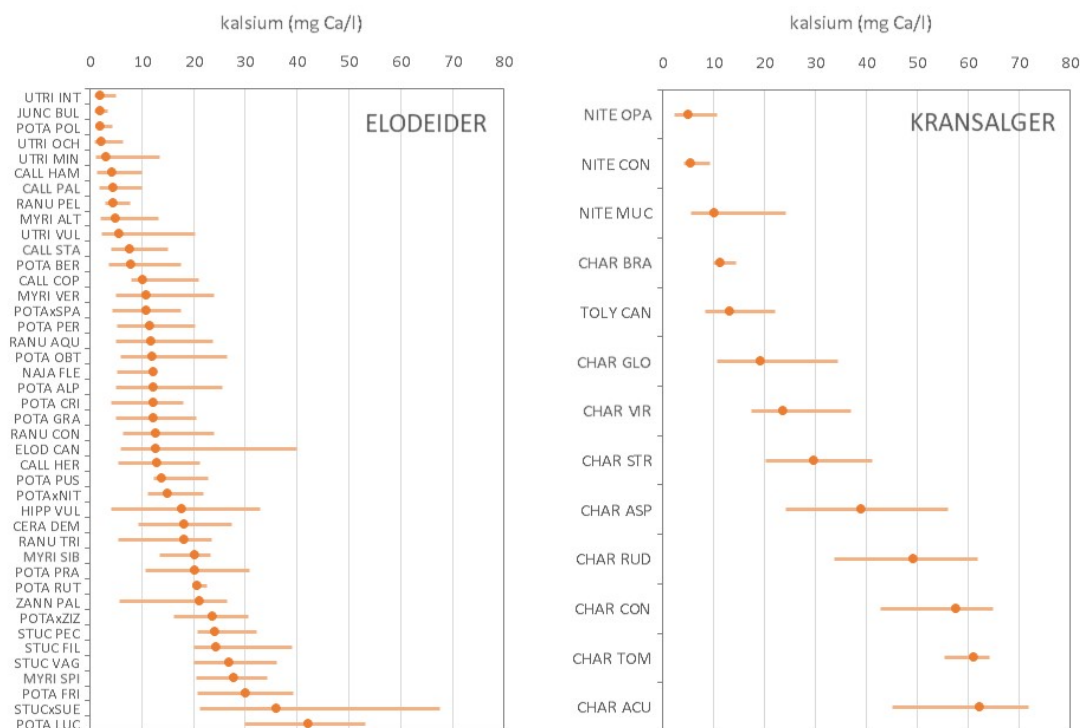
De fleste kransalgene særlig innenfor slekta *Chara*, f.eks. *Chara rudis* og *C. tomentosa*, er sterkt knyttet til de svært kalkrike innsjøene, ved kalsium mer enn 20 mg/l (**Figur 4.3**). Noen ser også ut til å bare forekomme ved kalsium >40 mg/l. Den vanligste kransalgen i Norge, *Nitella opaca*, derimot finnes stort sett bare i kalkfattige innsjøer, men ikke i forsurrede innsjøer med pH<5 (Lindstrøm m.fl. 2004).



Figur 4.1. Fordeling av arter i forhold til de viktige gradienter. Øverst: isoetider, elodeider, nymphaeider og lemnider og nederst kransalger. Artskodene er forklart i vedlegg. Ca=kalsium, Total P=total fosfor, Areal = innsjøareal, Julitemp= midlere maks temperatur for juli. Ordinasjonsanalysen er basert på arts- og miljøvariabeldata fra 915 innsjø-år. (figur hentet fra Mjelde & Thrane 2019).



Figur 4.2. Predikert effekt av innsjøareal og kalsium på artsantall fra en generalisert additiv modell (GAM) hvor areal, kalsium, total fosfor og gjennomsnittlig maksimal julitemperatur (alle forklaringsvariabler log-transformert) er inkludert (figur hentet fra Mjelde & Thrane 2019).



Figur 4.3. Artenes fordeling langs kalsiumgradienten innenfor livsformgruppene elodeider og kransalger. Oppgitt som 25, 50 og 75 persentiler. Bare arter med forekomst i mer enn 5 innsjøer er inkludert. Viktig å være oppmerksom på at figurene viser 25 og 75 persentiler, dvs. det kan være enkelte lokaliteter hvor artene finne ved lavere evt. høyere kalsiuminnhold enn vist her (figur hentet fra Mjelde & Thrane 2019).

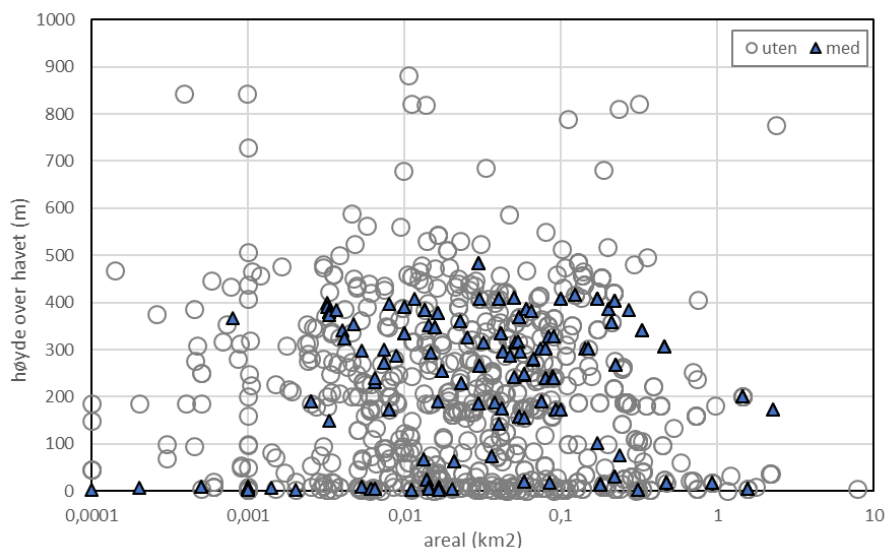
4.2 Innsjøarealet og artsantallet

Innsjøareal har stor betydning for artsantallet (**Figur 4.2**), og det stemmer godt overens med tidligere undersøkelser, se f.eks. Rørslett (1991) og Mjelde (1997). Store innsjøer har flere ulike habitater i forhold til de små, noe som gir opphav til levevilkår for arter med ulike krav.

Artsantallet er særlig lavt i enkelte svært små lokaliteter hvor fare for tørrlegging av hele vannforekomsten kan være stor (avhengig av dybdeforholdene) eller i (svært) humøse små innsjøer med bare organisk løst substrat. Dette gjelder sannsynligvis helst de minste lokaliteter, mindre enn 0,0001 km² (10 x 10 m).

Også for kalkrike innsjøer, dammer og tjern har innsjøarealet stor betydning for forekomsten av artene. Ut fra **figur 4.4** nedenfor kan det se ut som om det er en nedre arealgrense for forekomst av store *Chara*-arter (dvs. *C. aculeolata*, *C. hispida*, *C. polyacantha*, *C. rudis* og *C. tomentosa*) i kalkrike lokaliteter. Unntaket er noen mindre forekomster 1-2 moh. Dataene som er brukt her er imidlertid foreløpige og inkluderer en rekke lokaliteter som er undersøkt med noe avvikende feltmetodikk. Dersom det f.eks. ikke benyttes båt i de noe større lokalitetene er det mulig at de store *Chara*-artene overses ved prøvetakingen.

Hvorvidt karplantene som er tilknyttet kalkrike lokaliteter viser samme bilde er ikke vurdert.



Figur 4.4. Forekomst av store *Chara*-arter i forhold til innsjøareal og høyde over havet i kalkrike lokaliteter. Data fra foreliggende prosjekt sammenstilt med data fra NIVAs database.

Muligens er det også en høydegradient i artsforekomstene; de store *Chara*-artene er bare registrert lavere enn 500 moh. Imidlertid kan dette skyldes andre forhold, f.eks. forskjell mellom regioner. Det er behov for noe mer omfattende analyser for å klargjøre betydningen av regionale forskjeller i forhold til effekter av areal og høyde over havet.

Foreliggende prosjekt har også muliggjort en enkel sammenlikning mellom ulike feltmetodikk. I de fleste lokalitetene som i 2019 ble undersøkt med hensyn på vannplanter ble det bare foretatt innsamlinger ved hjelp av kasterive fra land og av personell med begrenset erfaring med kartlegging av vannplanter. For noen få av disse lokalitetene finnes det tidligere undersøkelser av vannvegetasjon. En enkel sammenlikning viser lavere artsantall i 2019, noe som kan skyldes at innsats og metodikk ikke har vært tilstrekkelig for å oppdage alle arter av vannplanter.

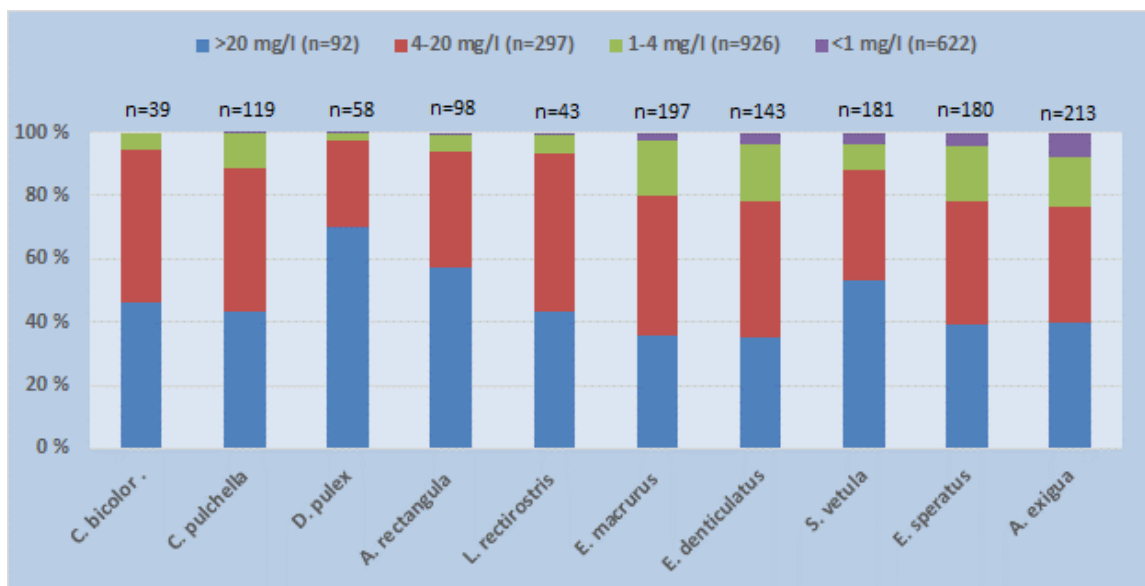
5 Krepsdyr

5.1 Krepsdyr og kalsium

Det er vist at kalsium er et viktig element i skallet på en rekke krepsdyrarter, både hos planktoniske arter (Wærvågen m. fl. 2002), men også hos de artene om lever inne i strandsonen (Shapiera m.fl. 2011). Det er imidlertid stor variasjon mellom de forskjellige artene med hensyn Ca-tørrvekt i skallet. Hos de planktoniske artene har dafniene et gjennomgående høyt innhold av kalsium og ifølge Wærvågen m.fl. (2002) utgjorde kalsium nær 4,5% av skallet (tørrvekt) hos kjempedafnia *D. magna*. Til sammenligning var tilsvarende andel kun 0,1% hos *gelekreps Hologopedium gibberum*. Denne arten er ifølge Hutchinson (1967) kjent som en kalkskyende art, som ikke er funnet i svært kalkrike sjøer.

