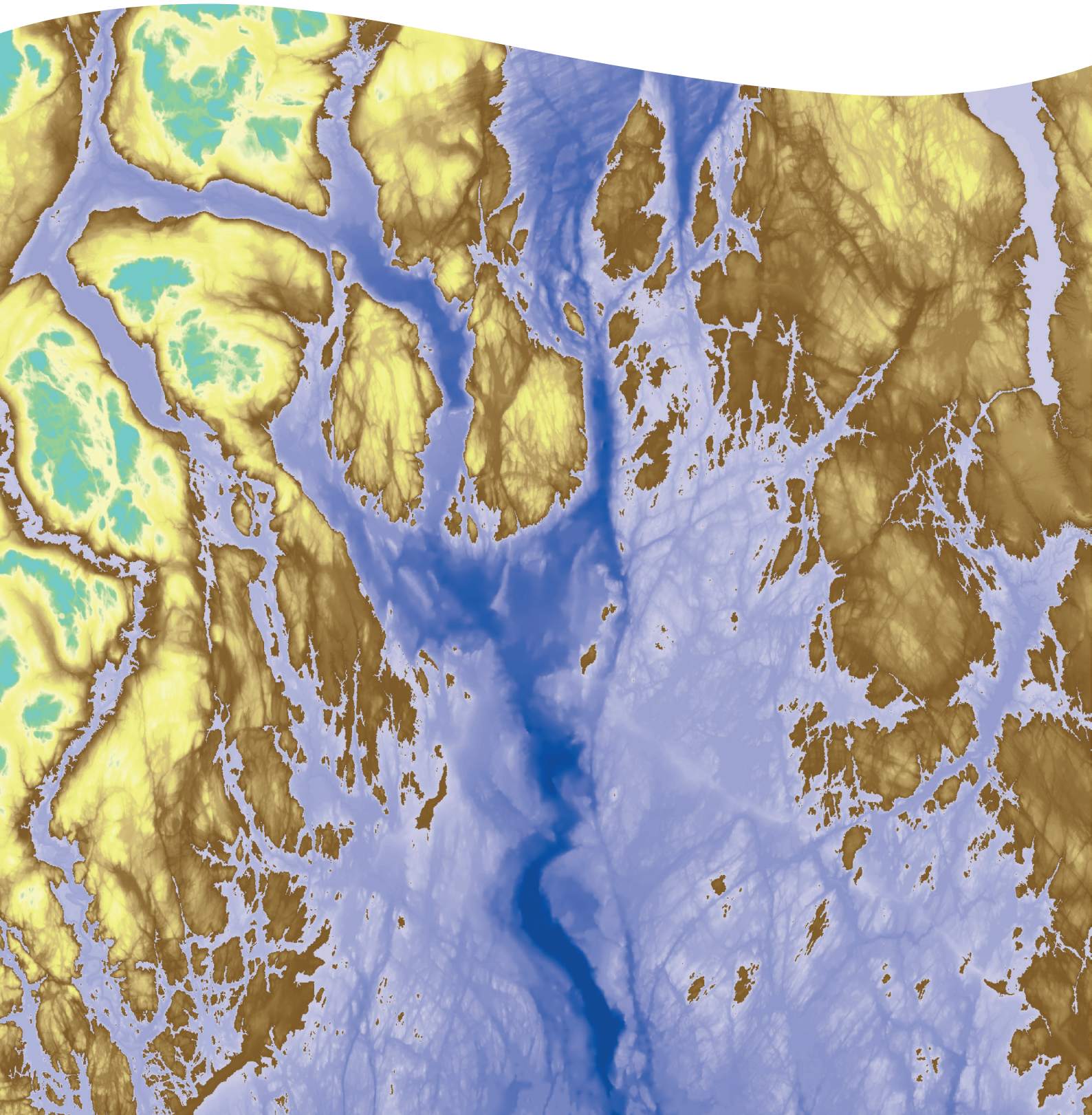


Fortidens Oslofjord

Marine forhold i mesolittisk tid



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00

NIVA Danmark

Njalsgade 76, 4. sal
2300 København S, Danmark
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: www.niva.no

Tittel Fortidens Oslofjord - Marine forhold i mesolittisk tid	Løpenummer 7624-2021	Dato 04.05.2021
Forfatter(e) André Staalstrøm Camilla With Fagerli Trond Kristiansen	Fagområde Hydrologi og oseanografi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 37 + vedlegg

Oppdragsgiver(e) Kunsthistorisk museum, Universitetet i Oslo	Oppdragsreferanse Inger Marie Berg-Hansen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 180234

<p>Sammendrag</p> <p>I dette prosjektet har de marine forholdene ved fem lokaliteter i Oslofjorden som var bebodd i perioden fra omtrent 9700 til 8700 år siden blitt undersøkt. Denne perioden på ca. 1000 år er en del av det som kalles den mellom-mesolittiske epoken. Bunntopografien har endret seg svært mye de siste 10000 år på grunn av landhevingen, og vannstanden ved lokaliteten Løvås var ca. 80 m høyere enn i dag. I denne perioden hadde man ikke startet opp med jordbruk og befolkningen var svært liten, og det kan antas at økosystemene var nær et klimakssamfunn og at tilgangen til ressursene som fantes må ha vært svært god. Alle de undersøkte lokalitetene hadde en gunstig plassering i forhold til marine ressurser.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Marine ressurser Paleoseanografi Numerisk modellering Mesolittisk 	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> Marine resources Paleoceanography Numerical modeling Mesolithic
--	---

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

André Staalstrøm
Prosjektleder

Lars G. Golmen
Faglig kvalitetssikrer

Ailbhe Lisette Macken
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7360-1
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Fortidens Oslofjord
Marine forhold i mesolittisk tid

Forord

NIVA ble i slutten av 2017 kontaktet av Kulturhistorisk museum ved Universitetet i Oslo, med spørsmål om sirkulasjonsforholdene i Oslofjorden for omtrent 10 000 år siden kunne beskrives. Det var også ønskelig å beskrive de biologiske forholdene i fjorden den gangen. Dette er en utfordrende oppgave. Til sammenligning så jobber klimaforskere med å beskrive forholdene 100 år fram i tid, og dette regnes som en gren av vitenskapen med stor usikkerhet, spesielt når det gjelder hvordan de biologiske forholdene kan utvikle seg.

Det sier seg selv at utsagn om forholdene i steinalderens Oslofjord vil ha minst like stor usikkerhet knyttet til seg. Men siden de klimatiske forholdene har vært relativt stabile i 10 000 år, så ble det besluttet å gjøre et forsøk, men da med antagelsen om at klimaet i steinalderen var omtrent som i dag. Siden den gang har det vært store endringer av andre faktorer. Topografien har endret seg fullstendig, og enda mer dramatisk har menneskenes påvirkning på fjorden vært.

André Staalstrøm har vært prosjektleder for prosjektet ved NIVA, og har samarbeidet med Camilla With Fagerli og Trond Kristiansen innen fagfeltene marin biologi og fysisk oseanografi. Inger Marie Berg-Hansen har vært kontaktperson ved Kulturhistorisk museum.

Sted, 1. april 2021

André Staalstrøm

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	7
1.1	Bakgrunn for prosjektet.....	7
1.2	Generelt om modellering av marine forhold	9
1.3	Grunnleggende antagelser	11
2	Modellering av de fysiske forhold	14
2.1	Modellområde som dekker hele Skagerrak	14
2.2	Topografien i Oslofjorden.....	16
3	Beskrivelse av de fysiske forholdene	19
3.1	Tilførsel av ferskvann fra de store vassdragene	19
3.2	Var området på utsiden et oppstrømningsområde?.....	20
3.3	Lokale forhold utenfor lokalitetene ved Løvås.....	21
4	Det marine ressursgrunnlaget	23
4.1	Sammenheng mellom tilførsler og vannkvalitet	23
4.2	Hvordan kan forholdene ha vært?	24
4.3	Marine forhold ved en boplass ved et trangt sund	26
4.4	Marine forhold ved en boplass plassert innerst i en beskyttet bukt	27
4.5	Marine forhold på øyene litt lenger ut mot havet	28
5	Diskusjon	31
5.1	Er det en fordel eller en ulempe å befinne seg i en lukket vik med dårlig vannutskiftning?	31
5.2	Hadde de undersøkte lokalitetene spesielt gunstig plassering i forhold til det marine ressursgrunnlaget?.....	32
6	Sammenfattende vurdering	35
6.1	Alle lokalitetene hadde en gunstig plassering i forhold til marine ressurser	35
6.2	Et tankekors.....	35
7	Referanser.....	36

Sammendrag

I dette prosjektet har de marine forholdene ved fem lokaliteter i Oslofjorden som var bebodd i perioden fra omtrent 9800 til 8800 år siden (ca. 7800–6800 f.Kr.). Denne perioden på ca. 1000 år er en del av det som kalles den mellom-mesolittiske epoken. Det har vært spesielt fokus på lokaliteten Løvås som ligger 5-6 km fra Horten, på vestsiden av Oslofjorden.

Sirkulasjonsforholdene i en fjord er bestemt av bunntopografi, jordrotasjon, vannstandsendringer (på kort tidsskala), vanntilførsel fra land, variasjoner i forholdene på utsiden av fjorden og atmosfæriske forhold. I de siste 10 000 år har de atmosfæriske forholdene vært relativt stabile, og det har i dette prosjektet vært antatt at værforholdene i den aktuelle perioden var omtrent som i dag.

Bunntopografien har endret seg svært mye de siste 10 000 år på grunn av landhevingen, og vannstanden ved lokaliteten Løvås var ca. 80 m høyere da denne lokaliteten var i bruk. Landhevingen helt sør i landet var veldig liten. Samtidig kan Østersjøen sitt utløp ha vært omtrent som i dag. Derfor er det også antatt at sirkulasjonen i Skagerrak var omtrent som i dag. Denne antagelsen gjør at det kan settes opp en havmodell som dekker Skagerrak, hvor modellområdet grense mot Nordsjøen og Østersjøen er slik som den er i dag, mens bunntopografien i Oslofjorden er endret for å modellere forholdene for 10 000 år siden.

I den mesolittiske tiden hadde man ikke startet opp med jordbruk og befolkningen var svært liten. I en tid hvor befolkningstettheten var lav og den menneskelige påvirkningen liten, kan man anta økosystemene var nær et klimakssamfunn og at tilgangen til ressursene som fantes må ha vært svært god.

Hardbunnsamfunn i strømrrike sund med variert og tilgjengelig substrat for kolonisering er ofte svært artsrike med høy variasjon og tetthet av makroalger og dyr representert. Områdene tiltrekker seg derfor predatorer fra opp i næringskjeden. Både kysttorsk, rognkjeks, flyndrefisk og arter innen leppefiskfamilien er eksempler på fisk som kan trekke mot slike grunne, artsrike lokaliteter gjennom beite-, oppvekst- eller gytefasen.

I Danmark er det funnet rester etter fiskefeller på lokaliteter som lå langs strømrrike sund i fra mellom-mesolittisk tid. Alle de fem lokalitetene som er undersøkt i dette prosjektet lå i perioder ved tilsvarende strømrrike sund, og forholdene for å ta i bruk tilsvarende fiskefeller må ha vært optimale. Men det var også tilgang på en rekke andre marine ressurser i disse områdene. Det er nærliggende å tro at snegl- og muslingarter som er identifisert fra tidligere arkeologisk kildemateriale, også har eksistert i rikelige forekomster i området rundt Løvås.

Alle de undersøkte lokalitetene hadde en gunstig plassering i forhold til marine ressurser.

Summary

Title: The Oslo Fjord of the past - Marine conditions in the Mesolithic period
Year: 2021
Author(s): André Staalstrøm, Camilla With Fagerli, Trond Kristiansen
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7360-1

In this project, the marine conditions at five sites in the Oslo Fjord that were inhabited in the period from approximately 9800 to 8800 years ago (c.7800–6800 cal. BC). This period of approx. 1000 years is part of what is called the Middle Mesolithic era. There has been a special focus on the site Løvås which is located 5-6 km from Horten, on the west side of the Oslo Fjord, South-Eastern Norway.

The circulation of water in a fjord are determined by bottom topography, Earth rotation, water level changes (on a short time scale), supply from land, changes in the conditions outside the fjord and atmospheric conditions. In the last 10,000 years, the atmospheric conditions have been relatively stable, and in this project, it has been assumed that the weather conditions in the Middle Mesolithic era were about the same as today.

The bottom topography has changed dramatically in the last 10,000 years due to the rebound of the crust, and the water level at Løvås was approx. 80 m higher today than when this site was in use. But the post glacial rebound in the far south of the country was very small. At the same time, the Baltic Sea's outlet may have been about the same as today. Therefore, it is also assumed that the circulation in the Skagerrak was about the same as today. This assumption makes it possible to set up a sea model that covers the Skagerrak, where the model area's boundary to the North Sea and the Baltic Sea is as it is today, while the bottom topography in the Oslo Fjord has been changed to model conditions 10,000 years ago.

In Mesolithic times, agriculture had not started, and the population was very small. At a time when the population density was low and the human impact small, it can be assumed that the ecosystems were close to an optimal state and that the access to the resources that existed must have been very good.

Hard bottom communities in straits with strong currents, with varied and available substrate for colonization are often very species-rich with high variation and density of macroalgae and animals represented. The areas therefore attract predators from higher up in the food chain. Several fish species can migrate to such shallow, species-rich localities through grazing, rearing or spawning phases.

In Denmark, remains of fish traps have been found at localities along straits with strong currents from the Middle Mesolithic period. All the five localities investigated in this project were in periods located by similarly straits, and the conditions for using similar fish traps must have been optimal. But there was also access to several other marine resources in these areas. It is reasonable to believe that snail and mussel species identified from previous archaeological source material also existed in the area around Løvås.

All the investigated sites had a favorable location in relation to marine resources.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for prosjektet

Den 20. juli 2018 vedtok Riksantikvaren omfanget og kostnadene for arkeologiske undersøkelser knyttet til reguleringsplan for nytt dobbelt jernbanespor på parsellen Nykirke-Barkåker, Horten, Re og Tønsberg kommuner i Vestfold (jf. kulturminneloven § 10, første ledd). I dette vedtaket fremkommer det at tiltakshaver skal bekoste arkeologiske granskninger, inkludert et prosjektsamarbeid mellom NIVA og Kulturhistorisk museum knyttet til modellering av kystmiljø og landskapsendring i området i mellom-mesolittisk tid. Det vil si for omtrent 10 300–8300 år siden.

På grunn av landhevingen etter siste istid har vannstanden i Oslofjorden gjennomgått store endringer. Basert på funn av strandavsetninger vet vi at havet på det meste nådde ca. 180 m over dagens nivå i området. I løpet av den mellommesolittiske perioden (10 300–8300 år siden) kan havet ha stått mellom ca. 53 og 115 meter høyere enn i dag i Nordre Vestfold. Slike endringer av vannstanden i et fjordsystem påvirker ulike miljøfaktorer som dybde, bølgeeksponering, strømforhold og helningsgrad. Dette har hatt følger for den marine faunaen, og dermed for ressursgrunlaget for menneskene som har levd i området.

Bane NOR skal bygge nytt dobbeltspor for jernbane mellom Nykirke og Barkåker. I denne sammenhengen har arkeologer fra Kulturhistorisk museum (KHM, UiO) gjennomført omfattende utgravninger (2018-2019) av steinalderlokaliteter langs den planlagte tog-traséen. Boplassene som ble undersøkt lå nær stranda da de var i bruk. I tillegg er det registrert et stort antall andre boplasser fra mesolittisk tid i området.

Den overordnede målsetningen i dette samarbeidsprosjektet er å undersøke om kystmiljøet og de marine ressursene den gang kan bidra til å forklare bosetningsmønsteret. Et vesentlig spørsmål er om lokaliseringen av boplassene er knyttet til områder med spesielt gunstig ressursgrunnlag. Det er ikke gjort slike studier i Norge tidligere. En modellering av kystmiljøet og ressursgrunlaget i området omkring de aktuelle boplassene er derfor av interesse både for de arkeologiske funnene i området og innenfor marinbiologi og paleoseanografi. Paleoseanografi er studiet av havenes historie i den geologiske fortiden med hensyn til sirkulasjon, kjemi, biologi, geologi og sedimenteringsmønstre og biologisk produktivitet.

I denne rapporten blir lokaliteter som kalles Løvås, Olsmyra, Viulsrød, Råen og Adal vurdert (se Figur 1), og vi skal vi forsøke å svare på følgende spørsmål:

Hadde disse lokalitetene spesielt gunstig plassering i forhold til det marine ressursgrunlaget?