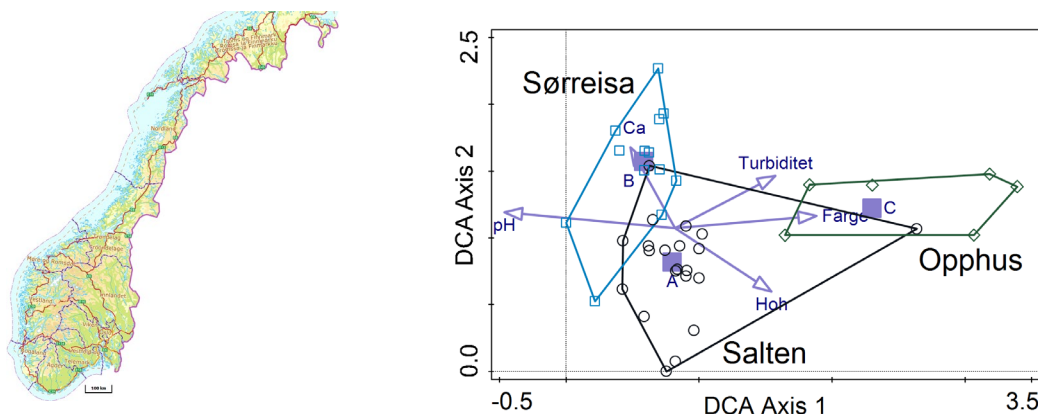
Hos litorale arter ble det også målt store forskjeller i innhold av kalsium i skallet (Shapiera m.fl. 2011). Harpekreps *Acroperus harpae*, dvergstripekrepes *Alonella excisa* og sandkulekreps *Chydorus piger* er eksempler på arter med lavt innhold av kalsium i skallet (< 5mg/g tørrvekt). Siden denne undersøkelsen er *C. piger* skilt ut som egen slekt, *Paralona pigra* (Damme ..). Gebisskreps *Pleuroxus truncatus* og slekten *Diparalona* sp er eksempler på taxa som har et høyt innhold av kalsium i skallet (20-25 mg/g tørrvekt). I Norge har vi kun langsnutekrepes *D. rostrata* som tilhører sistnevnte slekt.

Det foreligger data fra 1 937 vann i Norge med informasjon om kalsium. Når vi fordeler disse etter kategoriene brukt i typiseringen av ferskvann får vi; 92 kalkrike (>20 mg Ca/l), 197 moderat kalkrike (4-20 mg Ca/l), 926 kalkfattige (1-4 mg Ca/l) og 622 svært kalkfattige (<1 mg Ca/l) innsjøer. Artenes forekomst (%) innen hver av disse kategoriene ble beregnet og sortert etter økende frekvens for de svært kalkfattige. De artene som på landsbasis forekommer med lavest frekvens i svært kalkfattige lokalitetene, er vist i **figur 5.1**. Figuren viser at det er en rekke vanlig forekommende arter som er sterkt overrepresentert i kalkrike og svært kalkrike lokaliteter og knapt påvist svært kalkfattige lokaliteter. Eksempler på to slike arter er møkkadamdafnie *Daphnia pulex* (n=119) og brunstripenebbkreps *Alona rectangula* (n=93).

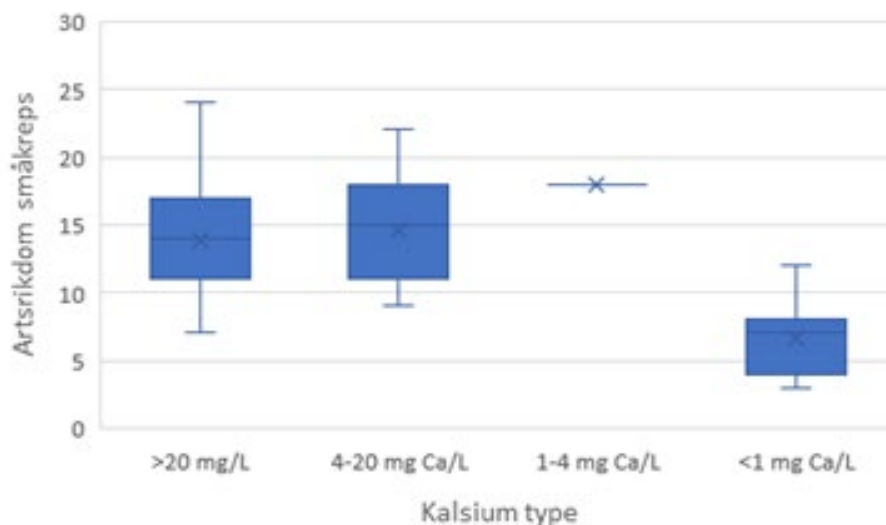


Figur 5.1. Ti arter som på landsbasis forekommer med lavest frekvens i svært kalkfattige lokaliteter.

Fra tre delområder, Sørreisa (n=13), Salten (n=21) og Opphus (n= 6), der berggrunnen ifølge prediksjonsmodellen består av kalkrike bergarter, ble det i tillegg til vannprøver også innsamlet krepsdyrprøver. En DCA-analyse basert på tilstedeværelse/avvik av arter og der miljøvariabler er lagt inn passivt, resulterte i at de tre områdene fordelte seg langs 1-aksen, riktignok med noe overlapp (**Figur 5.2**). Plottet viser en tydelig gruppering langs 1-aksen i forhold til geografisk beliggenhet i landet og pH forklarer mye av variasjonen. I ettertid viste det seg at lokalitetene i Opphus var kalkfattig/svært kalkfattige til tross for at de ligger i et område med kalkrik berggrunn. **Figur 5.3** viser at artsrikdommer er lavest i lokaliteter med kalsiumkonsentrasjon under 1 mg/l.



Figur 5.2. DCA-ordinasjon av krepsdyrfaunaen til 40 vannforekomster i tre delområder (Salten, Sørreisa og Opphus).



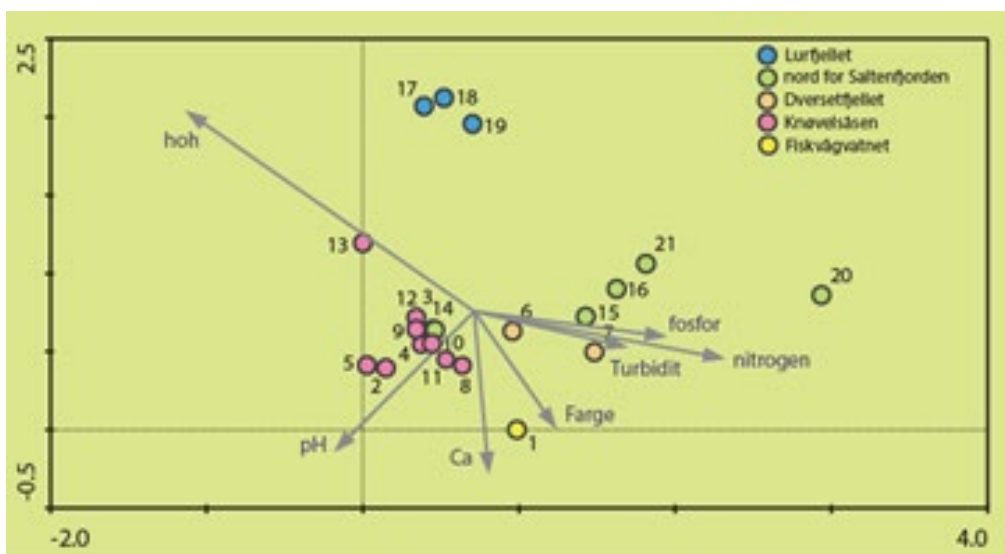
Figur 5.3. Boksplot av artsrikdom i forhold til kalsiumkonsentrasjon. NiNs typerne trinninndeling for kalkinnhold for typerne litt kalkfattig (1-2 mg Ca/L) og intermediær (2-4 mg Ca/L) er slått sammen til en kategori (1-4 mg Ca/L).

Figur 5.4 viser en DCA-analyse for 21 lokaliteter i Salten der halvparten var svært kalkrike (>20 mg Ca/l) og de resterende med unntak av ett vann var moderat kalkrike (4-20 mg Ca/l). **Figur 5.5** viser bilde fra et navnløst vann på Jarbruheia.

De tre artene smaløyedovendafnie *Simocephalus vetulus* (ni vann), snegledvergekrepss *Alonella exigua* (11 vann) og langhalehops *Eucyclops macrurus* (16 vann) var vanlige i kalklokalitetene i Salten og som det framgår av **figur 5.1** er de sterkt overrepresentert i kalkrike og moderate

kalkrike lokaliteter på landsbasis. De to førstnevnte var vanlig forekommende i flere vann, mens *E. macrurus* var dominant i hele fem av vannene. I hvilken grad det er kalsium som er utslagsgivende for at arten forekommer er vanskelig å si da kalsium ofte korrelerer med andre ioner og næringsalter.

Snabelkreps *Bosmina longispina* (16 lokaliteter), kuledvergkreps *Alonella nana* (10 lokaliteter), stripedvergkreps *Alonella excisa* (14 lokaliteter), klarvannskreps *Alonopsis elongata* (11 lokaliteter) og spasmehops *Heterocope saliens* (16 lokaliteter) er arter som på landsbasis er svært vanlige og som forekommer med lavest frekvens i de kalkrike lokalitetene. I vår undersøkelse var de ofte vanlig forekommende og kunne også dominere. Det er rimelig å anta at grunnen til at de er underrepresentert i kalkrike lokaliteter skyldes en kombinasjon av konkurranse og at mange av de kalkrike vannene ofte har høy belastning av næringsalter noe som også kan utelukke enkelte arter



Figur 5.4. DCA-ordinasjon av krepsdyrfaunaen (forekomst/fravær) til 21 vannforekomster i Salten.