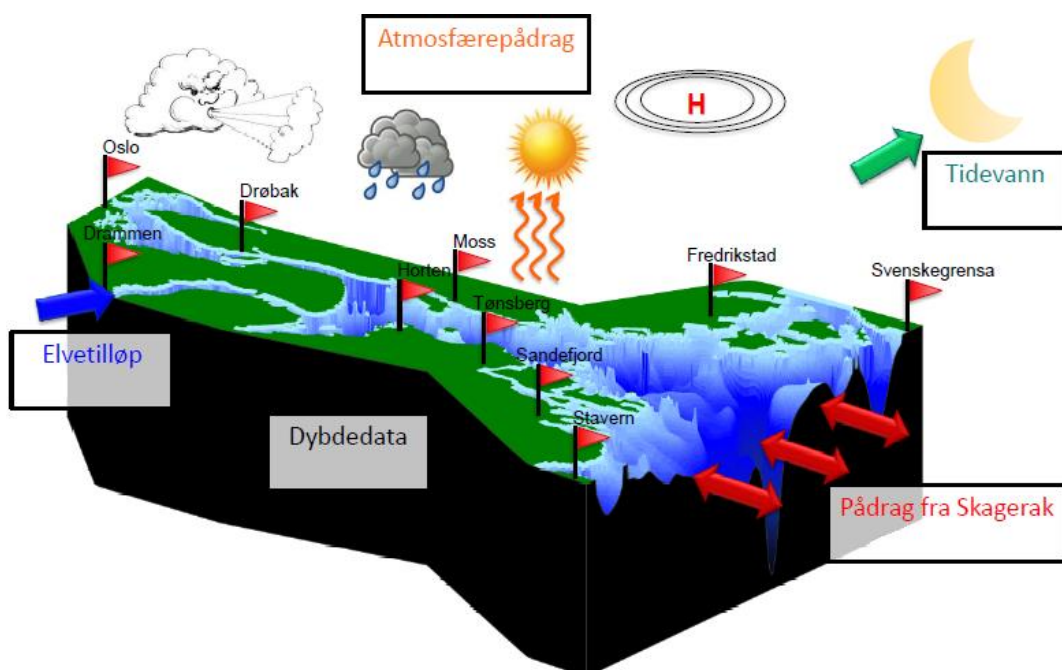
Figur 1. Topografien rundt lokalitetene Løvås, Olsmyra, Viulsrød, Råen og Adal når vannstanden sto 80 m høyere enn i dag. Plassering av dagens Horten er tegnet inn.

1.2 Generelt om modellering av marine forhold

De marine forholdene kan deles inn i

- Fysiske og kjemiske forhold
- Biologiske forhold

Med de fysiske og kjemiske forholdene menes her strømmen (u , v , w) i tre retninger, saltholdighet (S), temperaturen (T), partikkelinnhold (C_p), siktdyp (S_D), lysforhold (E), mengde løste næringsalter (NO_3 , NO_2 , NH_4 , PO_4 , SiO_2) og organisk stoff (OM).



Figur 2. Skisse av krefter som påvirker forholdene i fjorden. I denne figuren er det brukt topografi fra Oslofjorden slik det er i dag. Strømmålingene vist i Figur 3 er gjort øst for øya Bastø ligger mellom flagget til Horten og Tønsberg i figuren.

De fysiske og kjemiske forholdene i fjorden bestemmes av (se Figur 2)

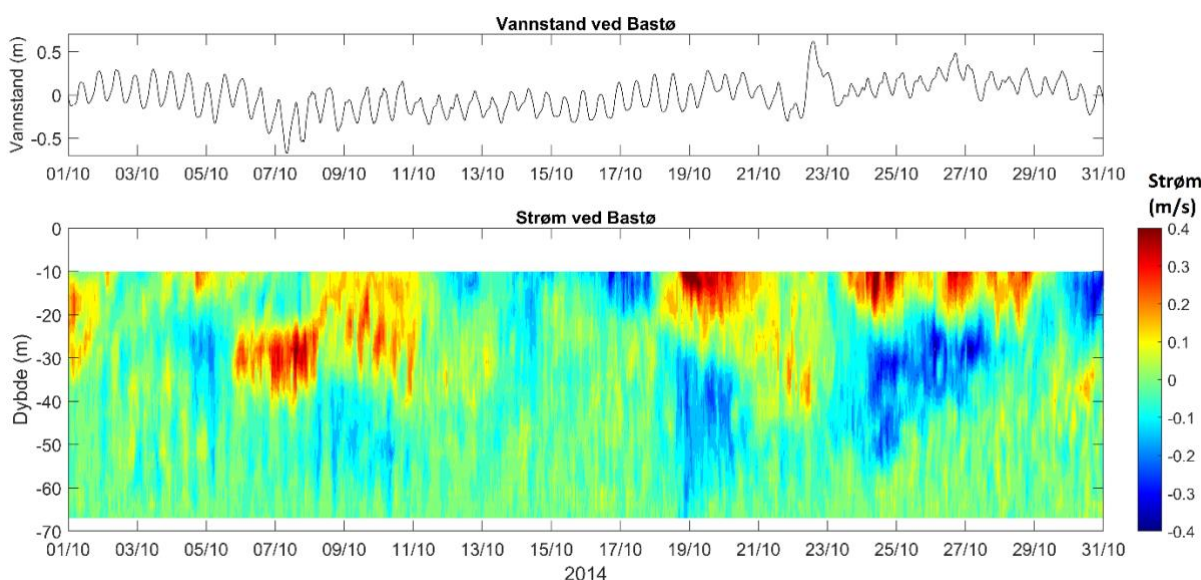
1. de topografiske forholdene,
2. jordrotasjon,
3. hvordan vannstanden endrer seg på kort tidsskala, i form av tidevann med perioder på typisk 12 timer eller endringer forårsaket av meteorologisk påvirkning, som stormflo med perioder som varierer fra dager til uker,
4. hvordan tilførselen fra land er, i form av mengde ferskvann, partikkelmengde, næringsalter og organisk stoff,
5. hvordan de atmosfæriske forholdene er, ved at vinden påvirker strømforholdene direkte ved vinddrag, eller indirekte ved stormflohendelser, ved at solinnstråling og skydekke påvirker lys- og temperaturforhold og ved at nedbør og fordampning påvirker vannbalansen

6. og hvordan forholdene er i havområdet på utsiden av fjorden, ved at vannmassene der ute bringer med seg sine egenskaper i form av saltholdighet, temperatur, samt konsentrasjon av partikler, næringsalter og organisk stoff.

Det siste punktet i denne listen er det minst åpenbare og trenger litt mer forklaring. Temperatur og saltholdighet påvirker tettheten til vannmassen (ρ). Horisontale gradienter i tetthet skaper trykkgradienter som balanseres av vannbevegelser. Hvis vannmassen endrer seg ute i Skagerrak, vil dette påvirke vannutveksling mellom Skagerrak og Oslofjorden. Disse vannbevegelsene manifesterer seg ikke nødvendigvis ved at vannstanden i fjorden endrer seg, og er derfor vanskeligere å følge enn vannbevegelser som er forårsaket av endring i vannstanden.

Istedenfor at vannstanden endrer seg, så opprettholdes volumbalansen ved at det er forskjellig strømrøtning i forskjellige deler av tverrsnittet over innløpet til fjorden. I Figur 3 er det vist et eksempel på målt strøm rett sørvest for øya Bastø. I nederste del av figuren vises strømsstyrken inn og ut av fjorden, hvor rødt er strøm inn i fjorden og blått er strøm ut. Strømsstyrken er vist som funksjon av dyp (fra 0-70 m) og tid (oktober 2014). Ovenfor vises vannstanden i fjorden.

For eksempel så strømmet det inn i fjorden i dybdeintervallet 20-40 m fra 6. til 8. oktober (se rød flekk), deretter strømmet det ut av fjorden i dybdeintervallet 40-60 m i noen dager (se blå flekk). Disse episodene kan ikke forklares av vannstandsendringer som er vist over. Forklaringen henger mest sannsynlig sammen med variasjon i kyststrømmen ute i Skagerrak, uten at vi kan si dette med sikkerhet, siden det ikke fins samtidige målinger av forholdene ute i Skagerrak. Siden det er vanskelig å forklare slike episoder i fjorden under dagens situasjon, vil det være minst like vanskelig å si noe om slike episoder i steinalderens Oslofjord. Men på den annen side så har ikke de fysiske lovene endret seg, så det er faktisk ikke så veldig mye vanskeligere å beskrive tilsvarende strømfenomen i steinalderen. En kan for eksempel med sikkerhet si at slike fenomen eksisterte også den gangen, med lignende frekvens og varighet.



Figur 3. Målt vannstand og strømforhold ved Bastø (posisjon N 59,3435°, Ø 10,5810°), som ligger rett sør for Horten. Øverst vises vannstand og nederst vises strøm inn (rød) og ut (blå) av fjorden.

De fire faktorene; vannstandsending (punkt 3 i lista over), elvetilførsel (4), atmosfæriske forhold (5) og vannutveksling med havområdene på utsiden (6), beskriver alle energitilførsel som driver sirkulasjonen inne i fjorden. Disse drivkreftene tilfører energi som blir til bevegelse i form av havstrømmer. Det er to andre faktorer som ikke tilfører energi, men som like fullt er helt avgjørende for strømforholdene, og det er bunntopografien (1) og jordrotasjon (2). Jordrotasjon er mindre viktig for strømmer inne i trange fjorder, men kan ha hatt større betydning når fjorden var breiere. Bunntopografien er viktig for den utgjør de fysiske rammene for havstrømmene. Det vil være sterke strømmer i trange sund, og undersjøiske fjellrygger kan danne lukkede bassenger hvor dypvann kan få svært lang oppholdstid.

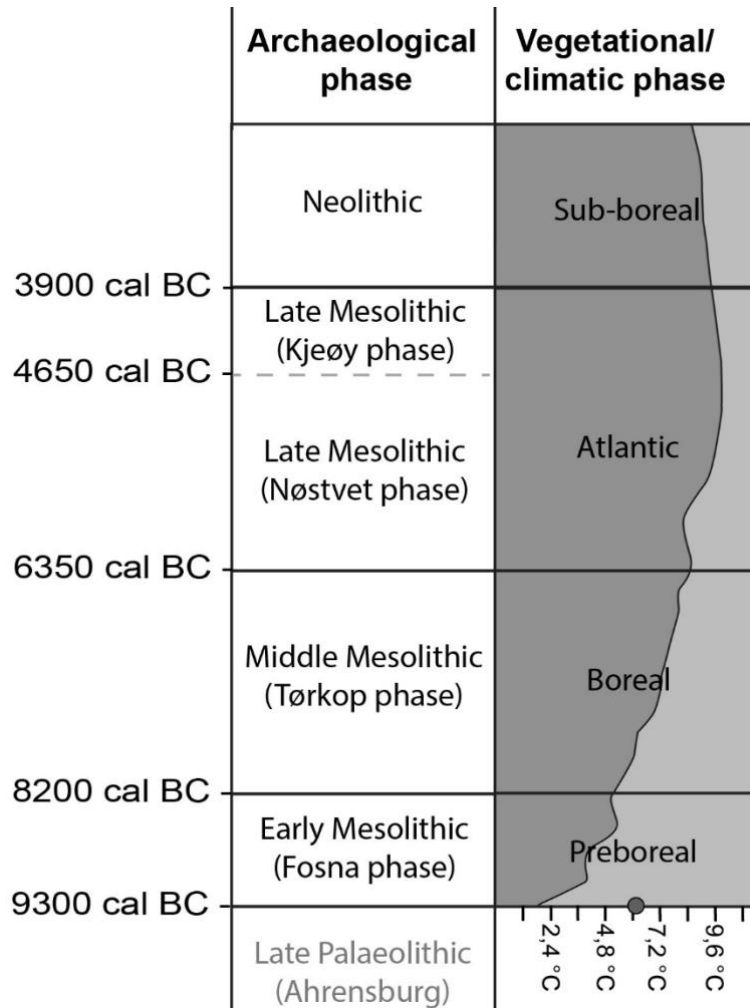
Disse fysiske og kjemiske forholdene påvirker igjen de biologiske forholdene. Med biologiske forhold menes her pelagiske og bentiske alger, det vil si blant annet plateplankton og tang og tare, dyreplankton, som kan være alt fra mikroskopiske krepsdyr, til reker og til maneter, et mylder av dyr som lever på bunn, forskjellig fisk og sjøpattedyr som sel. De biologiske forholdene i havet påvirker også de som holder til nær kysten, som sjøfugl, og ikke minst, mennesker. Mennesker har også påvirket de marine forholdene i svært stor grad, helt fra strandlinja og ned til de dypeste dyp i fjorden. I denne rapporten ser vi på den spede begynnelsen til denne påvirkningen.

1.3 Grunnleggende antagelser

Steinalderen er den tidsepoken hvor mennesker hovedsakelig brukte egger av stein til å kutte med. Epoken varte fra ca. 2 millioner år siden til bronsealderen startet, hvor bronse ble tatt i bruk. I Norge skjedde dette omtrent for 3800 år siden (Stylegar, 2018).

Den mesolittiske epoken, som også kan kalles eldre steinalder, settes i Skandinavia til perioden mellom 11 300 og 5900 år siden, og kjennetegnes av at menneskene levde som nomadiske jegere og samlere. Denne perioden ble etterfulgt av den neolittiske perioden, hvor jordbruk og husdyrhold startet opp. Disse inndelingene i perioder er altså definert ut ifra hvilke rester menneskene etterlot seg etter sin virksomhet, og kan derfor være forskjellig på forskjellige steder i verden. I Midtøsten kan for eksempel den neolittiske epoken ha startet så tidlig som for 12 000 år siden, mens jordbruk ikke startet opp før flere tusen år seinere her i Norden.

I denne rapporten ser vi på lokaliteter i området rundt dagens Horten, som lå langs kysten, men som landhevningen har gjort at i dag ligger fra ca. 63 til 83 meter over havet. Dette var tilfelle for omtrent 9800 til 8800 år siden, altså fra starten av den mellommesolittiske epoken, hvor folk var samlere og jegere, men hvor man ikke drev med jordbruk og husdyrhold. På dette tidspunktet var befolkningen i regionen liten (Solheim og Persson 2018), samtidig som innvirkningen hvert enkelt menneske hadde på naturmiljøet var relativt begrenset. For å sette det på spissen kan man si at vi i mesolittisk tid ikke hadde begynt å forurense fjorden enda.



Figur 4. Temperaturvariasjoner i mesolittisk tid. Den mesolittiske perioden varte omtrent fra 11300 til 5900 år siden. På y-aksen vises tiden med enheten «cal BC», som betyr antall år før vår tidsregning (dvs. «før Kristus»). For ca. 4000-8000 år siden har det vært en varmere periode. I høyre del av figuren vises årlig middeltemperaturen på x-aksen. Dagens middeltemperatur i Bohuslän (6,1 °C) er markert. Figuren er bearbejdet fra Mjærum og Mansrud (2020).

I tusenåret før den mesolittiske epoken startet økte temperaturen flere grader. Overordnet sett har klimaet vært relativt stabilt siden da. I perioden vi skal se på, fra 9800 til 8800 år siden, kan en derfor anta at klimaet var omtrent som i dag (se Figur 4). Dette gjør modelleringen svært mye lettere.

Kyststrømmer er drevet av ferskvannet som kommer ut med elvene. Jordrotasjonen gjør at denne strømmen tvinges til høyre på den nordlige halvkule. I Figur 5 er det generelle sirkulasjonsmønsteret i Skagerrak i dag vist. Langs vestkysten av Danmark går Jyllandstrømmen (røde piler) som er drevet av ferskvann som kommer ut i Tyskebukta, hvor blant annet de store elvene Elben og Weser renner ut. Denne strømmen går sammen med vann fra sentrale deler av Nordsjøen som opprinnelig stammer fra Atlanterhavet (lilla piler). Kyststrømmen oppover langs svenskekysten er drevet av ferskvannet som kommer ut fra Østersjøen (oransje piler). Når denne strømmen når norskegrensa skifter den navn til den norske kyststrømmen (grønne piler). Her kommer det ut flere store vassdrag, hvor de to største er Glomma og Drammenselva, som også bidrar til å drive strømmen.



Figur 5. Det generelle sirkulasjonsmønsteret i Skagerrak i dag. Figuren er hentet fra Moy et al. (2002).