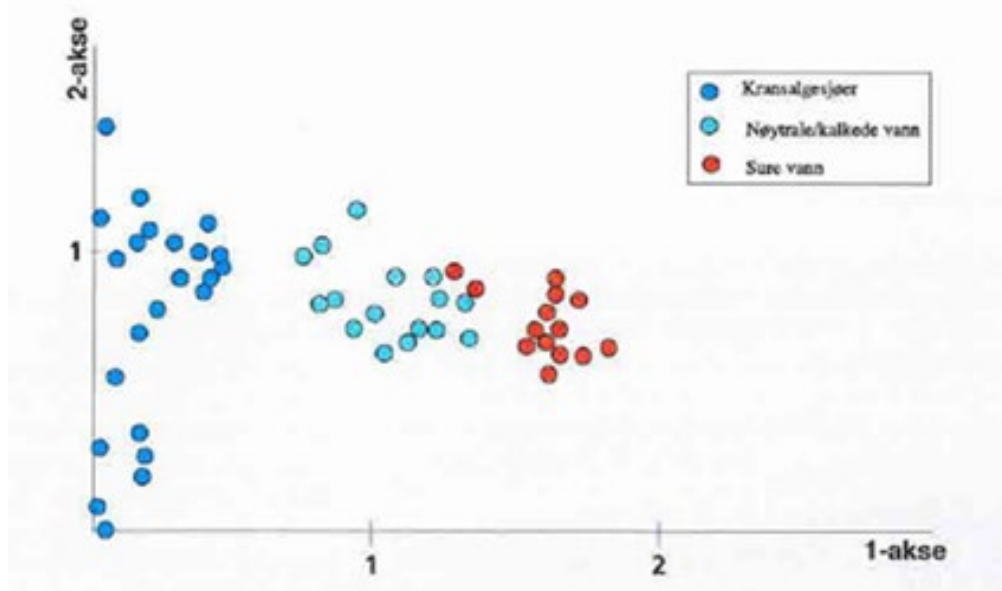


Figur 5.5. Navnløst vann på Jarbruheia i Saltdal kommune. Foto Bjørn Walseng/NINA ©

I Salten-lokalitetene varierte pH mellom 7,2 og 8,2, med et gjennomsnitt på pH 7,9. Tre vann over tregrensen var de klareste (<2 mg Pt/l) mens en myrdam vest av Rognan og en dam ved Saltstraumen hadde de høyeste fargetallene, respektive 48 og 47 mg Pt/l. Med hensyn til fosfor og nitrogen skilte dammen ved Saltstraumen seg ut med meget høye verdier, respektive 150 µg P/l og 1010 µg N/l. Et større datasett som inkluderer vannkjemiske data og krepsdyrundersøkelser vil kunne gi oss mer kunnskap om koblingen krepsdyr og kalsium-konsentrasjonen.

En studie fra kalkrike lokaliteter på Hadeland bekrefter at svært kalkrike lokaliteter har en særegen fauna (Walseng m.fl. 2002). En DCA-analyse (tilstede/fravær data) av 12 kransalgesjøer samt 15 vann fra Østfold bestående av sure ukalkede vann, kalkede vann og referansevann viser at de 12 kransalgesjøene er klart adskilt fra de to referansevannene i Østfold og plassert i motsatt ende av 1-aksen i forhold til de sure, ukalkede lokalitetene (**Figur 5.6**). Det er her ikke gjort analyser med tanke på hvilke variabler som resulterer i at kransalgesjøene sprer seg langs 2-aksen.

Som en konklusjon kan vi oppsummere at de svært kalkrike lokalitetene har en artssammensetning som skiller seg fra klart fra kalkfattige/svært kalkfattige lokaliteter. Mer kunnskap trengs for å avklare viktigheten av kalsium da denne variabelen ofte er korrelert med både næringssalter og andre ioner.



Figur 5.6. DCA-ordinasjon av krepsdyrfaunaen (forekomst/fravær) i 12 kransalgesjøer og 15 lokaliteter i Østfold med variasjon i pH (hentet fra Walseng m.fl. 2002).

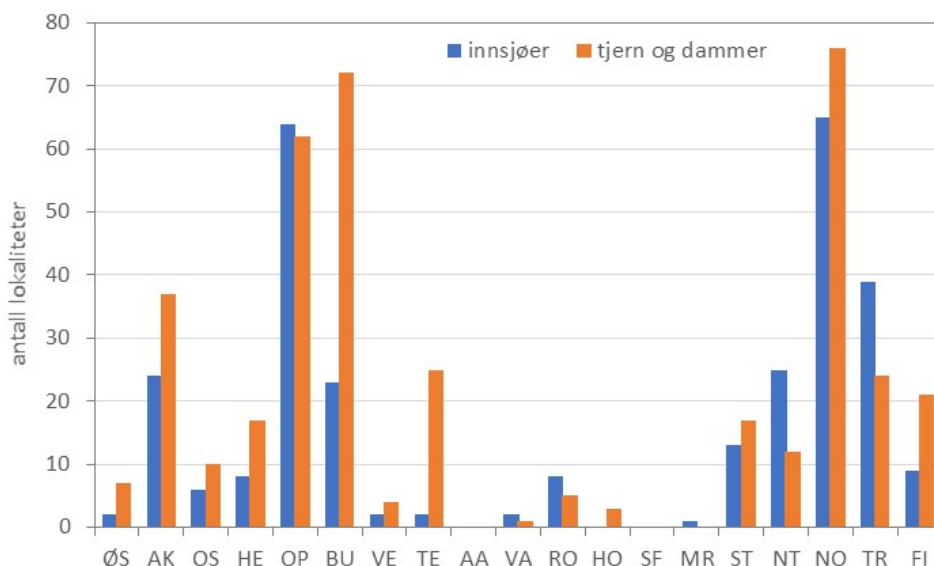
6 Kunnskapsstatus kalkrike innsjøer, dammer og tjern

Dagens kunnskap om biologisk mangfold i kalkrike vannforekomster er basert på «Statusliste kalksjøer», oppdatert mars 2020 (Mjelde, upubl.). Lista har tatt utgangspunkt i tilgjengelige rapporter og artikler som omhandler kalksjøer, tjern og dammer i Norge. Statuslista omfatter bare sikre kalkrike lokaliteter, slik at vannforekomster uten vannkjemiske data er ekskludert (dersom det ikke er åpenbart at de er kalkrike).

Størstedelen av undersøkelsene er foretatt av Anders Langangen. Han har vært Norges ubestridte ekspert på kransalger helt siden 1960-tallet, da han startet feltregistreringene knyttet til hovedfagsarbeidet: «Characeer i Sør-Norge». I tillegg ble det i perioden 2009-2015 gjort en rekke nyregistreringer og analyser i forbindelse med Handlingsplanen for kalksjøer (DN 2011). I Handlingsplanen og i registreringene i forbindelse med denne er kransalger, og til en viss grad karplanter, samt vannkjemisk, prioritert, og lokalitetene er kartlagt etter «Veileder for inventering av kalksjøer» (Mjelde m.fl. 2010). Enkelte kalkrike dammer og tjern er kartlagt etter DN-håndbok 13. Kalkrike dammer registrert i forbindelse med kartlegging og overvåking av storsalamander er inkludert. Likeså lokalitetene som ble undersøkt i 2019 i forbindelse med foreliggende prosjekt. Det finnes noen flere datasett hvor kalkrike dammer og tjern er inkludert, men som pr i dag ikke er tilgjengelige for oss, f.eks. Jan Økland (1990) «Lakes and Snails: Environment and Gastropoda in 1500 Norwegian Lakes, Ponds and Rivers».

Pr mars 2020 er det registrert 689 kalkrike innsjøer, tjern og dammer i Norge, fordelt på 17 fylker (**Figur 6.1**). Av disse er 293 kalksjøer (areal >0,025 km²) og 396 tjern og dammer (<0,025 km²). Noe av lokalitetene er undersøkt flere år slik at vi totalt har data for 1180 innsjø-år.

I 2016 var 153 lokaliteter karakterisert som utvalgt naturtype. Etter den tid er det tilkommet flere kalkrike lokaliteter, også noen som er karakterisert som utvalgt naturtype. Vi har ikke oversikt over hvor mange av dagens 689 lokaliteter som kan karakteriseres som utvalgt naturtype.



Figur 6.1. Antall kjente kalkrike innsjøer, tjern og dammer fordelt på fylker (gammel fylkesinndeling). N=689. Oppdatert mars 2020.

De viktigste kalksjøfylkene er Oppland og Nordland. Imidlertid det ut til at Buskerud, i tillegg til Nordland, er et viktig fylke for de små vannforekomstene.

Det er foreløpig ikke foretatt noen vurdering av tilstanden til de 689 kalkrike vannforekomstene. Mjelde (2016) anslo at 49% av de utvalgte kalksjøene (UN) var i god eller bedre tilstand. Vi antar at tilsvarende tall for kalkrike vannforekomster generelt er mye lavere. Det vil også være store regionale forskjeller, f.eks. er det grunn til å tro at lokalitetene i f.eks. Oslo og Akershus generelt har dårligere tilstand enn de nord-norske lokalitetene.

I registreringene i forbindelse med handlingsplanen for kalksjøer (DN 2011), ble kransalger, og til en viss grad karplanter, samt vannkjemi, prioritert. I de nye registreringene i 2019 ble det også fokusert på zooplankton.

Tabellene 6.1 og 6.2 gir oversikt over hvor mange av de kjente kalksjøene og kalkrike dammer og tjern hvor det er god kunnskap om hhv. kransalger, karplanter, zooplankton og vannkjemi. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at registreringer og data for enkelte av lokalitetene er mer enn 10 år gamle og kan være utdaterte (grunnet ulike påvirkninger, f.eks. eutrofiering, nedbygging). Dessuten er feltmetodikken noe variabel for flere lokaliteter slik at artskunnskapen kan være mangelfull.

Tabell 6.1. Fylkesvis (gammel inndeling) fordeling av kjente kalksjøer (areal >0,025 km²). Totalt antall er oppgitt, samt andel (%) lokaliteter med god kunnskap om organismegruppene kransalger (KRANS), karplanter (KARPL), zooplankton (ZOOPL) og vannkjemi. Lokaliteter med spredte data er ikke inkludert.