Bunntopografien har endret seg svært mye de siste 10 000 år på grunn av landhevingen, og vannstanden ved Løvås var ca. 80 m høyere enn i dag, da denne lokaliteten var i bruk. Men landhevingen helt sør i landet var veldig liten. Samtidig hadde Østersjøen sitt utløp omtrent som i dag. Derfor kan det antas at sirkulasjonen i Skagerrak var omtrent som i dag¹. Denne antagelsen gjør at det kan settes opp en havmodell som dekker Skagerrak, hvor modellområdet grense mot Nordsjøen og

¹Det har vært diskutert om utstrømningen fra Østersjøen var lavere enn i dag (jf. f.eks. Gyllencreutz et al. 2006), men nøyaktig avrenning fra Østersjøen vil hovedsakelig påvirke nøyaktigheten til saltholdigheten, mens dynamikken i sirkulasjonen endres i mindre grad (Albretsen et al., 2006).

Østersjøen er slik som den er i dag, mens bunntopografien i Oslofjorden er endret for å modellere forholdene for 10 000 år siden.

I steinalderen var også topografien i Nordsjøen annerledes, hvor store områder som i dag er hav, var landområder. I dette arbeidet er det ikke vurdert hvordan dette kan ha påvirket vannutvekslingen mellom Nordsjøen og Skagerrak. Dette kan spesielt ha påvirket mengden vann som stammer fra Atlanterhavet, og det kan muligens ha vært litt annerledes saltholdighet i dypet i nordre deler av Skagerrak. Men mest sannsynlig har dette hatt liten betydning for vannutvekslingen mellom Skagerrak og Oslofjorden.

I modellarbeidet er det altså gjort følgende antagelser for å bedømme de marine forholdene for 10000 år siden:

- A. Det var ingen antropogene tilførsler fra land.
- B. Værforholdene var omtrent som i dag.
- C. Sirkulasjonen i Skagerrak var omtrent som i dag.

Den viktigste endringen er topografien i Oslofjorden. Fjorden var bredere, dypere og større enn den er i dag.

2 Modellering av de fysiske forhold

I dette prosjektet blir de fysiske forholdene i fjorden modellert. Det vil si at vannbevegelsene, saltholdigheten og temperaturen i fjorden blir beregnet med en havmodell. Havmodellen ROMS² blir benyttet. Det er mulig å modellere de kjemiske og biologiske parameterne, som partikkelinnhold, konsentrasjon av næringssalter og for eksempel mengden plante- og dyreplankton, samt lysforhold, med samme havmodell. Dette krever en mye mer kompleks modell, som ikke er inkludert i dette modellarbeidet. Men det er mulig å gjøre vurderinger basert på de parameterne som faktisk modelleres, og si noe om både vannkvaliteten og det marine ressursgrunnlaget.

2.1 Modellområde som dekker hele Skagerrak

ROMS er satt opp for hele norskekysten på et grid som har ruter som er 800 m store. Meteorologisk institutt kjører denne modellen hver dag, og den brukes i værvarslingen. Dette modellområdet er veldig stort og krever svært mye regnekraft for å beregne de fysiske parameterne. Et utsnitt av dette modellområdet som dekker hele Skagerrak kjøres i prosjektet MARTINI³. Det er verdt å merke seg at i dette prosjektet beregnes ikke bare de fysiske parameterne, men også kjemiske og biologiske parametere, som næringssalter, organisk stoff og plankton.

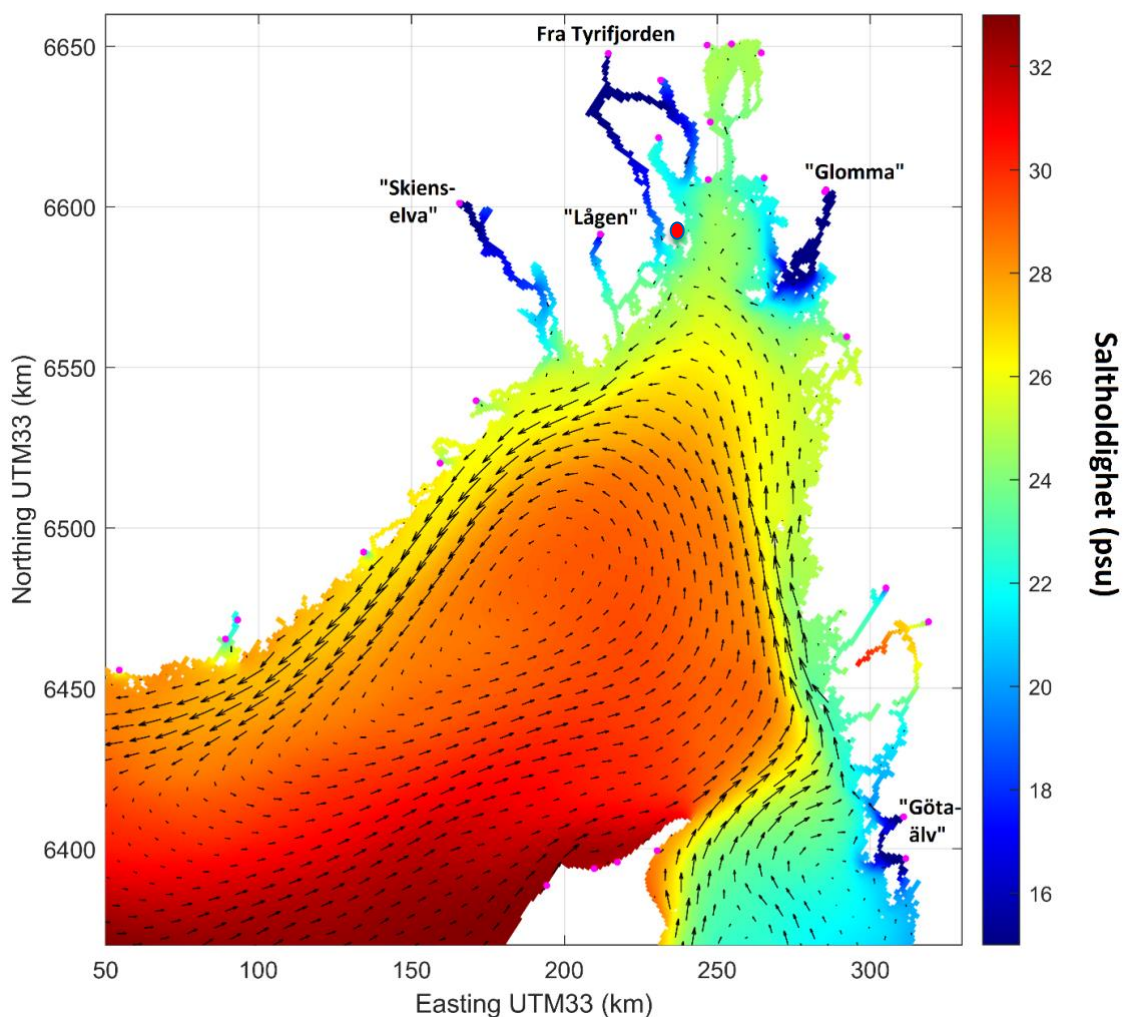
Når det skal settes opp en fysisk havmodell må de fysiske parameterne på utsiden av modellområdet spesifiseres. Dette kalles åpne randbetingelser. Vi har brukt antagelsen om at sirkulasjonen i Skagerrak var omtrent som i dag, siden det var liten endring av vannstanden i Danmark og i de sørligste delene

² Regional Ocean Modeling System, <https://www.myroms.org/>

³ MARTINI-prosjektet har som undertittel "Understanding and predicting water quality for ecosystem-based management of Norwegian fjords, coastal waters and seas"

av Norge. Vi har derfor lagd et modellgrid hvor landhevingen er null omtrent ved Kristiansand og sørover, mens vannstanden sto omtrent 80 m høyere ved Løvås. På denne måten kan vi bruke nøyaktig de samme randbetingelsene som brukes av MARTINI-modellen. Siden vi også har antatt at klimaet var som i dag, så kan vi også bruke de samme atmosfæriske forholdene, som brukes av MARTINI-modellen.

I Figur 6 vises gjennomsnittlig strøm og saltholdighet i overflaten, basert på en modellkjøring som har samme randbetingelser og samme atmosfæriske inngangsdata som MARTINI-modellen, men hvor topografien i Oslofjorden er endret betraktelig. De rosa punktene i Figur 6 viser hvor det er lagt inn elver. I Oslofjorden er det store endringer i hvor elvene kommer ut. Utløpet til Glomma ligger for eksempel nesten helt oppe ved utløpet til Øyeren, og Drammenselva renner ut i fjorden ved Vikersund⁴. Det er tatt hensyn til at nedbørsfeltene var mindre når utløpene til sjøen lå lenger opp i vassdraget.



Figur 6. Resultat fra modellkjøring med 800m grid som dekker hele Skagerrak, hvor topografien i Oslofjorden er endret. Fargeskalaen viser gjennomsnittlig saltholdighet i overflaten, mens pilene viser gjennomsnittlig sirkulasjon i overflatelaget. De rosa punktene viser hvor det er lagt inn elver. Lokalteten Løvås er markert med rød prikk.

⁴ Faktisk kan Tyrifjorden også ha vært en del av Oslofjorden på denne tiden, men det er det ikke tatt hensyn til her.

Ved å se på strømpilene i Figur 6 er det mulig å kjenne igjen strømmene som skjematisk er vist i Figur 5. Det går en kyststrøm langs både den svenske og norske kysten som følger gradienten i saltholdighet. Opp langs vestkysten av Danmark kommer Jyllandstrømmen og inn fra vest kommer det atlantisk vann.

2.2 Topografien i Oslofjorden

Modellgriddet som er benyttet i Figur 6 tar ikke hensyn til at det er relativt stor forskjell i landhevingen for eksempel ved Horten og innerst i Oslofjorden. For å se på detaljene i hvordan topografien i Oslofjorden har endret seg i siden steinalderen, har denne vippeeffekten betydning.

Strandforyskyvningskurven R , er et diagram som viser havnivået til ulike tider, og er differansen mellom dagens topografi H_0 og topografien ved et annet tidspunkt, H .

$$R(x, y, t) = H_0(x, y) - H(x, y, t) \quad (1)$$

Strandforyskyvningskurven er funksjon av både tiden t og posisjon (x, y) . Topografien har positive verdier for punkter som ligger over vann og negative verdier for punkter som ligger under havoverflaten. Det er tatt utgangspunkt i en posisjon 1 i nærheten av Løvås (N 59,39998° Ø 10,44026°) hvor $R = 80$ m ved et tidspunkt. Dette tidspunktet er ikke nøyaktig kjent, men strandlinja lå da ved dette punktet der $H=0$. Ifølge ligning (1) ligger dette punktet i dag da 80 meter over havet.

Mellom posisjon 1 og i retning av posisjon 2 (N 59,87749° Ø 11,14227°) er det antatt at strandforyskyvningskurven øker med 0,5 m/km (ΔR). Dette kan uttrykkes

$$R = R_0 + Ax + Bx \quad (2)$$

I eksempelet over settes da $R_0 = 80$ m. Hvis de to posisjonenes koordinater i UTM projeksjon sone 33 betegnes som hhv. (E_1, N_1) og (E_2, N_2) , kan A og B beregnes.

$$\Delta E = E_2 - E_1 \quad (3)$$

$$\Delta N = N_2 - N_1 \quad (4)$$

$$A = \Delta R \frac{\Delta E}{\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}} \quad (5)$$

$$B = \Delta R \frac{\Delta N}{\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}} \quad (6)$$

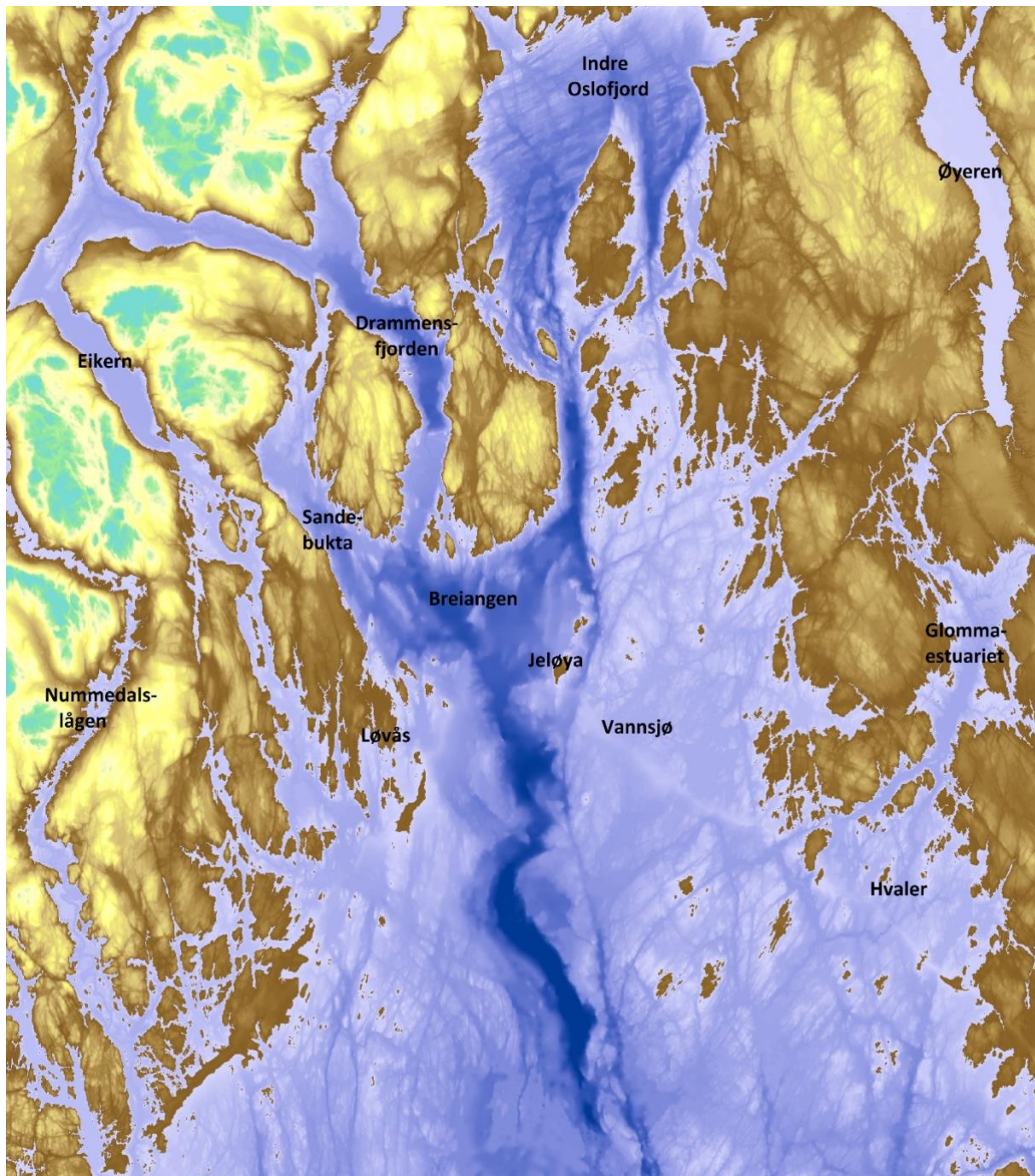
Nå kan strandforyskyvningskurven beregnes med ligningene (2) til (6), og topografien ved tidligere tider kan beregnes fra ligning (1). En kan også sette inn forskjellige verdier for R_0 . I Vedlegg A er dette gjort hvor det er prøvd å sette R_0 lik verdier fra 85 til 60 m, men det er i det vedlegget fokusert på området rundt Løvås.

Figur 7 viser topografien i Oslofjorden når $R_0=80$ i posisjon 1, som er i nærheten av Løvås. Det er her altså antatt at R øker med 0,5 m per km i retning av posisjon 2, som ligger øst for indre Oslofjord. I øst ser en at Glommaestuariet strekte seg nesten helt opp til utløpet av Øyeren. Det var forbindelse inn til Indre Oslofjord på østsiden av Nesodden, som den gangen var en øy. Drammensfjorden strekte seg minst helt opp til Vikersund, og Tyrifjorden kan også ha vært en del av fjorden. Ferskvannet som kom

ut fra Tyrifjorden hadde to veier å gå ut til fjorden. Via Eikeren og i retning ned mot dagens Tønsberg var det fjordforbindelse. Området fra lokaliteten Løvås og opp mot dagens Hokksund var en diger øy. Nummedalslågen hadde også sitt utløp mye lenger inn i landet, med et relativt trangt og grunt estuarie på utsiden.

I kartet er det benyttet topografi som har en horisontal oppløsning på 50 m, og det er ikke tatt hensyn til at faktorer som blant annet erosjon, sedimentering og utbygging har påvirket landskapet i de siste 10 000 årene.

De største forskjellene mellom topografen i Figur 7 og den som er brukt i Figur 6, er at det var forbindelse mellom Sandebukta og Drammensfjorden, samt at det var mer åpent vann øst for Drøbaksundet. Hadde dette vært tatt hensyn til i modellberegningene i Figur 6, hadde saltholdigheten vært lavere i Sandebukta, men saltholdigheten utenfor Løvås hadde ikke blitt påvirket nevneverdig.

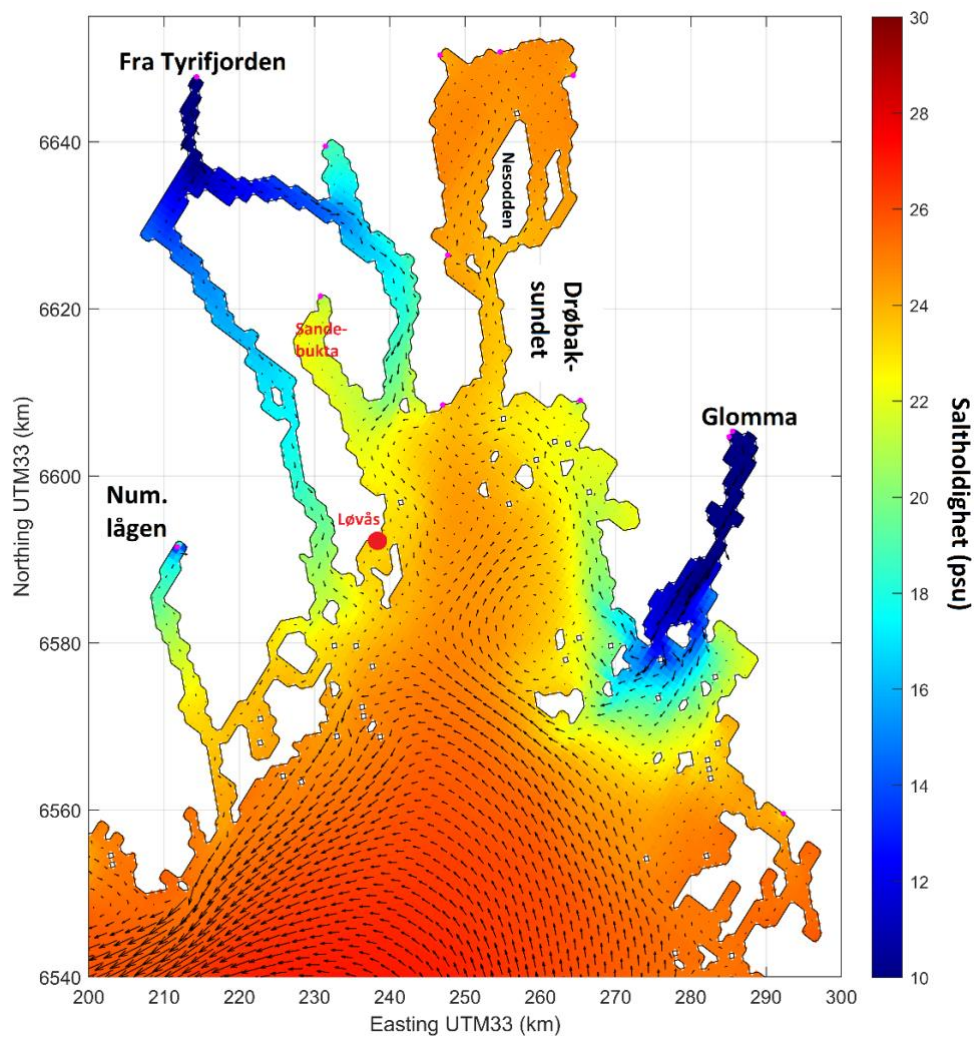


Figur 7. Topografien når vannstanden ved Løvås var 80 m høyere enn i dag.

3 Beskrivelse av de fysiske forholdene

3.1 Tilførsel av ferskvann fra de store vassdragene

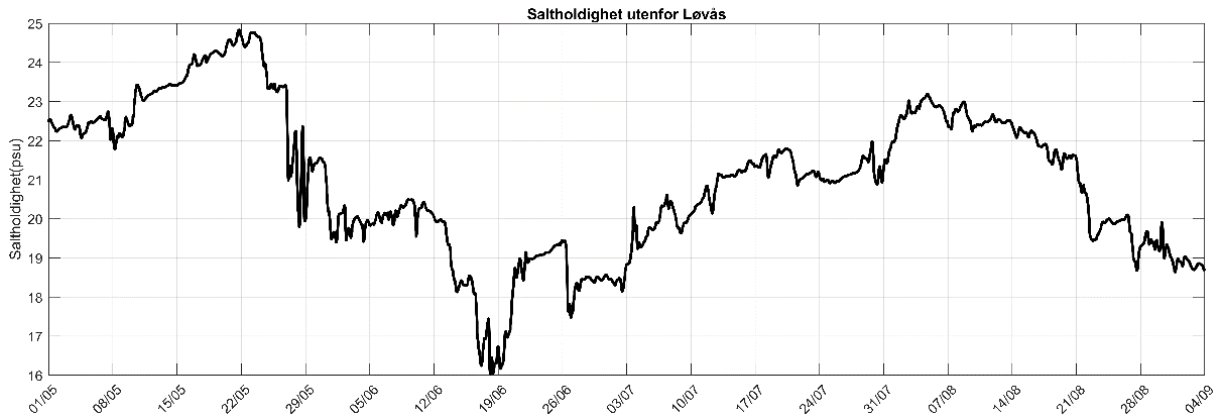
I Figur 8 vises den generelle sirkulasjonen og gjennomsnittlig saltholdighet i Oslofjorden når vannstanden sto 80 m høyere ved Løvås. De to store elvene, Glomma og Drammensvassdraget påvirker både saltholdigheten i overflaten og sirkulasjonen. I sentrale deler av Oslofjorden saltholdigheten på 20-25 psu, som er tilsvarende som det som forekommer i dag.



Figur 8. Resultat fra modellkjøring for situasjonen for 10000 år siden med 800m grid som dekker hele Skagerrak. Fargeskalaen viser gjennomsnittlig saltholdighet salinitet i overflaten, mens pilene viser gjennomsnittlig sirkulasjon i overflatelaget. De rosa punktene viser hvor det er lagt inn elver. Den store røde prikken viser hvor lokaliteten Løvås lå.

Det vi kan kalle Drammensfjordsystemet og Glommaestuariet, var svært preget av ferskvann selv om nedbørsfeltene var noe mindre enn i dag. Lokalitetene rundt Løvås lå i et område som var påvirket av begge disse to store ferskvannskildene, avhengig av værforholdene. I Figur 9 vises det hvordan saltholdigheten i overflatelaget utenfor lokalitetene ved Løvås kan ha variert. I figuren er det vist en

periode på fire måneder fra mai til september. Saltholdigheten varierer i takt med ferskvannstilførselen, samt værforholdene. Saltholdigheten varierte ifølge modellberegningene mellom 16 og 25 psu. Enkelte år så var nok saltholdighet både noe høyere og noe lavere enn dette, hvis det var ekstraordinær tørke eller flom.

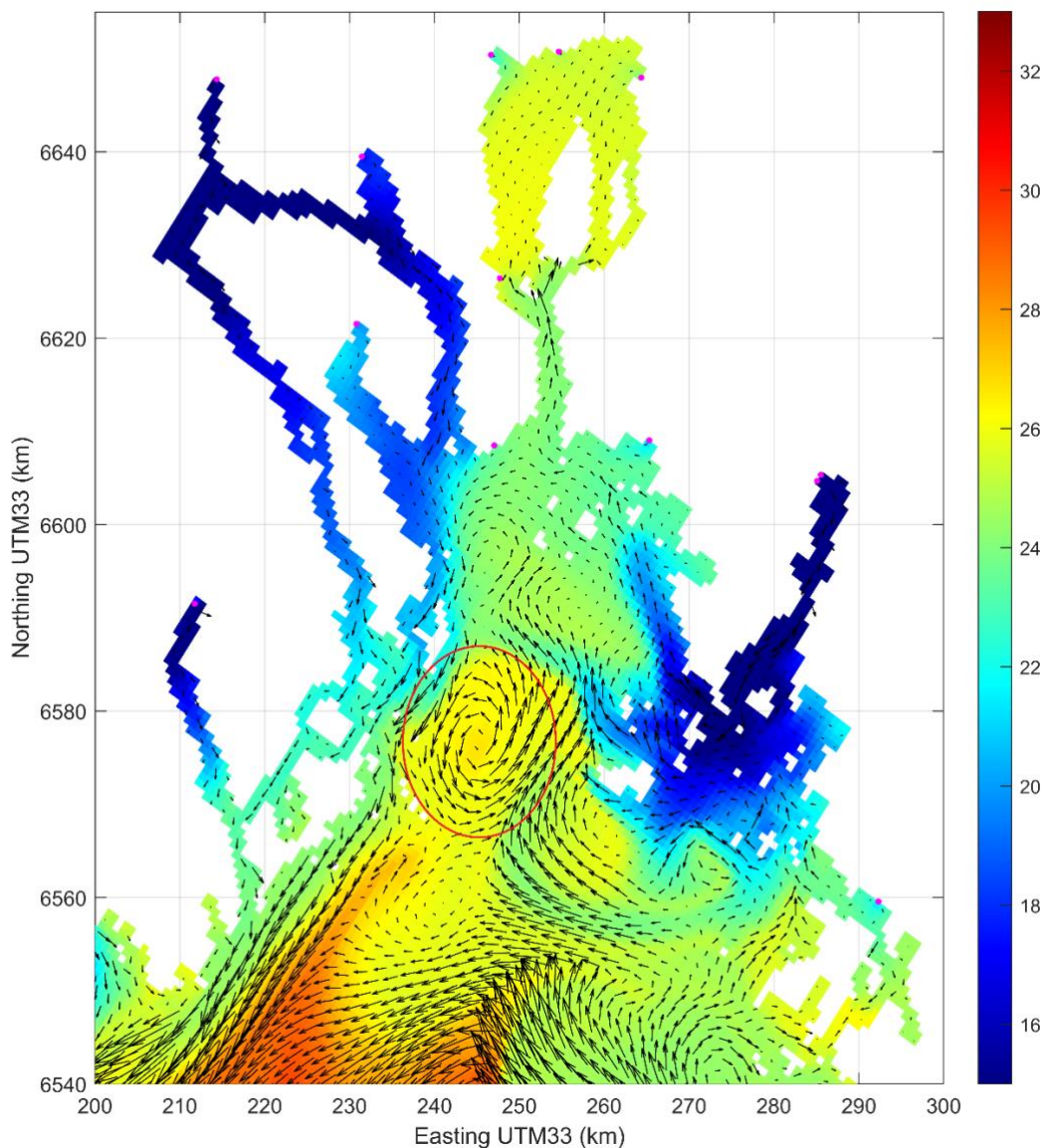


Figur 9. Saltholdigheten i overflatelaget utenfor Løvås. I modellberegningene varierte den mellom 16 og 25 psu.

3.2 Var området på utsiden et oppstrømningsområde?

Ifølge modellberegningene forekommer ofte virvler som går mot klokka i området utenfor Horten. Disse er drevet både av ferskvann fra Glomma som har en tendens til å gå nordover langs kysten på østsiden av fjorden og vann dra Drammensfjorden som følger kysten på vestsiden.

I senter av disse virvlene er det noe høyere saltholdighet hvis de går mot klokka. Dette er tegn på oppstrømning av næringsrikt vann, som gir opphav til gode forhold for plankton, som igjen bidrar til mat for dyr høyere opp i næringskjeden, som fisk, sjøfugl og pattedyr. I Figur 10 er det vist en slik virvel som går mot klokka, hvor det er tegn til oppstrømning av saltene vann fra underliggende vannmasser i senter av virvelen.

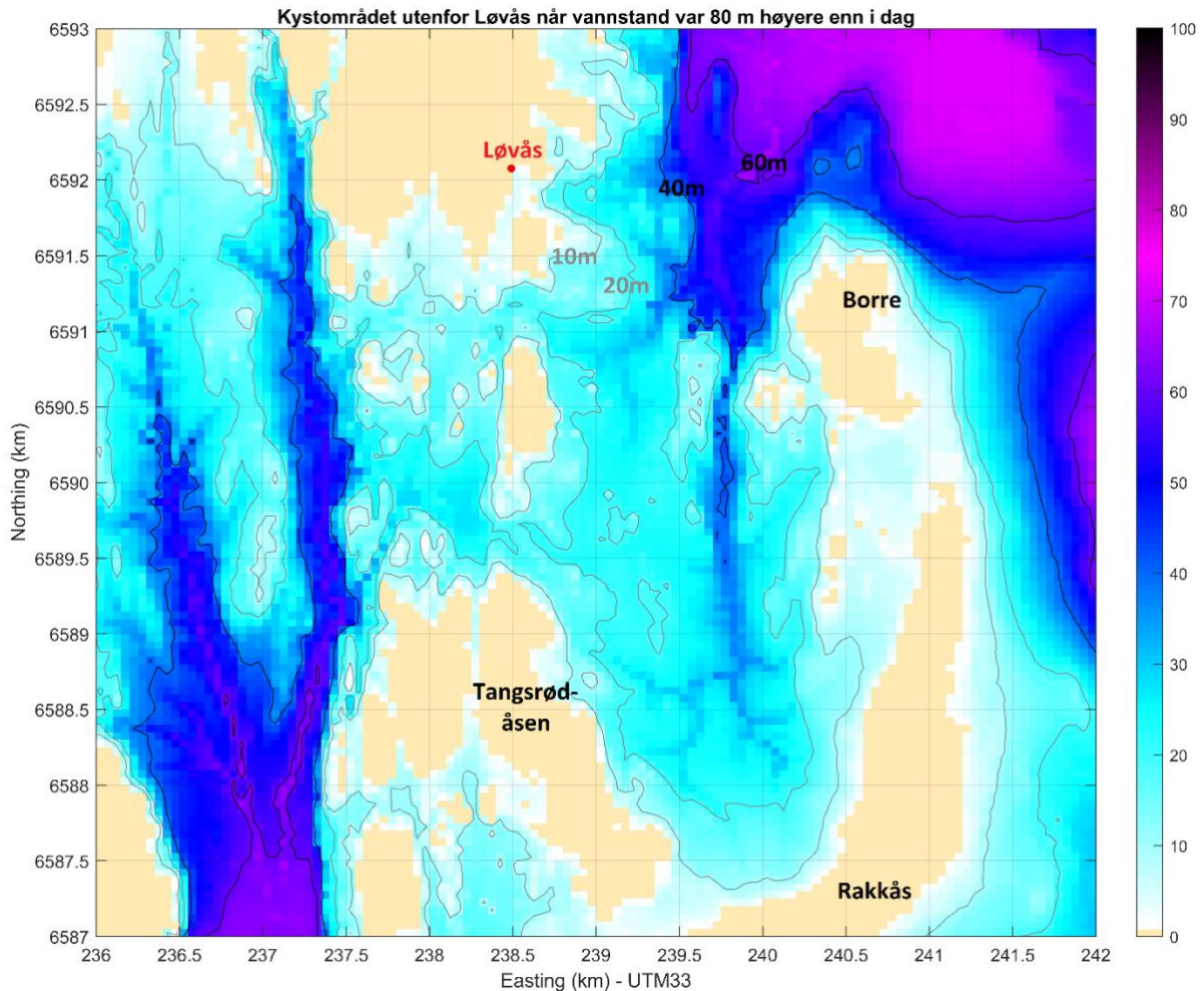


Figur 10. Et øyeblikksbilde av hvordan sirkulasjonen i Oslofjorden kan ha vært. Den røde ringen markerer en virvel med forhøyet saltholdighet i midten.

3.3 Lokale forhold utenfor lokalitetene ved Løvås

I Figur 11 vises samme bunntopografi som er vist i Figur 7, men det er fokusert på området utenfor Løvås. Ligningene (1) til (6) er benyttet med $R_0 = 80$ m. Fargeskalaen angir bunnforholdene. Utenfor Løvås var det store områder med vanndybder mindre enn 20 m. Det går en kanal på vestsiden av den store øya markert med stedsnavnet Borre og rett sørover med vanndybder ned mot 40 m. Ellers er vanndybden i området på innsiden av de store øyene markert med stedsnavnene Borre, Rakkås og Tangsrødåsen mindre enn 40 m. Dette området ble utover i perioden stadig grunnere, og dermed mer tilgjengelig. Det ville ha vært relativt trygt å ferdes i en liten sjøgående farkost i dette beskyttede området, selv når det var en del vind.

Bølgehøyde kan beregnes fra vindstyrke og strøklengde. Strøklengde⁵ (fetch på engelsk) er den lengden vinden har til rådighet for å lage bølger. Strøklengden utenfor Løvås var omtrent 5 km på innsiden av de store øyene. For å få en signifikant bølgehøyde⁶ på over 1 m med en strøklengde på 5 km det trengs det en vindstyrke på 25-30 m/s, det vil si full storm.