Fylker	Antall	andel (%)			
	lokaliteter	KRANS	KARPL	ZOOPL	Vannkjemi
Østfold	2	0	0	0	100
Akershus	24	92	75	0	100
Oslo	6	67	50	0	100
Hedmark	8	88	13	0	100
Oppland	64	98	67	0	78
Buskerud	23	100	30	0	87
Vestfold	2	100	50	0	100
Telemark	2	100	50	0	100
Aust-Agder	0	-	-	-	-
Vest-Agder	2	50	0	0	0
Rogaland	8	88	63	0	88
Hordaland	0	-	-	-	-
Sogn og Fjordane	0	-	-	-	-
Møre og Romsdal	1	0	0	0	0
Sør-Trøndelag	13	69	38	46	54
Nord-Trøndelag	25	92	60	0	68
Nordland	65	72	48	9	63
Troms	39	95	38	13	85
Finmark	9	78	67	0	44
TOTALT	293	87	52	6	76

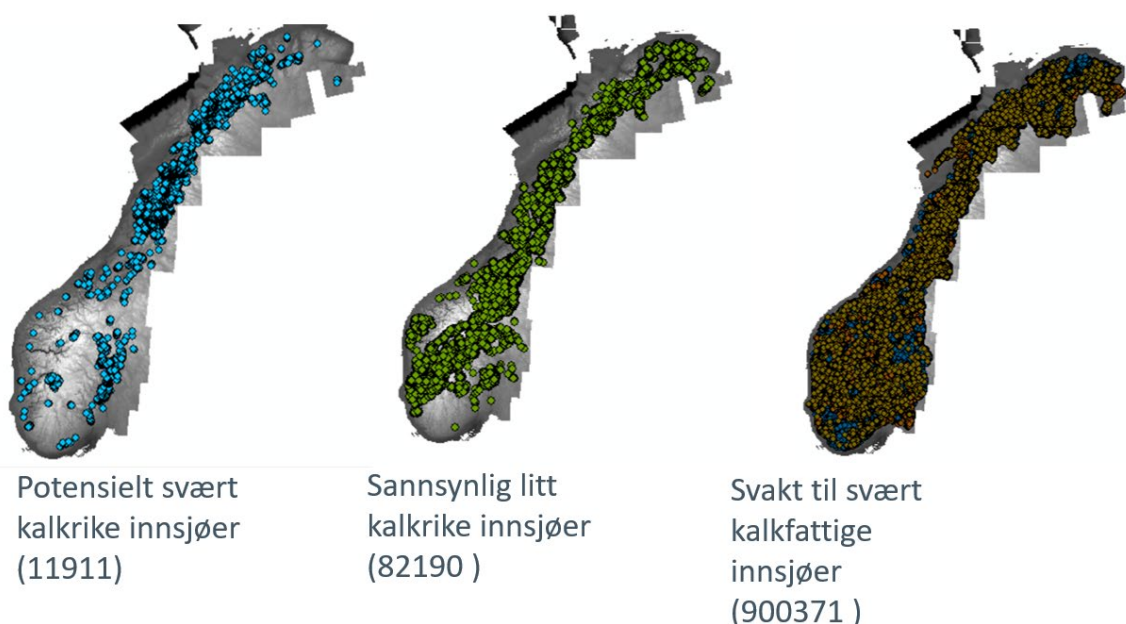
Tabell 6.2. Fylkesvis fordeling av kjente kalkrike dammer og tjern (areal <0,025 km²). Totalt antall lokaliteter er oppgitt, samt andel (%) lokaliteter med god kunnskap om organismegruppene kransalger (KRANS), karplanter (KARPL), zooplankton (ZOOPL) og vannkjemi. Lokaliteter med spredte data er ikke inkludert. *: noen eller alle kan være saltvannspåvirket.

Fylker	Antall	Andel (%)			
	lokaliteter	KRANS	KARPL	ZOOPL	Vannkjemi
Østfold	7*	100	0	0	100
Akershus	38	50	16	3	42
Oslo	11	64	55	9	36
Hedmark	17	100	6	0	82
Oppland	62	87	31	11	32
Buskerud	72	33	7	28	78
Vestfold	4	100	0	0	100
Telemark	25	96	0	0	96
Aust-Agder	0	-	-	-	-
Vest-Agder	1	100	0	0	100
Rogaland	5*	100	0	0	100
Hordaland	3	100	0	0	100
Sogn og Fjordane	0	-	-	-	-
Møre og Romsdal	0	-	-	-	-
Sør-Trøndelag	17	24	12	12	12
Nord-Trøndelag	12	100	50	0	58
Nordland	76	75	18	7	55
Troms	25	88	48	40	80
Finnmark	21	52	48	5	43
TOTALT	396	68	20	12	59

7 Prediksjonsmodellering

7.1 Innsjøantall og -typer

Sammenligningen mellom N50 vann, og det økologiske grunnkart kalkinnhold klasse 5, ga 11 911 potensielt *svært* kalkrike innsjøer i Norge (> 20 mg Ca/l)(**Figur 7.1**). Av disse var 1 336 lokaliteter større enn 0,025 km², 5 278 lokaliteter mellom 0,025 og 0,001 km² og 5 297 lokaliteter mindre enn 0,001 km². Det samlede arealet ble beregnet til 218,49 km², med en fordeling på henholdsvis 179,11 km², 24,19 km² og 2,60 km² for de samme tre størrelseskategoriene. Sannsynlig litt kalkrike innsjøer (klasse 4 i det økologiske grunnkartet, jf. tabell 2.3), ga i tillegg 82 190 potensielt rike kalksjøer (4-20 mg Ca/l). De resterende 900 371 innsjøene representerer potensielle intermediær til svært kalkfattige innsjøer (< 4 mg Ca/l)(**Figur 7.1**).



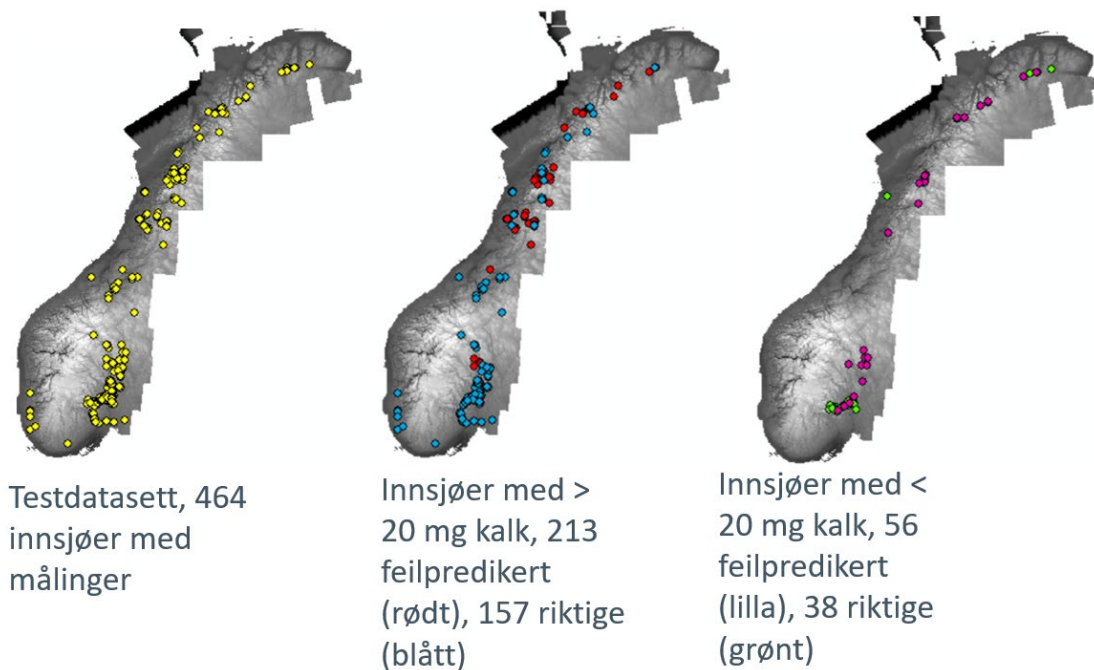
Figur 7.1. Oversikt for potensielt kalkinnhold i Norske innsjøer

Vi har i den videre modelleringen konsentrert oss om å predikere svært kalkrike innsjøene. Ved hjelp av modellen har vi skilt lokalitetene i testdatasettet i riktige og feilpredikerte lokaliteter og brukt dette til å forbedre modellen for de potensielt svært kalkrike lokalitetene.

7.2 Testing av prediksjonsmodellen og ekskludering av lokaliteter

Det uavhengige testdatasettet består av 464 innsjøer, dammer og tjern med kjemiske målinger som inkluderer kalsiuminnhold. Av disse innsjøene hadde 370 et kalsiuminnhold over 20 mg/l og dermed klassifisert som *svært* kalkrike. Nittiåtte av innsjøene hadde et lavere kalsiuminnhold, og er derfor ikke klassifisert som *svært* kalkrike.

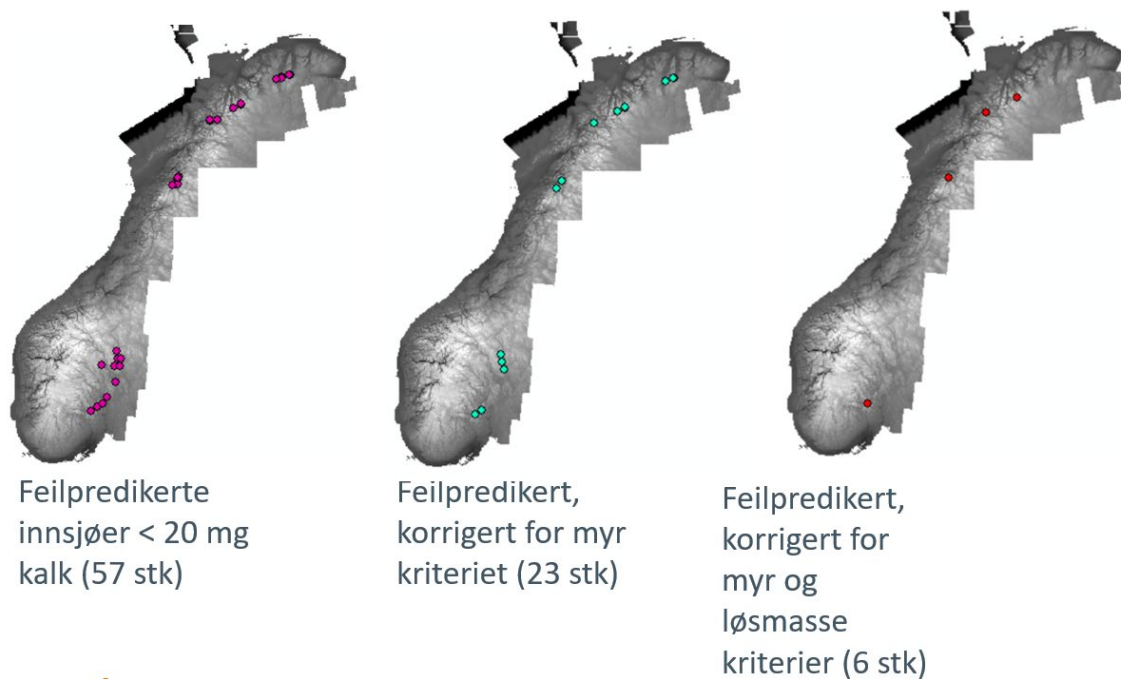
Ved test av de 11 911 innsjøene som ble utplukket i det første trinnet i prediksjonsmodellen, sammenligningen av innsjøkartbasen med den mest kalkrike klassen i det økologiske grunnkartet, ble resultatet riktig i 195 tilfeller og feil for 269 innsjøer. Resultatet fordelt på de svært kalkrike innsjøene var 157 riktige og 213 feilpredikerte og fordelt på de resterende ikke svært kalkrike innsjøene 38 riktige og 56 feilpredikerte (**Figur 7.2**).