Figur 11. Kart over området utenfor Løvås for 10000 år siden. Fargeskalaen angir bunntopografien. Det er tegnet inn konturlinjer for 10, 20, 40 og 60 m.

⁵ Se https://www.yr.no/artikkel/hvordan-bli-bolgene-til_-1.7582297

⁶ Signifikant bølgehøyde er middelveien for den tredjedel av bølgene som er høyest.

4 Det marine ressursgrunnlaget

4.1 Sammenheng mellom tilførsler og vannkvalitet

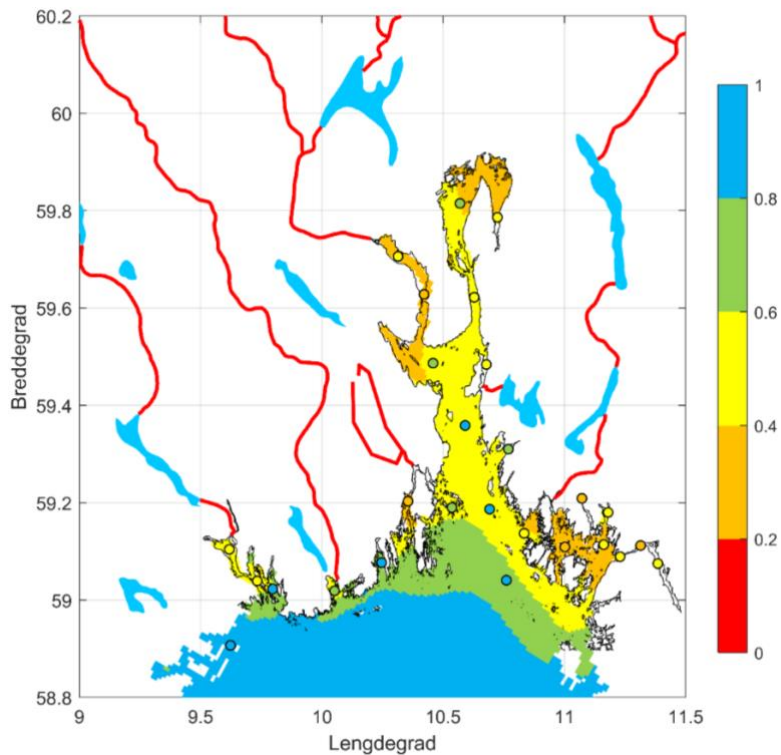
Mengden næringssalter i vannmassen gir grunnlaget for både vekst av planteplankton som er alger som flyter rundt i vannmassene og bentiske alger som sitter fast i bunn, som tang og tare. En parameter som er med å bestemme vannkvalitet er mengden nitrat på sommeren. Konsentrasjonen er alltid høyere på vinteren, men på våren er forekommer det masseoppblomstring av plantaplankton, hvor mesteparten av næringssaltene i vannmassene blir brukt opp. Er vannkvaliteten god, så går konsentrasjonen av nitrat ned mot null i sommermånedene. Det er utarbeidet klassegrenser som sier hva konsentrasjonen bør være i gjennomsnitt gjennom sommermånedene (se Tabell 1).

Tabell 1. Grenseverdier for konsentrasjon av nitrat på sommeren i overflatelaget (0-10 m) hentet fra Veileder 02:2018⁷ tabell 9.26.

Tilstandsklasse	Grenseverdier (µg N/L)	nEQR - verdi
Svært god	< 12	0,8 – 1,0
God	12 – 23	0,6 – 0,8
Moderat	23 – 65	0,4 – 0,6
Dårlig	65 – 250	0,2 – 0,4
Svært dårlig	> 250	0,0 – 0,2

I dagens Oslofjord er det enorme tilførsler av nitrogen til fjorden fra landbruk og befolkning, og på sommeren er vannkvaliteten dårlig (se Figur 12). Omtrent to tredjedeler av disse tilførslene er menneskeskapte. Dette er en medvirkende årsak til at forholdene i dag er dårlige i Oslofjorden. I tidligere tider vokste det tare og fastsittende alger dypere ned i vannmassen, enn det gjør i dag. I dag er bestandene av flere arter av torskfisk svært lave. I tillegg har det på mystisk vis vært en brå og kraftig tilbakegang av blåskjell. For folk som bodde ved fjorden i mesolittisk tid kan en anta at mengden nitrogen i vannmassen på sommeren var i tilstandsklassen svært god og at økosystemet var intakt.

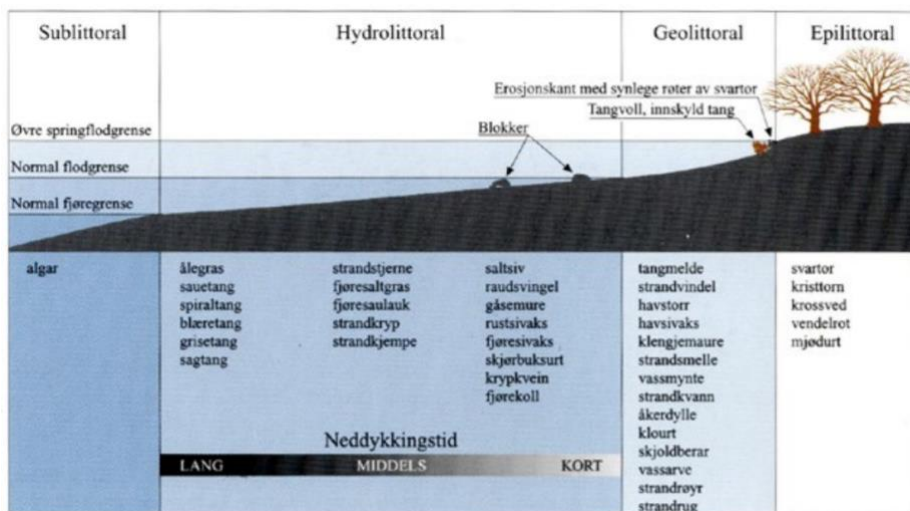
⁷ <https://www.vannportalen.no/veiledning/klassifiserings/>



Figur 12. Nitrat og nitritt i overflatelaget (0-10 m) i sommersesongen (juni-august) i dag, basert på MARTINI-modellen og vannprøver for perioden 2017-2019. Fargeskalaen angir nEQR-verdi.

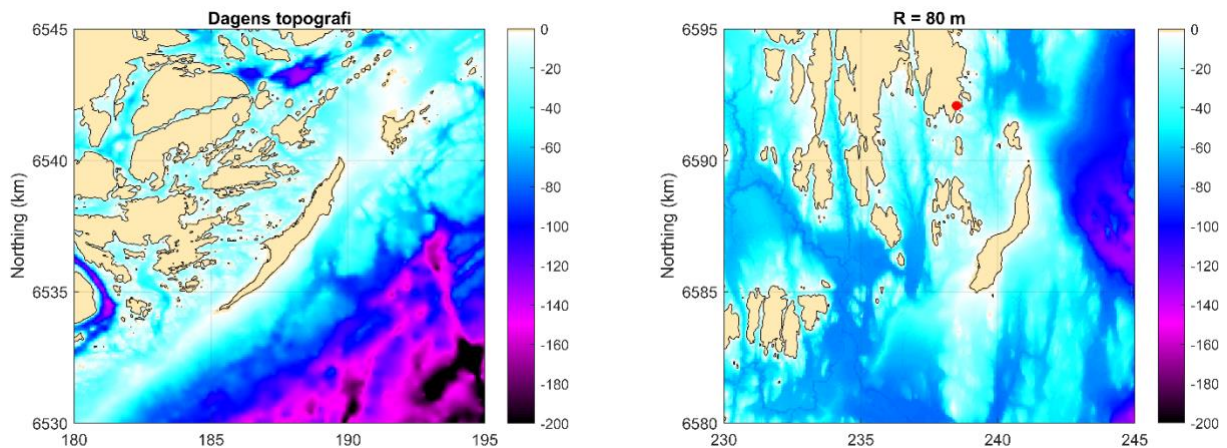
4.2 Hvordan kan forholdene ha vært?

Dybde, terreng, substrattype og eksponering er viktige premisser for hvilke marine samfunn som etableres på sjøbunnen. I denne rapporten er det valgt å fokusere på mulige naturtyper som har tilgrenset de arkeologiske bosetningene i strandlinjen (littoralsonen) og den grunne delen nedenfor (sublittoral sone ned til ca. 30 m dyp). En skjematisk framstilling av littoralsonen er vist i Figur 13.



Figur 13. Sonering med typiske plantearter langs sjø/land-gradienten på en strandeng. Figuren er hentet fra Lundberg (2013).

Erfaringsbaserte antagelser om hva man kan forvente å finne ved sammenlignbare (analoge) lokaliteter i Ytre Oslofjord i dag ligger til grunn for de antatte naturtypene. Innenfor et utvidet geografisk område (som ville kreve tilgang til en form for sjøgående fartøy) er det imidlertid sannsynlig at en rekke flere naturtyper og habitater enn de som er beskrevet her vil ha vært representert (men da mindre tilgjengelig).



Figur 14. Sammenligning av topografien ved Jomfruland (til venstre) og ved Løvås når vannstanden sto 80 m høyere enn i dag. Jomfruland er den langstrakte øya midt i det venstre kartet. Lokaliteten Løvås er markert med rød prikk i kartet på høyre side.

Det er fremtredende likhetstrekk mellom skjærgården som er modellert ved de arkeologiske bosetningene og nåtidens skjærgård rundt Jomfruland og Kragerø. På venstre side i Figur 14 vises området rundt dagens Jomfruland utenfor Kragerø. På høyre side i samme figur vises området rundt Løvås. Begge områdene er det en langstrakt øy som ligger og beskytter kysten og småøyene på innsiden.

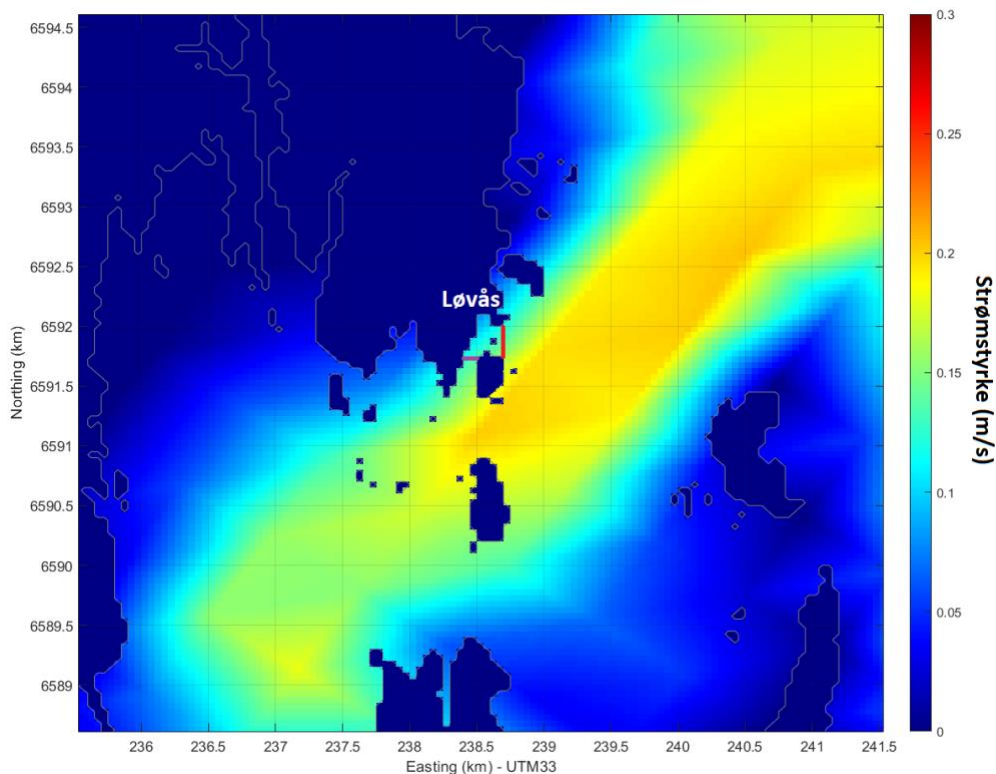
Eksisterende marine naturtyper i Kragerøskjærgården, og kartleggingsdata som foreligger fra Jomfruland nasjonalpark, har derfor dannet utgangspunkt for vurderinger av det marine miljøet og ressursgrunnlaget ved de aktuelle boplassene (Hartvig Christie et al. 2014).

Med unntak av beinrester fra sel samt en fiskekrok er det lite annet enn den kystnære beliggenheten som direkte kan knyttes til menneskenes sannsynlige ressursutnyttelse og det daværende marine miljøet. Til tross for begrenset arkeologisk materiale fra disse boplassene finnes annet arkeologisk kildemateriale som indikerer at marine ressurser har vært en sentral del av dietten til kystnær mellommesolittisk befolkning langs Oslofjorden (Mjærum and Mansrud, 2020). Fra funn (knokler) av steinalderfolk fra lenger sørvest og vest på kysten viser stabile isotoper at disse levde av dyr fra havet. Stabile karbon isotoper indikerer matens opphav (fra marint miljø), og nitrogen isotoper at de ernærte seg høyt oppe i næringskjeden (lite planter og mye sjødyr (Skar 2016). Isotopstudier av mellommesolittisk skjelettmateriale fra den svenske vestkysten synliggjør imidlertid at også fisk og landdyr har inngått i kostholdet (Lidén et. al. 2004, Boethius 2018:120–121).

4.3 Marine forhold ved en boplass ved et trangt sund

Når vannstanden sto 80 m høyere enn i dag lå lokaliteten Løvås ved et trangt sund. Sundet var ca. 100 m bredt, og noen meter dypt (se Figur 14). I dette sundet var det antagelig sterk strøm. De andre lokalitetene (Olsmyra, Viulsrød, Råen og Adal) lå også ved trange sund, men ved senere tidspunkt når vannstanden sto lavere enn 80 m.

I Figur 15 vises gjennomsnittlig strømstyrke i området utenfor Løvås. Beregningene er gjort med modell med 800 m størrelse på gridcellene, og så er disse resultatene interpolert til et grid med celler som er 50 m store. I det grove griddet er ikke sundet rett utenfor Løvås inkludert, og strømstyrken vil være mye høyere enn det som er vist i Figur 15. Men modellresultatene gir oss data om strømstyrken på utsiden av det trange sundet. Strømstyrken var rundt 0,2 m/s rett på utsiden. Tverrsnittet av innløpet til sundet kan ha vært omtrent 2000 m² (rød strek i Figur 15), mens tverrsnittet i den trange delen av sundet kan ha vært 200 m² (lilla strek). Siden volumstrømmen må bevares så må strømmen gjennom dette sundet ha vært sterk. Hvis en tenker seg at en strøm på 0,2 m/s kommer inn i sundet og at denne forsterkes ved at det blir trangere, skulle en forvente en strøm på 20 m/s. Men det er motstand i sundet, og i praksis vil det ikke bli så sterk strøm, siden det er lettere for vannet å strømme på utsiden av sundet. Strømmen i sundet var sikkert opp mot 1 m/s på det sterkeste.



Figur 15. Strømstyrke i overflatelaget for 10000 år siden basert på data fra en modell med 800 m grid.

I strømrike sund vaskes gjerne finmateriale ut, og sjøbunnen domineres oftest av hardt substrat som grus, stein og/eller fjell. Hardt underlag utgjør vekstsubstrat for fastsittende dyr og makroalger. Slike områder med god vannbevegelse koloniseres vanligvis av filtrerende organismer, slik som anemoner, muslinger og svamp. Dette er dyr som lever av å filtrere næring direkte fra vannmassene, hovedsakelig

planteplankton. Store muslinger som flatøsters (*Ostrea edulis*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og kuskjell (*Arctica islandica*) er vanlig å finne i slike grunne, strømrrike sund. Blåskjell og kuskjell er funnet ved skjellbanker tilbake til tidlig Holocene (dvs. på starten av den mesolittiske perioden) (Brøgger, 1905) og har sammen med andre lite bevegelige bløtdyr antagelig vært en rikelig og lett høstbar ressurs.

Hardbunnsamfunn i strømrrike sund med variert og tilgjengelig substrat for kolonisering er ofte svært artsrike med høy variasjon og tetthet av makroalger og dyr representert. Områdene tiltrekker seg derfor predatorer fra høyere trofisk nivå, altså høyere opp i næringskjeden. Både kysttorsk (*Gadus morhua*), rognkjeks (*Cyclopterus lumpus*), flyndrefisk (*Pleuronectiformes*) og arter innen leppefiskfamilien (*Labridae*) er eksempler på fisk som kan trekke mot slike grunne, artsrike lokaliteter gjennom beite-, oppvekst- eller gytefasen. Et rikt dyreliv kan dessuten skjule seg mellom sprekker på fjell eller i ur. Taskekrabbe (*Cancer pagurus*) og Europeisk hummer (*Homarus gammarus*) er bunnlevende arter som benytter steinur som et viktig oppvekstområde.

I dag har Ytre Oslofjord stedege bestander av steinkobbe (*Phoca vitulina*) både ved Hvaler og Koster med typisk tilhold på mindre holmer og skjær. Også i Kragerøområdet har det vært observert sel gjennom lang tid (se Christie et al., 2014). Ettersom selbestandene gjerne holder til ved faste lokaliteter, kan det tenkes at skjærgården rundt Løvås, kan ha vært tilholdssted for sel.

Sommerstid er steinkobben mindre aktiv, med unger som ikke enda er svømmedyktige og som ofte er å finne hvilende på skjærene. Særlig i en fase med små unger vil stedbunden sel være et utsatt bytte for jakt. Det er funnet arkeologisk benmateriale fra et ungdyr av sel, antagelig steinkobbe, ved Løvås (Magnell 2020). Andre sjøpattedyr som i dag sporadisk observeres i Oslofjorden er havert (*Halichoerus grypus*) og nise (*Phocoena phocoena*) men ingen av disse artene er per i dag knyttet til stedege bestander eller lokaliteter i Oslofjorden og de mer pelagiske artene har nok vært vanskelige å fange. Forekomsten av sjøpattedyr og sjøfugl har sannsynligvis vært betydelig høyere i tidligere tider hvor befolkningstetthet og ressursuttak var lavt, sammenlignet med det den er i dag.

4.4 Marine forhold ved en boplass plassert innerst i en beskyttet bukt

Fra den topografiske modelleringen (se Figur 11) har øvre del av sublittoral sone (se Figur 13) ved Løvås en slak helningsgrad og den grunne delen av sublittoral sone har hatt stor romlig utbredelse. Tolket fra modellene har menneskene som levde der hatt enkel passasje til og fra vann og ressurser som snegl og muslinger burde enkelt kunne høstes ved å vasse i store deler av bukta. Vurdert fra nåtidens analoge topografi, er tilsvarende grunne og beskyttede bukter som oftest dominert av mykt bunns substrat hvor substratets kornstørrelse gjerne varierer fra bløt mudderbunn til grovere sand.

Grunne bløtbunnsområder med lav til middels bølgeeksponering koloniseres ofte av sjøgress. Ålegress (*Zostera marina*) er den vanligste arten av sjøgress i norske kystområder og det er kartlagt store ålegressforekomster ved Jomfruland (Hartvig Christie et al. 2014). Ålegress er en flerårig akvatisk plante (angiosperm) med gresslignende blad, blomster, frø og røtter. Ålegress vokser på mykt substrat og kan danne store undervannsenger. Ved Jomfruland vokser ålegresset fra fjæresonen og ned til ca. 5 m dyp. Dybdeutbredelsen varierer med lysforhold og i en situasjon med minimal menneskelig påvirkning har vannet trolig vært klarere og ålegressets voksedyp vært større, slik vi i dag kan finne det i mer upåvirkede områder lengre sørvest langs Skagerrakkysten.

Ålegras er en verdifull og høyproduktiv naturtype som utgjør leveområde for et stort artsmangfold av marine evertebrater⁸ (Hartvig Christie 1997) og fisk (Moy et al. 2008). Forekomsten av små dyr som snegl, krepsdyr og muslinger kan utgjøre flere titalls tusen individer per kvadratmeter og økosystemet kan dermed ha vært en rik kilde til marine ressurser året rundt.

Ålegressforekomster bidrar dessuten til biologisk produksjon også utenfor selve økosystemet ved at sjøfugl (vadefugl og andefugler) og stor fisk (torskefisk, flyndrefisk m. fl.), som normalt oppholder seg på litt dypere vann, benytter habitatet som beiteområde. Bosetningen ved Løvås kan dermed ha hatt betydelige matressurser tilgjengelig og har kunnet benytte bukten både til sanking av bløtdyr, fiske og jakte fugl.

Det er nærliggende å tro at snegl- og muslingarter som er identifisert fra tidligere arkeologisk kildemateriale, også har eksistert i rikelige forekomster i området rundt Løvås. Blant artene identifisert fra skjellbanken ved Elgsrud (10950-10700 år siden) og øvre og nedre myabanker (Brøgger 1905; Eymundsson 2015) har særlig strandsnegl (*Littorina littorea*), kongssnegl (*Buccinum undatum*), blåskjell (*Mytilus edulis*) og O-skjell (*Modiolus modiolus*) kjøttfulle bløtdeler som gjør de velegnet som matkilde. Artene har dessuten et høyt reproduksjonspotensial og spredningsevne som underbygger teorien om de trolig har vært tallrike i områdene. Samtlige av disse artene er per i dag svært vanlig forekommende i Oslofjorden.

4.5 Marine forhold på øyene litt lenger ut mot havet

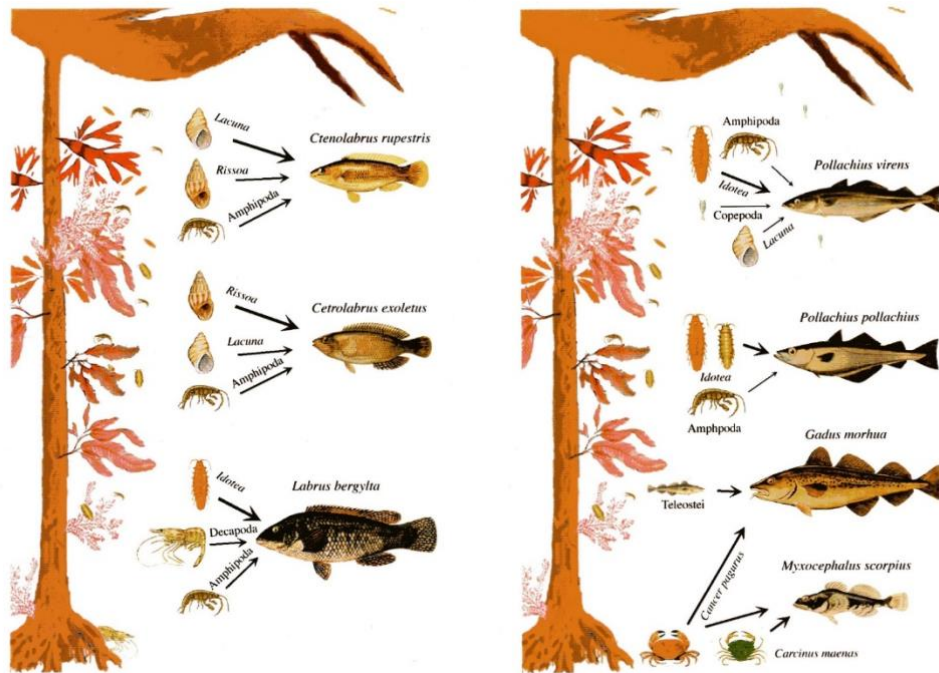
Som vist i Figur 14 så ligner topografien utenfor lokalitetene ved Løvås på området ved Jomfruland slik det er i dag. I begge områdene er det en langstrakt øy som beskytter områdene innenfor. Resultater fra havmodellen viser at det innimellom er virveldannelser utenfor denne øya som går mot klokka, og med litt høyere saltholdighet i midten av virvelen (se Figur 10). Dette er tegn på oppstrømning av næringsrikt vann.

Dersom paralleller trekkes mellom datidens topografi og nåtidens Jomfruland kan man tenke seg at den grunne delen rundt øya (< 30 m dyp) har vært dekket av store tareskogforekomster. Ved Jomfrulandområdet finnes det i dag store sammenhengende tareskoger. I eksponerte og middels bølgeeksponerte områder dominerer stortare (*Laminaria hyperborea*) mens i mer beskyttede farvann, innenfor Jomfruland, er sukkertare (*Saccharina latissima*) den vanligste arten (Hartvig Christie et al. 2014).

Tareskogen er viktige føde- og leveområder for bl.a. krabbe, hummer, sjøfugl, sel, kysttorsk og annen fisk. Tareskog er regnet blant verdens mest produktive økosystemer. Taresens ulike deler er leveområde for et rikt dyresamfunn som kan utgjøre flere tusen individer per tareplante, der små krepsdyr og snegl er de mest artsrike og tallrike (H Christie et al., 2009; Christie et al., 2003). Det er særlig tareplantens festeorgan (hapteren) og påvekstalgene (epifyttene) på tarestilken som er viktige leveområder for de minste dyrene (Figur 16). I tillegg er flere arter fisk tilknyttet habitatet der leppefisk og kutlinger er særlig tallrike innimellom tareplantene i sommerhalvåret (Moy et al. 2008).

Stor arealutbredelse samt høy produksjon av plantemateriale og smådyr, gjør at tareskogene har en svært viktig økologisk funksjon i og utenfor selve økosystemet. Ved sterke vinder skylles tang og tare opp på strendene og danner såkalte tangvoller og disse har stor betydning for smådyr, planter og fugl som lever i strandsonen.

⁸ Det vil si virvelløse dyr



Figur 16. Figuren viser stortareplanten med blad, stilk med påvekstalger, festeorgan (hapter) samt eksempler på dyr tilknyttet tareplanten og fisk (plansjene viser ulike typer fisk) som utnytter disse dyrene. Plansjene er utarbeidet av ukjent illustratør til forskningsprosjektet Tareskogen som økosystem, UiO, HI og NIVA.

Ressursutnyttelse i tilknytning til tareskogen muliggjør høsting på alle trofiske nivå⁹ i den marine næringskjeden. Det menneskelige fotavtrykket på nåtidens tareskog- og ålegress-systemer er stort, og har resultert i at forekomstene er i tilbakegang og den økologiske tilstanden er redusert (Krumhansl et al. 2016). Trådformede algesamfunn har i økende grad tatt over for tareskogen og ålegressengene i Oslofjorden. Klimaendringer, nærings salttilførsler og et høyt fisketrykk på nøkkelarter i systemene er viktige årsaker til de pågående endringene.

I en tid hvor befolkningstettheten var lav og den menneskelige påvirkningen liten, kan man anta økosystemene var nær et klimakssamfunn og at tilgangen til ressursene som fantes må ha vært svært god.

⁹ Et trofisk nivå er et trinn i forflytningen av energi gjennom et økosystem. Ulike organismer plasseres på trinnene i en næringskjede og deles gjerne inn i fire eller fem nivåer.



Figur 17. Vestre bilde viser stortareskog, høyre bilde viser sukkertare. Foto: Camilla W. Fagerli/NIVA.

I motsetning til skog på land tar det kort tid for en tareskog å etablere seg i et område. Særlig sukkertaren har høy spredningsevne og rask vekst. Dersom det finnes egnet vekstsubstrat tilgjengelig vil tett sukkertareskog kunne etableres i løpet av 1-2 år mens stortaren har langsommere vekst og vil bruke rundt 3-4 år på å utvikle en seg til store planter. Bilder av hvordan tareskogen kan se ut er vist i Figur 17.

Tareskog og ålegressenger produserer mye biomasse i løpet av en vekstsesong og selv om denne resursen neppe utnyttet som menneskeføde kan man ha høstet materialet til andre formål. Ålegress ble tidligere tørket og brukt som isolasjon i hus og som polstring i madrasser. Tareplantene er store og kraftige og kan også ha vært benyttet til ulike formål i fersk eller tørket tilstand.

5 Diskusjon

5.1 Er det en fordel eller en ulempe å befinne seg i en lukket vik med dårlig vannutskiftning?

Spørsmålet stilles gitt at man er en nomadisk jeger/sanker med behov for beskyttelse fra vær og vind og en relativt kort avstand til resursene.

Innelukkede vik og bukter langs kysten av Oslofjorden hvor vannutvekslingen er begrenset, kan med dagens økologiske forhold ha forekomst av masseoppblomstring av trådformede alger. Disse kan legge seg som matter på vannoverflaten langt utover fra strandlinja. Eksempler på slike områder er indre Viksfjorden ved Larvik (Berge et al., 2009), Hunnebunn ved Sarpsborg (Staalstrøm & Yakushev, 2019), Kurefjorden på østsiden av Oslofjorden eller Hunnesund på Fornebulandet i Indre Oslofjord.

I slike områder kan det oppstå vond lukt som gjør det mindre attraktivt å oppholde seg her. Men de problemene som oppstår i dag, skyldes ikke at det er liten vannutveksling alene. Årsaken til overbegroingen er høy tilførsel av næringsalter, som hovedsakelig er menneskeskapt. Avrenning fra lokalt jordbruk og også de generelt høye nivåene i fjorden på utsiden, som også skyldes andre menneskeskapt kilder, er årsaken til dette. Uten jordbruk og med lave næringssaltkonsentrasjoner i fjorden på utsiden, så ville man mest sannsynlig ikke hatt slike begroingsproblemer.

I Chesapeake Bay på østsiden av USA var det i perioden opp mot starten av 80-tallet store problemer med overgroing av tang og tare, ålegras og annen vegetasjon under vann. I perioden fra 1982-2015 ble det gjort en enorm innsats for å redusere tilførselene, og konsentrasjon av nitrat i vannmassen ble redusert med 23 % (Lefcheck, et al., 2018). Resultatet var at svært mye av den undersjøiske vegetasjonen kom tilbake. Resultatet var spesielt godt i innelukkede områder med begrenset vannutveksling. I ytre deler av Oslofjorden har det vært en økning av tilførselene, og det observeres tidvis store problemer med påvekstalger på tang, tare og ålegras.

Disse to eksemplene, Chesapeake Bay og Oslofjorden, som har det til felles at det fins mye observasjoner, tyder på at det er en sammenheng mellom næringssaltkonsentrasjoner og begroingsproblematikk, som påvirker det marine ressursgrunnlaget i svært stor grad.

For to år siden ble det observert fiskedød i Hunnebunn ved Sarpsborg på grunn av den svært dårlige vannkvaliteten, men for mindre enn 100 år siden var det kommersiell østersoppdrett i denne vannforekomsten. Forholdene var den gang gunstige for slik drift, som tyder på at dette området hadde bra forhold også for andre marine ressurser.

Det strømrrike sundet utenfor lokaliteten Løvås kan ha vært en slik poll når vannstanden sto 76-77 m over dagens vannstand (se Figur 18). Det kan ikke utelukkes at dette kan ha vært et attraktivt område for å sanke marine ressurser. Men på den annen side så var landhevingen svært rask i denne perioden, og vannstanden kan ha sunket så raskt som 4 cm/år. Det vil si nesten 1 m på 25 år! Området utenfor Løvås kan altså ha vært en innelukket poll i så kort tid som 25 år, mens det var et strømrikt sund i samme område i over hundre år.

Det kan ha eksistert poller med gunstige forhold i nærheten av de aktuelle lokalitetene, spesielt utenfor Løvås, men disse eksisterte i relativt kort tid.

5.2 Hadde de undersøkte lokalitetene spesielt gunstig plassering i forhold til det marine ressursgrunnlaget?

I Tabell 2 er det en liste over seks lokaliteter i nærheten av Løvås. I andre kolonne i tabellen er høyden over dagens strandlinje. Ved Viulsrød er det funnet to forskjellige steder, som har forskjellig høyde. Det kan ikke ha vært noen bosetning her mens disse lokalitetene lå under vann, så dette representerer det høyeste mulige havnivå da lokalitetene var i bruk.

Tabell 2. Lokaliteter vurdert i dette prosjektet, hvor det er funnet mesolittiske bosetninger.