Figur 7.2. Oversikt over det uavhengige testdatasettet, både riktige og falske positive og negative prediksjoner

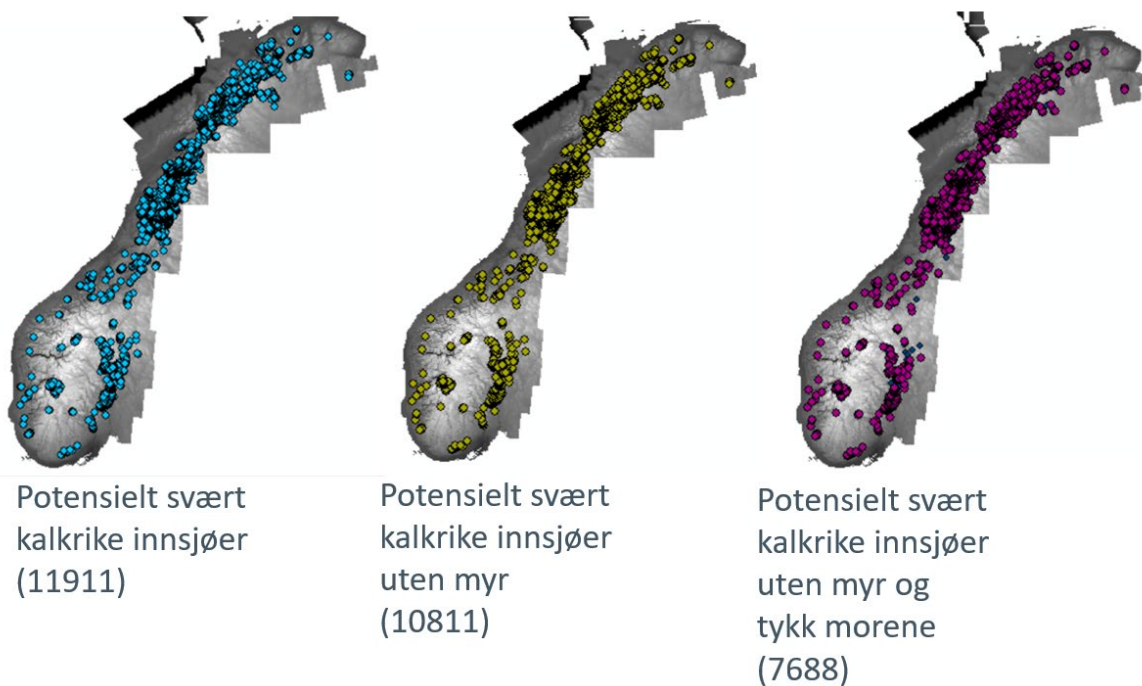
Det ble så kjørt to separate ekskluderingsprosesser, med litt forskjellig ekskluderingskriteriene, for henholdsvis testdatasettene med kalsium < 20 mg og kalsium > 20 mg.

For de ikke svært kalkrike innsjøene ble antallet feilpredikerte innsjøer redusert fra 56 til 23 stykker ved å bruke ekskluderingskriteriet for dominans av myr i mer enn 50 % av det omliggende arealet rundt innsjøene. Ved samme prosess, ved å ekskludere innsjøer dominert med tykk og for så deretter tynn morene, ble antallet falsk positive svært kalkrike innsjøer reduserte til 6 stykker. Videre ekskludering med de siste kriteriene endret ikke mer på dette resultatet (**Figur 7.3**).

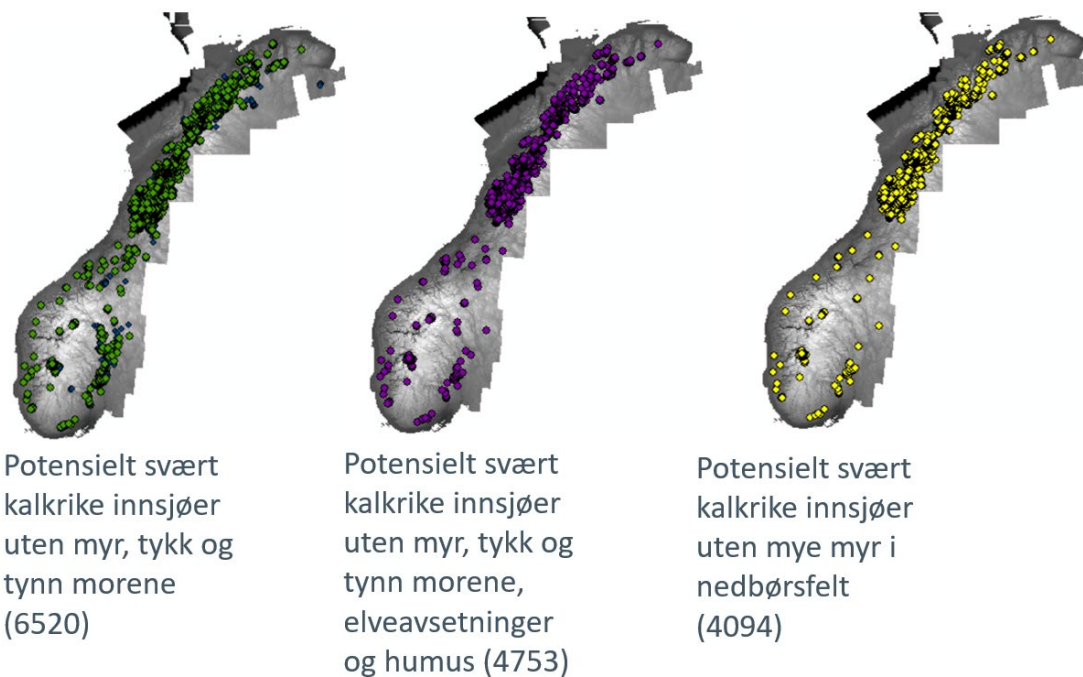


Figur 7.3. Resultater fra det uavhengige datasettet for korrigeringer av prediksjonsmodellen for ikke-svært kalkrike innsjøer

Ved å korrigere for dominans av myr rundt innsjøene, reduserte korreksjonen antallet potensielt svært kalkrike innsjøer med 1 100 lokaliteter til totalt 10 811 innsjøer. Videre ble antallet potensielle lokaliteter redusert ved å fjerne de innsjøene som hadde dominans av tykk morene. Dette førte til 7 688 gjenstående potensielt svært kalkrike innsjøer. Eksklusjon av innsjøer som lå i områder dominert med tynn morene reduserte antallet potensielle svært kalkrike innsjøer til 6 520. Når vi også korrigerer antallet ved å fjerne innsjøer i områder dominert av elveavsetninger, og områder dominert av humus, ble det resterende potensielle antallet på svært kalkrike innsjøer 4 753. Den siste runden med ekskludering som ble gjort var å fjerne innsjøer som hadde mer enn 50 % av myr i sitt nedbørsfelt. Sluttproduktet eller prediksjonsmodellen, etter at alle korrigeringer og ekskluderinger nevnt ovenfor var utført, endte opp med 4 094 potensielt svært kalkrike innsjøer i Norge (**Figurene 7.4 og 7.5**).



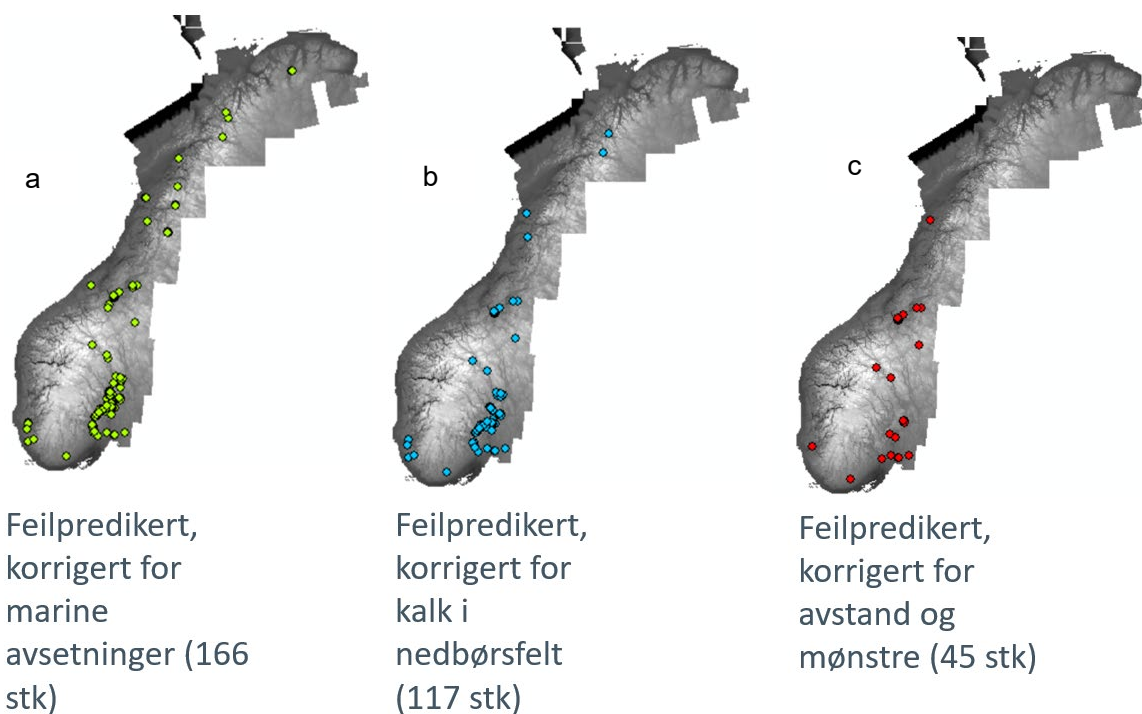
Figur 7.4. Den innledende ekskluderingsprosessen