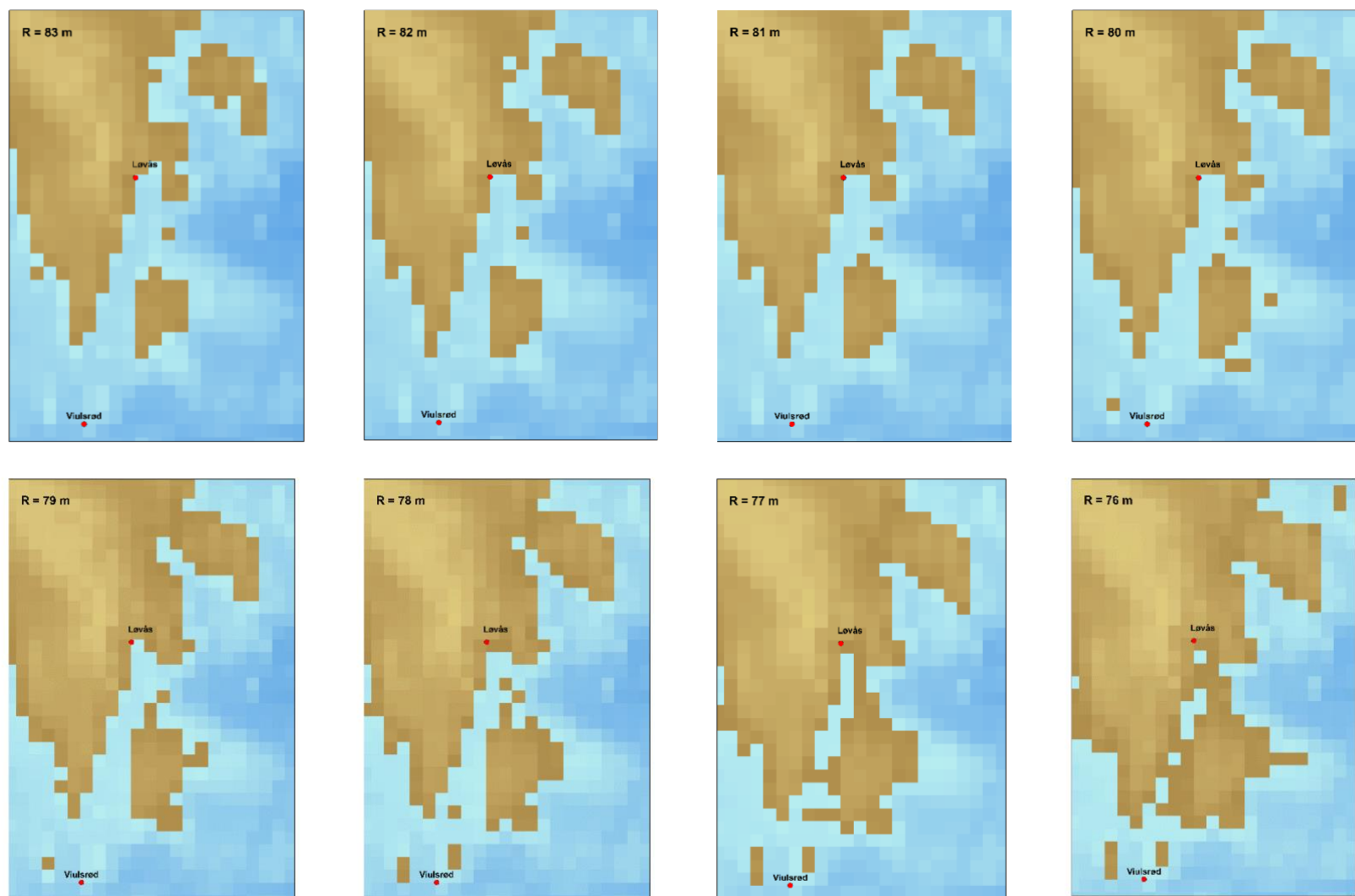
Lokalitet	Høyde (havnivå) (m)	Datering når lokaliteten lå på strandlinja (år siden nåtid)	UTM33 Easting (m)	UTM33 Northing (m)
Løvås	83	9700 ± 100	238491	6592077
Olsmyra	70	9200 ± 100	238902	6593713
Viulsrød 1	70	9200 ± 100	238330	6591176
Viulsrød 2	66	9000 ± 100	238330	6591176
Råen	64	9000 ± 100	238310	6591065
Adal	63	8900 ± 100	238453	6589813

I Figur 18 vises strandlinjens utvikling fra den lå 83 meter over dagens havnivå, til den omtrent 100-300 år seinere lå 76 meter over dagens havnivå. I de siste kanskje 20-50 årene i det tidsrommet kan det ha vært en innelukket poll utenfor Løvås, mens det i de omtrent 100-200 foregående årene var et strømrøkt sund utenfor Løvås.

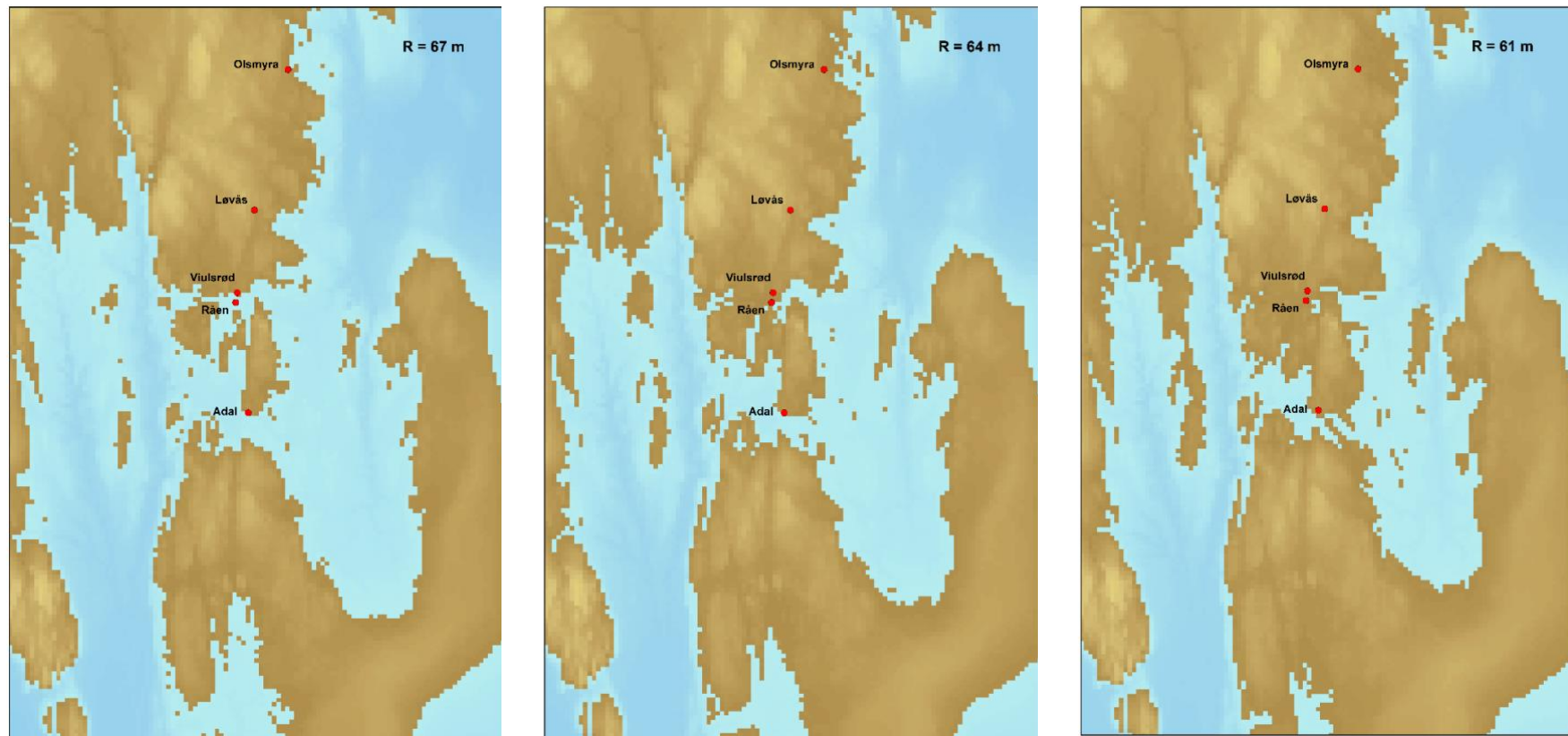
I Danmark er det funnet flere mesolittiske bosetninger hvor den gangens strandlinje nå ligger under vann. Ved mange av disse lokalitetene er det funnet rester av fiskefeller, i form av flettverkssperringer som var festet med påler som var satt ned i bunnen. Fischer (2007) konkluderer med at stasjonære fiskefeller bygget av trevirke må ha vært av grunnleggende betydning for utnyttelse av mesolittiske marine ressurser, i hvert fall i Danmark, selv om denne fiskeformen høyst sannsynlig ble kombinert med andre metoder slik som rusefiske, lyster- og krokfiske (jf. Mjærum og Mansrud, 2020). Disse lokalitetene lå gjerne ved strømrøkt sund, slik som lokaliteten Kalø Vig, hvor det er funnet rester etter fiskefeller. Hvis folket som bodde ved Løvås hadde samme teknologi, så er det nok i perioden hvor strandlinjeforskyvningen var fra 83 til 78 m, hvor lokaliteten var mest attraktiv.

Alle lokalitetene utenom Løvås i Tabell 2 er tegnet inn i kartene i Figur 19, hvor strandlinjeforskyvningen er hhv. 67, 64 og 61 m. Vi har allerede sett at det var et strømrøkt sund utenfor den eldste bosetningen Løvås. Men dette var faktisk tilfelle for alle de fem lokalitetene ved et gitt tidspunkt. Lokaliteten Olsmyra lengst nord lå ved stranden innenfor noen skjær som senere utviklet seg til en øy. Lokaliteten Viulsrød som trolig ble brukt i to ulike faser innenfor et langt tidsrom, lå også ved et strømrøkt sund. Det samme kan sies om lokaliteten Adal. Lokaliteten Råen kan ikke ha vært brukt i lang tid, siden sundet hvor denne lokaliteten lå allerede var i ferd med å lukke seg mens denne kan ha vært i bruk, det vil si når strandforysnyingsnivået var mindre enn 64 m over dagens havnivå.

En annen ting som kan ha gjort lokalitetene Viulsrød, Råen og Adal attraktive, var at de var plassert i områder hvor det var lett å bevege seg til de store øyene som lå på utsiden.



Figur 18. Kart over området rundt lokaliteten Løvås, mens vannstanden synker fra 83 m til 76 m over dagens strandlinje.



Figur 19. Kart over området rundt lokalitetene, mens vannstanden synker fra 67 m til 61 m over dagens strandlinje, med en differanse i strandlinjekurven på 3 m per bilde.

6 Sammenfattende vurdering

6.1 Alle lokalitetene hadde en gunstig plassering i forhold til marine ressurser

Alle de fem lokalitetene Olsmyra, Løvås, Viulsrød, Råen og Adal lå i en periode ved strømrrike sund, og hvis fiskefeller ble benyttet, slik som funn av fiskefellerester i Danmark fra samme tidsperiode indikerer, må disse lokalitetene ha vært optimale. Hardebunnsamfunn i strømrrike sund tiltrekker seg gjerne predatorer som kysttorsk, rognkjeks, flyndrefisk og arter innen leppefiskfamilien gjennom beite-, oppvekst- eller gytefaser. I en tid hvor befolkningstettheten var lav og den menneskelige påvirkningen liten, kan man anta økosystemene var nær et klimakssamfunn og at tilgangen til ressursene som fantes må ha vært svært god.

Etter hvert som vannstanden sank, kan noen av områdene i perioder ha utviklet seg til innelukkede poller. Dette kan for eksempel ha vært tilfelle i en periode på 20-40 år ved Løvås. Siden det i den mesolittiske perioden ikke var antropogene tilførsler av næringssalter, var det nødvendigvis ikke en ulempe å ha en bosetning i slike områder.

Disse områdene lå også innaskjærs som gjorde det relativt trygt å bevege seg i liten sjøgående farkost, selv om det var ugunstige værforhold. En annen ting som kan ha gjort lokalitetene Viulsrød, Råen og Adal attraktive, var at de var plassert i områder hvor det var lett å bevege seg ut til de store øyene på utsiden.

Alle de undersøkte lokalitetene hadde en gunstig plassering i forhold til marine ressurser, både mens de lå ved strømrrike sund, men kanskje også mens de lå ved eller innerst i en innelukket bukt med liten vannutskiftning.

6.2 Et tankekors

Jeger- og sanker samfunnet i mesolittisk tid kunne nyte godt av en rekke naturgoder fra havet. De fanget kanskje fisk, sanket skjell som f.eks. blåskjell i strandkanten eller de sanket tang og tare. Det er svært alarmerende at alle disse godene i dag er redusert, og i noen tilfeller sterkt redusert eller nesten helt borte. Det er nesten ufattelig at vi har latt det gå så langt.

I et forsøk på å få beslutningstakerne til å handle, har man i den senere tid begynt å omtale disse naturgodene som økosystemtjenester. Poenget er at det trengs et intakt økosystem for å opprettholde tjenester vi mennesker har nytt godt av i 10 000 år. Hadde de marine ressursene vært i samme forfatning som i dag så er det slett ikke sikkert at steinalderfolket hadde tatt seg bryet med å vandre nordover for å bosette seg i det området som i dag kalles Oslofjorden.

7 Referanser

- Albretsen, J. 2007. The impact of freshwater discharges on the ocean circulation in the Skagerrak/northern North Sea area. Part II: energy analysis. *Ocean Dynamics*, 57(4-5), 287-304.
- Boethius, A. 2018. Huseby klev and the quest for Pioneer subsistence strategies: Diversification of a marine lifestyle. In *Early settlement in northwestern Europe: Climate, human ecology, and subsistence. Norwegian pioneer-network*, Vol 1, edited by Persson, P., Riede, F., Skar, B, Breivik, H. M., Jonsson L., pp. 99–128. Equinox Publishing, Sheffield.
- Brøgger, A. W. 1905. *Øxer Av Nøstvedtypen. Bidrag Til Kundskaben Om Ældre Norsk Stenalder*. Krstiania: Aschehoug.
- Christie, H., Norderhaug, K. M., Fredriksen, S. 2009. "Macrophytes as Habitat for Fauna." *Marine Ecology Progress Series* 396: 221–33.
- Christie, H. 1997. *Mangfold i Faunasamfunn Tilknyttet Ulike Bunnalgehabitater På Skagerrakkysten. NINA-rapport, 18 s.*
- Christie, H., Jørgensen, N.M., Norderhaug, K. M., Waage-Nilsen, E. 2003. "Species Distribution and Habitat Exploitation of Fauna Associated with Kelp (*Laminaria Hyperborea*) along the Norwegian Coast." *Journal of Marine Biology Association* 83: 687–99.
- Christie, H., Rinde, E., Gitmark, J., and Walday, G. 2014. *Jomfruland Nasjonalpark. Sammenstilling Av Eksisterende Kunnskap Om Marine Naturverdier*. Oslo.
- Eymundsson, C. R. S. 2015. *Rapport Arkeologisk Utgraving. To Pionerboplasser Fra Eldre Steinalder. Elgsrud, 175/1, 8 Oslo*. Kulturhistorisk museum, UiO, Oslo. 138 s.
- Fischer, A. "Coastal fishing in Stone Age Denmark—evidence from below and above the present sea level and from human bones." In *Shell Middens in Atlantic Europe* 30 (2007): 54-69.
- Gyllencreutz, R., Backman, J., Jakobsson, M., Kissel, C., & Arnold, E. 2006. Postglacial palaeoceanography in the Skagerrak. *The Holocene*, 16(7), 975-985.
- Krumhansl, Kira A. et al. 2016. "Global Patterns of Kelp Forest Change over the Past Half-Century." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(48): 13785–90. <https://www.pnas.org/content/113/48/13785> (February 19, 2021).
- Lefcheck, J. S., Orth, R. J., Dennison, W. C., Wilcox, D. J., Murphy, R. R., Keisman, J., ... & Batiuk, R. A. (2018). Long-term nutrient reductions lead to the unprecedented recovery of a temperate coastal region. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(14), 3658-3662.
- Lidén, K., Eriksson, G., Nordqvist B., Götherström, A., Bendixen E. 2004. "The wet and the wild followed by the dry and the tame" – or did they occur at the same time? Diet in Mesolithic – Neolithic southern Sweden. *Antiquity* 78(299):23–33.
- Lundberg, A. 2013. *Havstrandsnatur. DN-utredning 6-2013*. Direktoratet for naturforvaltning.
- Magnell, O. (Arkeologarna). 2020. *Benmaterial Från Intercity Vestold -Osteologisk Analys Av Lokalerna Adal 1, Løvås 1, 2 & 3, Raen 3 Och Freberg Søndre*.
- Mjærum, A., Mansrud, A. 2020. "Resource Management in Late Mesolithic Eastern Norway? Fishing in the Coastal, Interior and Mountain Areas and Its Socio-Economic Implications." In *Coastal*

Landscapes of the Mesolithic: Human Engagement with the Coast from the Atlantic to the Baltic Sea, ed. Almut Schülke. Routledge, 264–300.

Misher, A. 2007. "Resource Management in Late Mesolithic Eastern Norway? Fishing in the Coastal, Interior and Mountain Areas and Its Socio-Economic Implications." In *Coastal Landscapes of the Mesolithic: Human Engagement with the Coast from the Atlantic to the Baltic Sea*, ed. Almut Schülke. Routledge, 264–300.

Moy, F. E., Christie, H., Alve, E. Steen, H. 2008. *Statusrapport Nr 3 Fra Sukkertareprosjektet*. NIVA-rapport 5585; SFT-rapport TA-2398/2008. 67 s.

Prescott, C., 2015. *En jordbruksrevolusjon?*. Norgeshistorie.no. Hentet 22. feb. 2021 fra <https://www.norgeshistorie.no/yngre-steinalder/0202-en-jordbruksrevolusjon.html>.

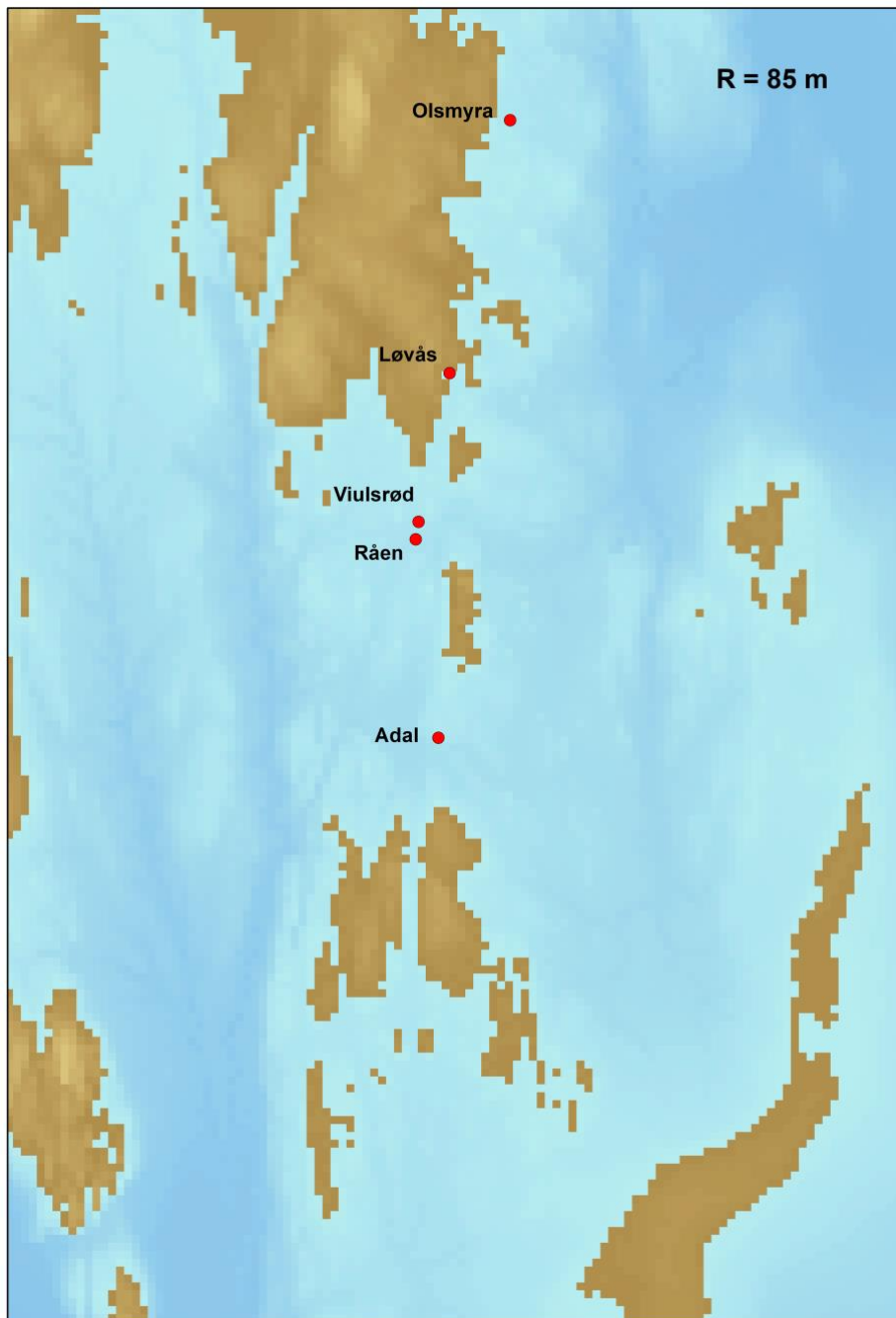
Skar, B., Lidén, K., Eriksson, G, Sellevold, B. 2016. A submerged Mesolithic grave site reveals remains of the first Norwegian seal hunters. In *Marine ventures. Archaeological perspectives on human-sea relations*, edited by Bjerck, H, B, Breivik, H.M., Fretheim, S. E., Piana, E. L., Skar, B. Tivoli, A.M., Francisco, A., Zangrando J., pp. 225–239, Vol. B. Equinox Publishing, Sheffield.

Solheim, S., Persson, P. 2018. Early and mid-Holocene coastal settlement and demography in southeastern Norway: Comparing distribution of radiocarbon dates and shoreline-dated sites, 8500–2000 cal. BCE. *Journal of Archaeological Science: Reports* 19:334–343.

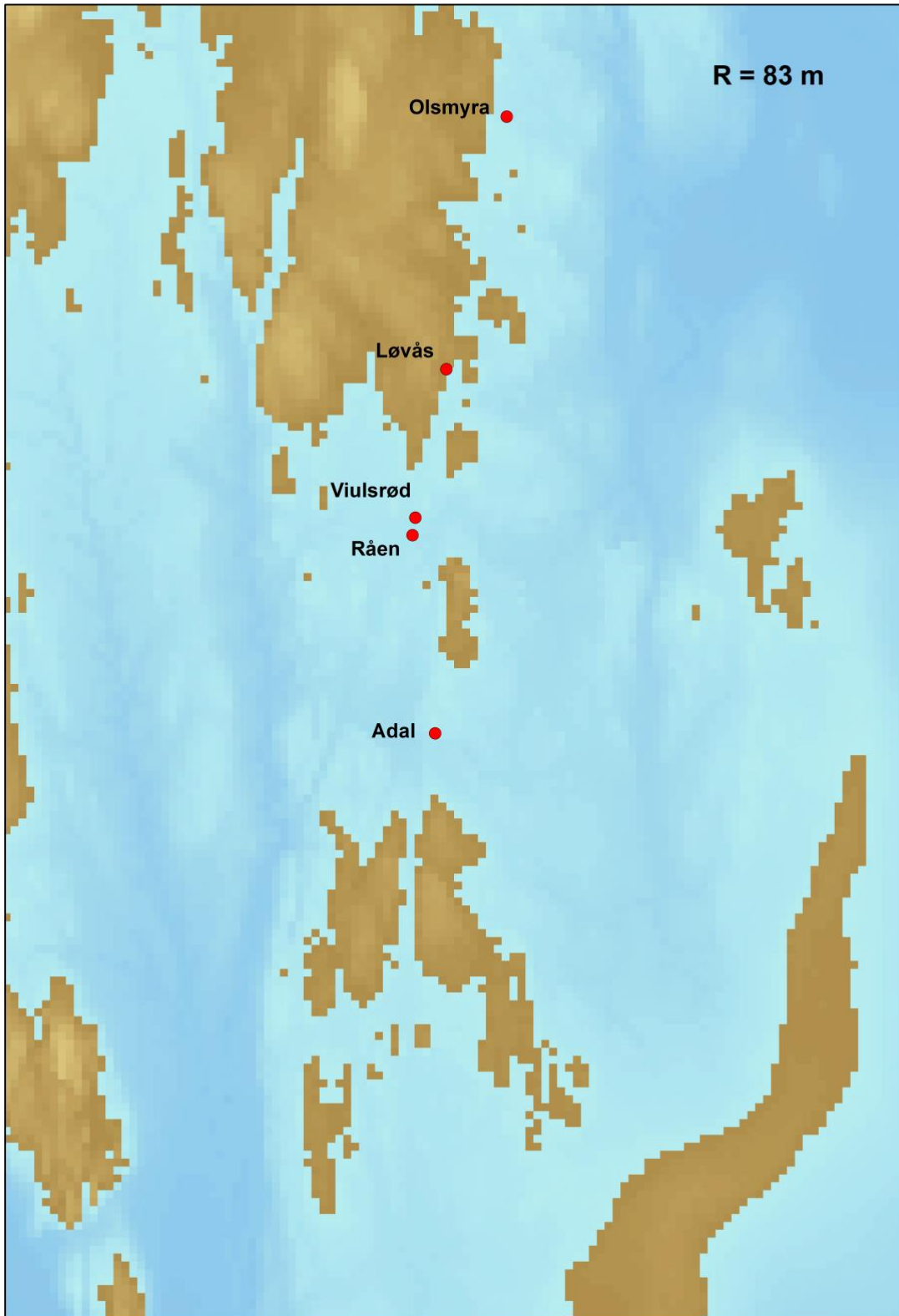
Stylegar, F.-A., 2018. *Bronsealderen i Norge*. Store Norske Leksikon. Hentet 26. feb. 2021 fra https://snl.no/Bronsealderen_i_Norge.

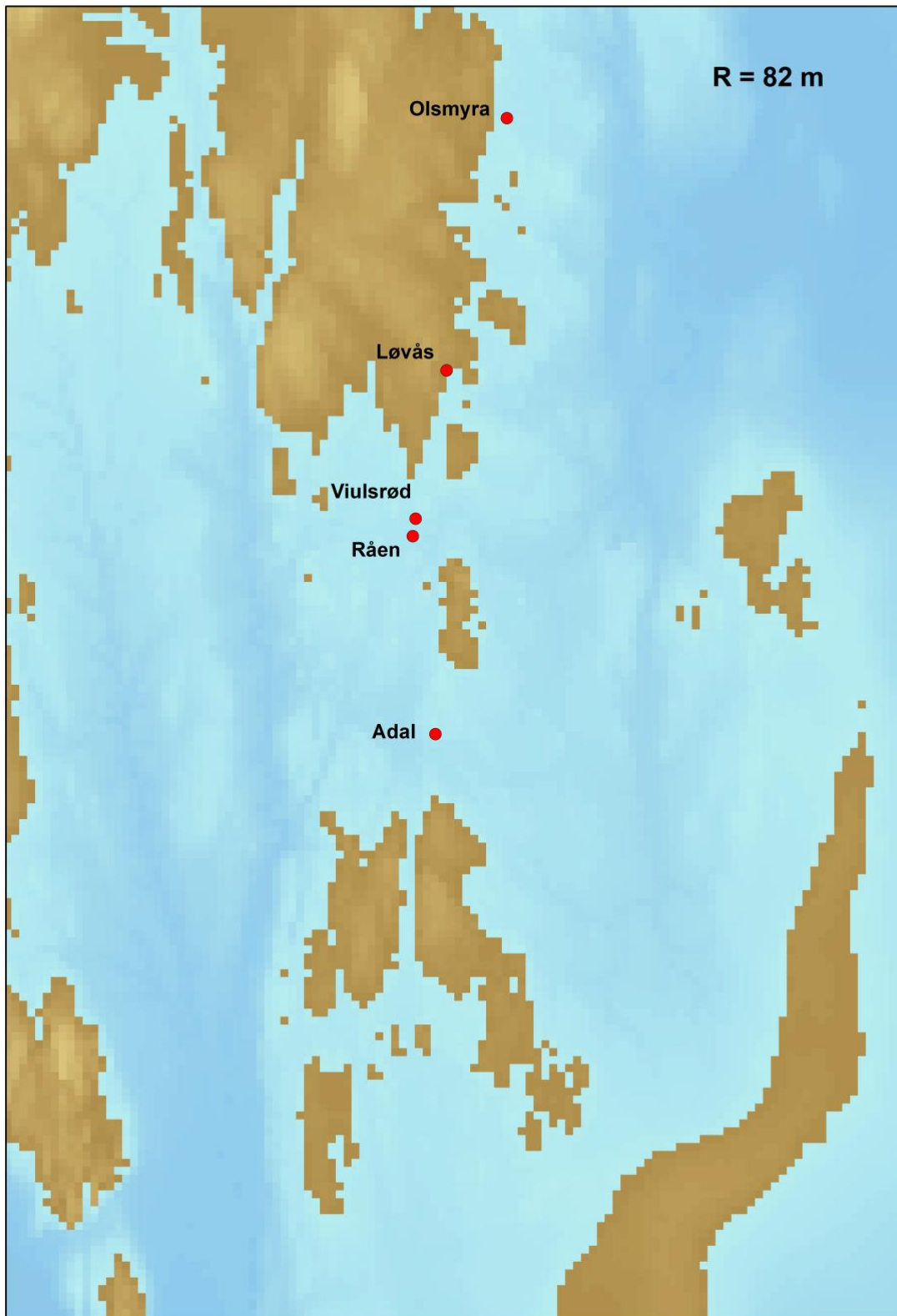
Vedlegg A. Kart over området med strandforskyvning fra 85 til 60 m.

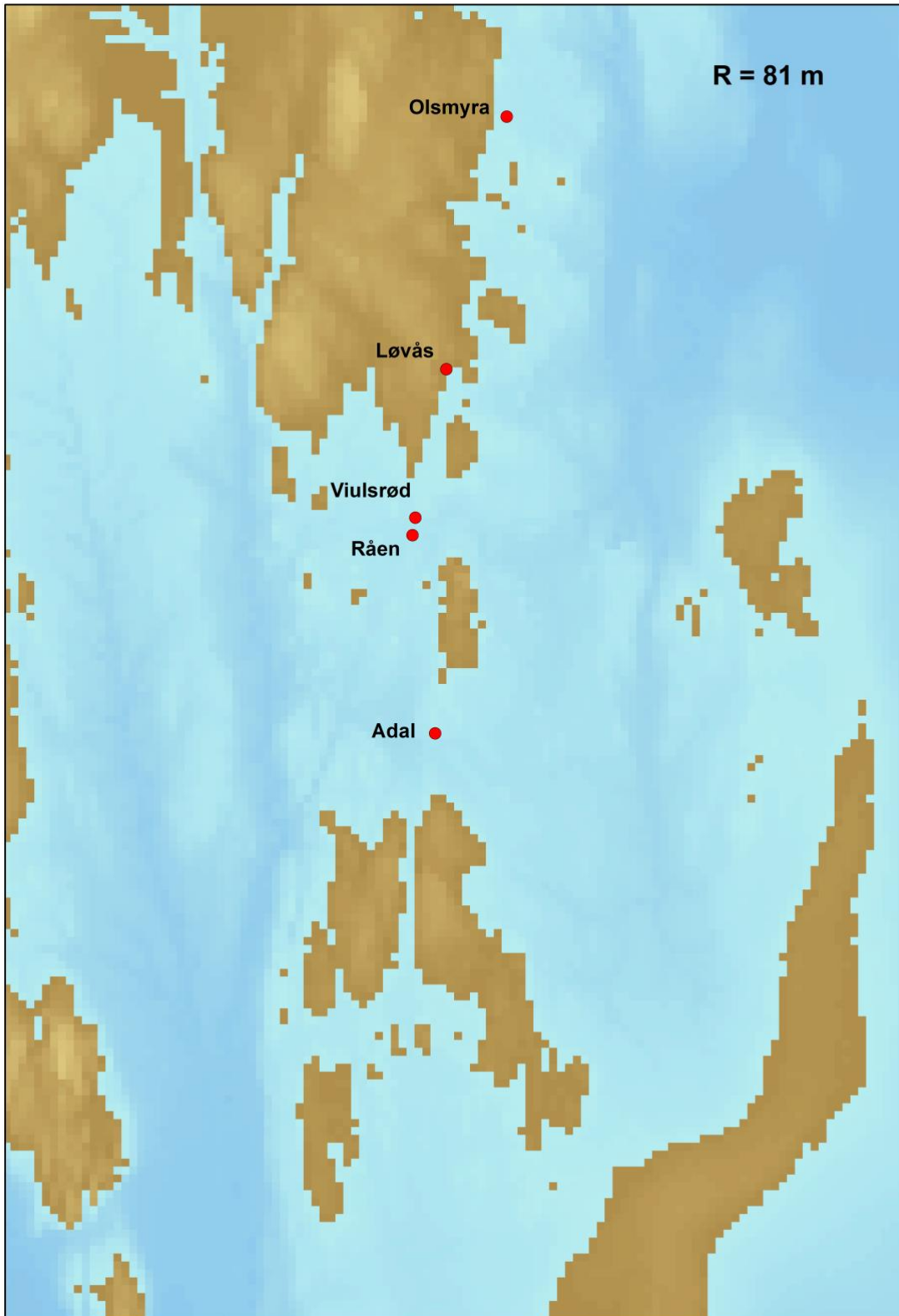
På de neste sidene vises topografien i områder rundt Løvås mens strandforskyvningen var fra 85 til 60 m. Det vil si at vannstanden lå fra 85 til 60 m over dagens havnivå.