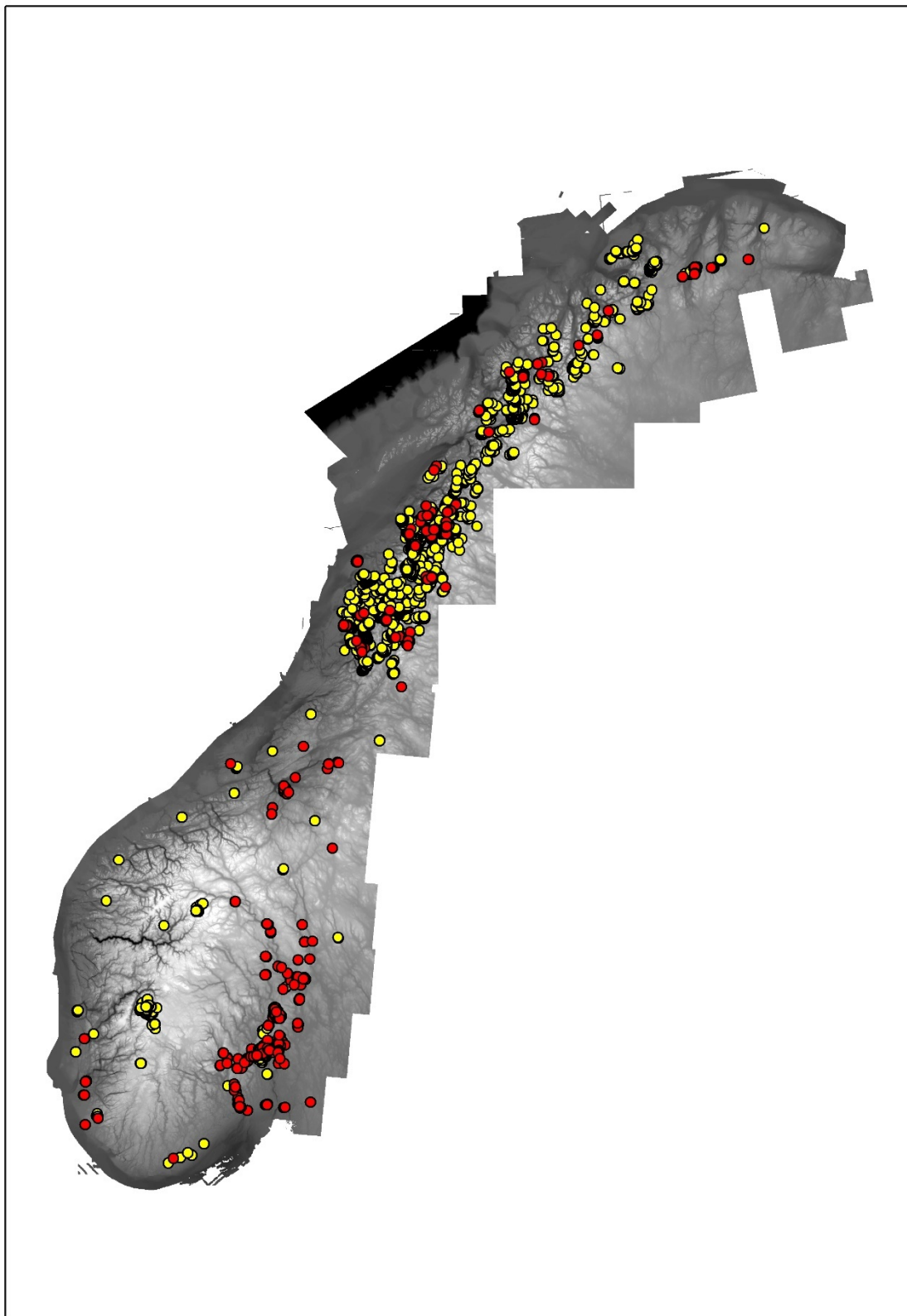
Figur 7.5. Den avsluttende ekskluderingsprosessen

For de svært kalkrike innsjøene ble antallet feilpredikerte innsjøer redusert fra 213 til 166 stykker ved først å bruke ekskluderingskriteriet for innsjøer som ligger under marine grense (**Figur 7.6a**). Ved å korrigere for mer enn 25 prosent myrareal i nedbørfeltene ble antallet feilpredikerte innsjøer redusert til 117 stykker (**Figur 7.6b**). Mange av de resterende feilpredikerte innsjøene lå i kanten av kalkinnhold klasse 5 (mest kalkrik) i det økologiske grunnkartet. Ved å korrigere for avstand til klasse 5 i det økologiske grunnkartet i en buffer på 250 meter ble antall feilpredikerte innsjøer videre redusert til 45 stk. (**Figur 7.6c**). Flere innsjøer som ligger i samme delnedbørfelt, er antatt å være feilpredikert fordi det økologiske grunnkartet ikke har fanget opp kalkforekomstene. Trolig fordi kalkforekomstene er for små til å bli tegnet i målestokk 1: 250 000. Blant de siste feilpredikerte innsjøene er sju åpenbart tilknyttet rikt grunnvann på Hauersetet og Gardermosletta (**Figurer 7.6c**).

Figur 7.7 viser testdatasettet på 464 lokaliteter og de 4 094 potensielt svært kalkrike innsjøer i Norge som ble resultatet av prediksjonsmodellen.



Figur 7.6. Resultater fra det uavhengige datasettet for korrigeringer av prediksjonsmodellen for svært kalkrike innsjøer; a) marin grense, b) > 25 % myr, c) avstand >250 m til kalkklasse 5. Reduksjonen tar opp i seg korrigeringen i figurer til venstre.



Figur 7.7 Kart som viser utbredelsen av testlokalitetene (visualisert med røde prikker) og nye predikerte kalkrike dammer og tjern (gule prikker, 4094 lok. < 0,025 km²).

8 Oppsummering og diskusjon

8.1 Prediksjonsmodelleringen

Potensielle kalkrike vannlokaliteter (> 20 mg Ca/l) ble funnet gjennom en sammenligning mellom grunnlagskartet vann fra N50-kartserien i målestokk 1:50 000 og økologisk grunnlagskart for kalkinnhold klasse 5, dvs. svært kalkrikt, i målestokk 1:250 000. Alle vannpolygoner i N50 som inneholdt eller krysset kalkinnhold klasse 5 ble valgt ut og danner grunnlaget for potensielt kalkrike innsjøer, dvs. innsjøer tjern og dammer. Prediksjonsmodellen antyder at det finnes 4 094 kalkrike innsjøer, tjern og dammer i Norge. For alle disse vannforekomstene ble det utregnet og avgrenset nedbørsfelt ved hjelp av hydrologiske verktøy i ArcGIS. Nedbørsfeltene ble kun brukt til å måle mengde myr som igjen ble brukt som et kriterium i prediksjonsmodellen.

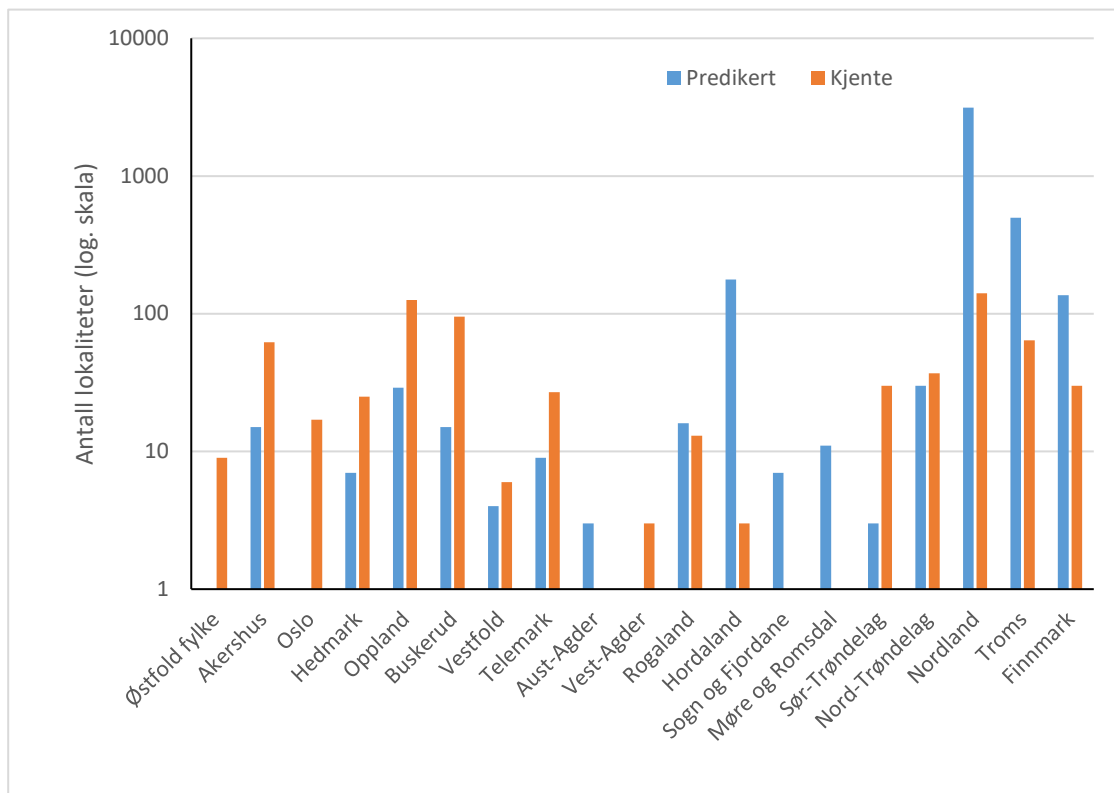
For å redusere antallet potensielle kalkrike vannlokaliteter ble det korrigert for dominans av myr rundt vannforekomstene. Dersom vannforekomstene var omringet med mer enn 50 % myr ble disse ekskludert fra gruppen med de potensielt kalkrike vannforekomstene. For videre reduksjon av potensielt kalkrike innsjøer ble det med liknede metode som myr korrigert for løsmassetypene tykk morene og deretter tynn morene. Morene kan ha betydning for sannsynligheten av at morene blokkerer kontakten mellom vann og den underliggende kalkrike berggrunnen, f.eks. i forsenkninger der småvann ligger. Det var noe overraskende at tynt morenedekke slår så vidt sterkt ut. Dette kan ha sammenheng med at kartleggingen av tynn og tykk morene har glidende overganger og dermed ikke kan ses på som to helt forskjellige kategorier. Elveavsetninger, inkludert breelavsetninger, og arealer dekket av humus, ble også brukt som reduksjonskriterier etter evalueringer gjort med uavhengige testdata. Forvittringsmateriale og frostmater er tatt ut da de bare forbedret modellen marginalt. Rikt grunnvann inngår ikke i prediksjonsmodellen, men er en forklaring for hvorfor modellen bommer i slike områder.

Sammenhengen mellom prediksjonsmodellen og de reelle forekomstene, testet med de uavhengige vannforekomstene med vannkjemiske målinger, viser svært god overensstemmelse. Prediksjonsmodellen forklarer mer enn 95% av utbredelsen til de svært kalkrike vannforekomstene. Dette til tross for usikkerheter i de økologiske grunnlagskartene knyttet til kartoppløsningen, kategoriseringen og presisjonen til tilgjengelig arealdekkende datasett. Dette tyder på at prediksjonsmodellen, logikken og oppbyggingen av denne hviler på gode antagelser om sammenhenger.

Av de falske negative prediksjonene, altså innsjøer som var predikert kalkfattige, men målt som rike (> 20 mg Ca/l) i det uavhengige datasettet, var mange knyttet til svært kystnære innsjøer. Disse var sannsynligvis signifikant påvirket av marin avsetninger som skjellsand og eller marin leire, som naturlig har høyt kalkinnhold. Dette gir høyt kalkinnhold spesielt i de små lokalitetene. Det var også en del som var knyttet til småskala forekomster av kalkrike bergarter som ikke er inntegnet på 1:250 000 kartet. De falske positive prediksjonene var i hovedsak knyttet til generaliseringsnivå i kartet i 1:250 000 kartet over kalkrike bergarter, dvs. berggrunnen var kalkfattig og ikke kalkrike som kartet oppga.

Pr i dag kjenner vi til 689 svært kalkrike vannlokaliteter, hvorav 293 innsjøer ($> 0,025$ km²) og 396 dammer og tjern ($< 0,025$ km²). Den geografiske fordelingen viser at det er et betydelig antall nye potensielle svært kalkrike innsjølokaliteter i Nordland og Troms i forhold til resten av landet (**Figur 8.1**). Det er viktig å legge til at mange av disse ligger i fjellområder som er mer enn 3-400 m oh, og er kanskje mer like hverandre enn det vannforekomster i lavlandet er. Et annet område som peker seg ut er et lite område nord for Hårteigen på Hardangervidda.

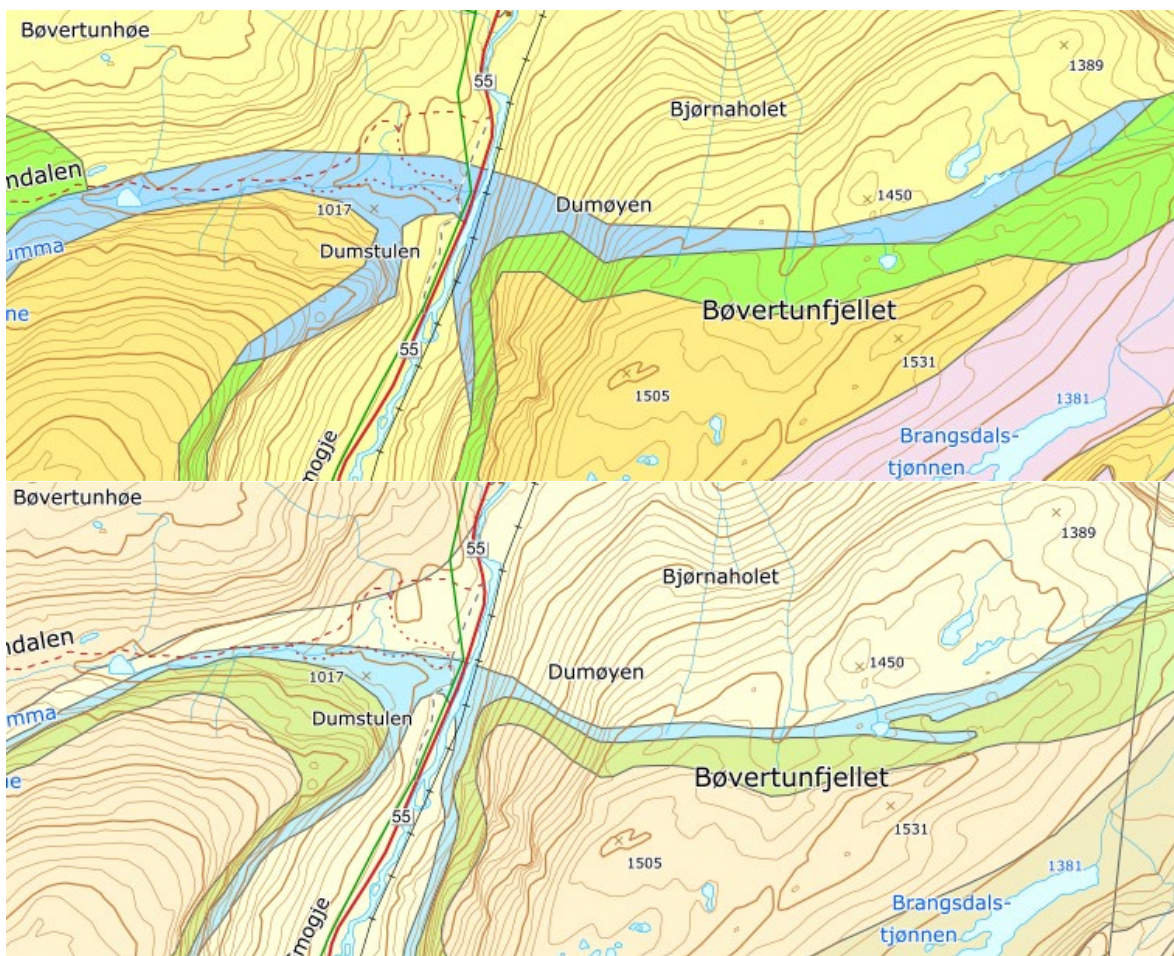
Prediksjonsmodellen synes å sammenfalle godt overens med eksisterende kunnskap om kjente lokaliteter ellers i landet. Modellen synes å være et godt grunnlag for justering av mørketallet for svært kalkrike innsjøer i Norge og kan være et godt verktøy for videre feltundersøkelser av biologisk mangfold.



Figur 8.1. Antall kjente kalkrike innsjøer og predikerte lokaliteter fordelt på fylker. Oppdatert mars 2020.

8.2 Forbedringspotensial

Selv om prediksjonsmodellen ser ut til å fungere godt i forhold til målene bak denne rapporten, er det fortsatt et forbedringspotensial. Grensene for det økologiske berggrunnskartet i målestokk 1:250 000 er relativt sterkt generalisert og derfor upresise ved sammenligninger på detaljerte målestokker (**Figur 8.2**). Mindre områder med kalkrik berggrunn kommer ofte ikke med i kartgrunnlaget og grensen for bergartene kan treffe tilfeldig i forhold til tjern og små vann. Et tilsvarende økologisk grunnkart i målestokk 1:50 000 (dekker ca 50 % av landet), ville ikke bare øke prediksjonsevnen i modellen presentert i denne rapporten, men også i prediksjonsmodeller for andre naturtyper, hvor arter som responderer langs en økologisk gradient i kalkrikhet. Bedre kartgrunnlag for kalkrik berggrunn i målestokk 1:50 000 ville bl. a. truffet bedre i predikeringen av kransalgesjøer i Buskerud, Oppland og Hedmark.



Figur 8.2. Geologisk kart i målestokk 1:250 000 (over) og 1: 50 000 under langs et marmorbånd (blått) i Bøverdalen, Innlandet. Legg merke til små tjern som faller ulikt i forhold til denne marmoren på de to kartene.

Nedbørsfeltanalyser ble kun brukt i noen få analyser i denne rapporten, men har potensiale i mange andre problemstillinger og prediksjonsmodeller. For eksempel kan mengden kalkrik grunn i nedbørsfeltet i noen tilfeller ha større betydning, enn mengden kalkrik grunn i selve vannlokaliteten. En nedbørsfeltanalyse ville kunne avdekke lokale forhold, som for eksempel lang oppholdstid for vann, som igjen kan gi lokaliteter med høyt kalkinnhold selv med middels kalkrike bergarter som f.eks. amfibolitt og grønnskifer. En nedbørsfeltanalyse ville også trolig predikert forekomst av svært kalkrike elver og bekker vesentlig bedre, enn erfaringen fra prøvekartleggingen av elver og bekker i 2018 tydet på. Metodikk for dette er også prøvd ut i forbindelse med metodetesting i NiN (Derivo m.fl. 2017).

Noen lokale forhold kan være vanskeligere for en prediksjonsmodell å fange opp på grunn av ulike omstendigheter. Overdekke av kalkfattige løsmasser over kalkrik berggrunn kan gi kalkfattige vannforekomster, selv om berggrunnskartet viser svært kalkrik berggrunn. Spesielt tjern og dammer som er omgitt av myr i nedbørsfeltet kan ha lite kalsium selv om berggrunnen er svært kalkrik. Dammer som ligger på leire under marin grense eller på skjellsand nær kysten eller er saltvannspåvirket, kan ha høyt innhold av kalsium selv om berggrunnen er kalkfattig. Ellers kan også en morene dra berggrunnsignalet utover i brebevegelsesretningen noe som kan føre til både mer kalk og mindre kalk enn det berggrunnen ellers skulle tilsi. Alle disse nevnte lokale forholdene er avdekket i vår evaluering av prediksjonsmodellen med uavhengig data. Dette viser viktigheten av å ha uavhengige feltobservasjoner og målinger for å teste prediksjonsmodellene.

Oppsummering av kjente lokaliteter med kalsiummålinger og predikerte kalksjøer er gitt i **figur 8.1**.

8.3 Typeinndeling

Kartlagte lokaliteter skal, sammen med eksisterende kunnskap om kalkrike lokaliteter, danne grunnlaget for et utbredelseskart for typer langs en kalkgradient. Det er naturlig å ta utgangspunkt i typeinndelingen i utkastet til den reviderte versjonen av NiN limnisk (NiN 3.0). Med bakgrunn i revisjonen som nå gjennomføres av limnisk NiN, er det ikke mulig å gjøre en typeinndeling av lokalitetene etter dette systemet, før revideringen er kommet noe lengre. Det er imidlertid mulig beskrive hvilke verdier som ble observert under felt av LKMene som skal brukes ved inndeling i grunntyper.

Typeinndelingen av hovedtypen innsjøsedimentbunn (I2) tar utgangspunkt i LKMene kalkinnhold (KA), substrattypen (ST), innhold av organisk (IO) og dybderelatert lyssvekkelse (DL). Hvor mange av grunntypene som er realisert i forhold hypotesen som er laget vil bli klart gjennom gradientanalysene av de strukturerte artslistene som gjennomføres i 2020. **Tabell 8.1** viser trinninndelingen av kalkgradienten. De kartlagte lokalitetene i kalkdamprosjektet fordelte seg på alle de fem basistrinnene for kalkinnhold, men hele 80 prosent tilhørte det øverste trinnet. Dette er rimelig da det var det som prediksjonsmodellen skulle predikere, og valget av lokaliteter som skulle kartlegges skulle i utgangspunktet velges blant de mest kalkrike. Elleve prosent av tjern og dammene tilhørte det nest høyeste kalktrinnet (4-20 mg Ca/l), mens de 29 siste lokalitetene var likt fordelt på tre nederste trinnene med til sammen åtte prosent.

Tabell 8.1. Forslaget til trinninndelingen av kalsiumgradienten i NiN 3.0.

Basis-trinn	Begrep NiN 2.2	Ca (mg/L)
a	svært kalkfattig	< 1
bc	temmelig – litt kalkfattig	1–2
de	intermediær	2–4
fg	litt – temmelig kalkrik	4–20
hi	svært – ekstremt kalkrik	> 20

For de to andre viktige LKMene substrattypen og innhold av organisk var det vanskelig å skille på type uten å ha klare kriterier i felt. Det var flere av vannforekomstene som hadde mye myrortorv blandet med kalkgytje. Lokalitetene som lå i skog var ofte sterkt preget av mye grovt organisk. Den nye hypotesen for NiN limnisk antyder fire grunntyper av myrortorvsbunn med ulike kombinasjoner av kalk, en grunntype for sedimentbunn dominert av grovt organisk og en grunntype kalkgytje. I tillegg så vil det være noen typer som har mer enn 30 prosent finsediment, dvs. som inneholder mye silt og eller leire. NiN-systemet må imidlertid bli mer ferdigutviklet og det må på plass tydeligere kriterier som kan brukes for å skille grunntypene i felt, før man kan begynne å dele inn dammer, tjern og innsjøer i typer med hovedvekt på kalkgradienten kombinasjon med eventuelle andre egenskaper.

De biologiske gruppene vi kartla i dette prosjektet, vannplanter og krepsdyr, kan, sammen med øvrig biologisk kunnskap fra kalkrike vannforekomster også tenkes å danne grunnlaget for utforminger av de ulike grunntypene.

Vi kjenner til nesten 700 kalkrike vannforekomster, innsjøer, tjern og dammer, i Norge, dvs. 17 prosent av det predikerte. Den biologiske kunnskapen varierer imidlertid en god del, f.eks. mellom regioner og i forhold til størrelse. Dette kommer tydelig fram når vi sammenlikner de 2 fylkene som har flest kalkrike vannforekomster; Oppland og Nordland. Analysene viser at har vi kunnskap om kransalger for ca.100 prosent av de kalkrike innsjøene i Oppland mens tilsvarende tall for de Nordland er 72 prosent. Tallene for dammer og tjern er hhv. 87 og 75 prosent. For de øvrige biologiske gruppene har vi klart mindre data, men trenden er den samme; klart mer

kunnskap om vannforekomstene i sør. Dette gjelder også vannkjemiske data. Mange av lokalitetene i Sørøst-Norge er undersøkt ved flere anledninger og det finnes gode tidsserier for mange lokaliteter, både innsjøer og mindre vannforekomster. For lokalitetene i Nord-Norge er tidsserier en stor mangelvare.

Både kransalger og karplanter viser klare variasjoner i utbredelse i forhold til kalsiumgradienten. Dette er også årsaken til at tidligere undersøkelser og definisjonen av utvalgt naturtype (UN) kalksjøer har fokusert på disse artsgruppene. Også for krepsdyrene er det indikasjon på at det hvert fall på samfunnsnivå er en variasjon i forhold til kalsiumgradienten, selv om krepsdyrene har større amplitude enn vannplantene, dvs. de kan forekomme over en større del av kalkgradienten.

Så langt er det bare gjennomført en begrenset analyse av både vannplante- og krepsdyrmaterialet (jf. **kap. 4** og **kap. 5**). Rammene i dette prosjektet har ikke gitt mulighet for en mer omfattende analyse som grunnlag for en inndeling av typer på bakgrunn av vannplanter og krepsdyr. Det bør det imidlertid være muligheter for gjennom bearbeidelse av alle prøvene som er samlet inn. En annen interessant øvelse vil også være å gjøre prediksjoner av artsforekomster med bakgrunn i kjente og predikerte kalklokaliteter.

8.4 Utvalgt natur

I 2015 ble 153 kalksjøer vurdert som utvalgt naturtype (Mjelde 2016). Flere er kommet til etter det, men pr i dag har vi ikke oversikt over hvor mange kalkrike vannforekomster som kan karakteriseres som utvalgt naturtype (UN) i Norge. Det er et åpenbart behov for å oppdatere denne oversikten slik at viktige lokaliteter blir tatt vare på og ikke går tapt.

Når det er sagt er det et klart behov for å revurdere definisjonen for UN kalksjøer, både når det gjelder hvilke arter som definerer typen og avgrensingen mot små vannforekomster hvor definisjonsartene muligens ikke forekommer. Datamaterialet som er sammenstilt i forbindelse med foreliggende prosjekt vil, sammen med resultatene fra prediksjonsmodellen, være et svært godt grunnlag for å starte en definisjonsdiskusjon. Vi har nå et mye større materiale fra de nord-norske fylkene som gjør at vi også kan ta vare på regionale forskjeller. Kalkrike vannforekomster i høyere liggende områder, både over og under tregrensa i hele Norge, er det lite kunnskap om, men de må også vurderes i denne sammenheng.

8.5 Prediksjonsmodellering av andre egenskaper

Vi har antydnet i avsnittet foran at prediksjoner av arter i ferskvann vil være fullt mulig for vannplanter og krepsdyr. Det samme vil gjelde for en rekke organismegrupper som lever i vann der det er et god nok kunnskap om forekomst. Det vil også være mulig å predikere fiskeløse vann, men her må andre variabler slik som, forekomst av arter som ikke tåler fiskepredasjon, f.eks. salamander, tilgjengeligheten av lokalitetene, vandringshindre i elver og bekker og lignende inn som prediktorer. Det er også mulig å tenke seg prediksjoner av artssammensetninger og mengder av enkeltarter i forhold til ulike klimascenarier. Økende nitrogendeposisjon i fattige innsjøer kan muligens predikeres hjelp av fjernanalyse og hyperspektrale optiske bånd. Form på innsjøer, slik som kroksjøer, kan predikeres ved hjelp av nye metoder innen mønstergjenkjenning og dyp læringsalgoritmer. Mønstergjenkjenning kan også brukes til å detektere grupper av vannlevende planter slik som helofytter og kransalger fra for eksempel flyfoto eller dronfoto. Videre kan nye metoder med bruk av LiDAR predikere innhold av alger, krepsdyr og i enkelt tilfeller bunnforhold i grunne innsjøer.

9 Referanser

- ADB. Økologisk grunnkart for kalkrik berggrunn. https://nin.artsdatabanken.no/Natur_i_Norge/Natur-system/Milj%C3%B8variabler/Kalkinnhold.
- Almquist, E. 1929. Upplands vegetation och flora. Acta phytogeographica Suec. I: 1-624.
- Artsdatabanken 2018. Norsk rødliste for naturtyper <https://www.artsdatabanken.no/rodlisefornaturtyper>. Lastet ned 20.03.2020.
- Brouwer, E., Bobbink, R., Roelofs, J.G.M. 2002. Restoration of aquatic macrophyte vegetation in acidified and eutrophied softwater lakes: an overview. Aquatic Botany 73: 405-431.
- Dervo, B.K., Erikstad, L., Blumentrath, S. and Nygård, M. 2017. NiN i ferskvann - Utprøving av kartleggingsmetodikk i elv og kob-ling til typologi i vannforskriftene - NINA Kortrapport 68. 64 s.
- DN 2011. Direktoratet for naturforvaltning 2011. Handlingsplan for kalksjøer.
- Forsberg, C. 1965. Environmental conditions of Swedish charophytes. Symb. Bot. Ups. XVIII, 4:1-67.
- Halvorsen unpubl. NiNnot173. NiN versjon 2.3 Limnisk faggruppe – første arbeidsdokument.
- Hutchinson, G. E. 1967. A treatise on limnology. II. Introduction to lake biology and the limnoplankton. New York, John Wiley & Sons, Inc.
- Langangen, A. 2007. Kransalger og deres forekomst i Norge. Saeculum Forlag, Oslo.
- Lindstrøm, E-A., Brettum, P., Johansen, S.W., Mjelde, M. 2004. Vannvegetasjon i norske vassdrag. Kritiske grenseverdier for forsurening. Effekter av kalking. NIVA-rapport Inr. 4821-2004.
- Maberly, S. & Spence, D.H.N. 1983. Photosynthetic inorganic carbon use by aquatic plants Journal of Ecology 71:127-140
- Madsen, T.V., Sand-Jensen, K. 1991. Photosynthetic carbon assimilation in aquatic macrophytes. Aquatic Botany 41: 5-40.
- Mjelde, M. 1997. Virkninger av forurensning på biologisk mangfold: Vann og vassdrag i by- og tettstedsnære områder. Vannvegetasjon i innsjøer - effekter av eutrofiering. En kunnskapsstatus. NIVA-rapport Inr. 3755-97.
- Mjelde, M. 2014. Handlingsplan for kalksjøer. Utredning av miljøkrav for kransalger og arter av tjønnaks i kalksjøer – videreføring. NIVA-rapport Inr. 6685-2014.
- Mjelde, M. 2016. Oppsummering av kunnskap om kalksjølokaliteter som er «utvalgt naturtype». NIVA-rapport Inr. 6998-2016.
- Mjelde, M., Langangen, A. Bækken, T., Pedersen, T. Gausemel, S. 2010. Handlingsplan for kalksjøer. Veileder for inventering i kalksjøer. Fylkesmannen i Oppland, miljøvern avdelingen, Rapp. nr. 4/10, 19 s.
- Mjelde, M., Dervo, B. Handberg, Ø.N og Magnussen, K. 2018. Vedlegg 120: Kunnskapsgrunnlag for kalkrike dammer og tjern. Tiltak for å ta vare på truet natur: Kunnskapsgrunnlag for 90 truede arter og 33 truede naturtyper. NINA Rapport 1646. Norsk institutt for naturforskning.
- Mjelde, M. & Dervo, B. 2019. Tiltak for å ivareta trua natur. Kartgrunnlag for kalkrike dammer og tjern. Notat.
- Mjelde, M & Thrane, J.E. 2019. Vannvegetasjon - viktige gradienter. Foredrag NiN Ekspertgruppe for ferskvann. Workshop 21-23. januar 2018.
- NGU. 2019. Kalkinnhold i berggrunn - metode for utvikling av versjon 1.0. Internt notat.
- Rørslett, B. 1991. Principal determinants of aquatic macrophyte richness in northern European lakes. Aquatic Botany 39: 173-193. Shapiera, M., Jeziorski, A., Yan, N. D. & Smol, J. P. (2011). Calcium content of littoral Cladocera in three softwater lakes of the Canadian Shield. Hydrobiologia, 678, 77-83. doi: 10.1007/s10750-011-0824-z

- Shapiera, M., Jeziorski, A., Yan, N. D. & Smol, J. P. (2011). Calcium content of littoral Cladocera in three softwater lakes of the Canadian Shield. *Hydrobiologia*, 678, 77-83. doi: 10.1007/s10750-011-0824-z
- Walseng, B., Brandrud, T. E., Gausemel, G., Lierhagen, S. & Tufto, A. J. N. f. 2002. Krepsdyr i 12 kransalgesjøer på Hadeland (Lunner og Gran kommuner, Oppland fylke) langs en trofigradient. NINA Fagrapport. 1-46 s.
- Wüstenberg, A., Pörs, A., Ehwald, R. 2011. Culturing of stoneworts and submersed angiosperms with phosphate uptake exclusively from an artificial sediment. *Freshwater Biology* 56: 1531-1539.
- Wærvagen, S. B., Rukke, N. A. & Hessen, D. O. (2002). Calcium content of crustacean zooplankton and its potential role in species distribution. *Freshw. Biol.*, 47, 1866-1878. doi: 10.1046/j.1365-2427.2002.00934.x
- Økland, J. 1990. Lakes and snails: Environment and Gastropoda in 1,500 Norwegian lakes, ponds and rivers. Balogh Scientific Books.

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4573-9

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger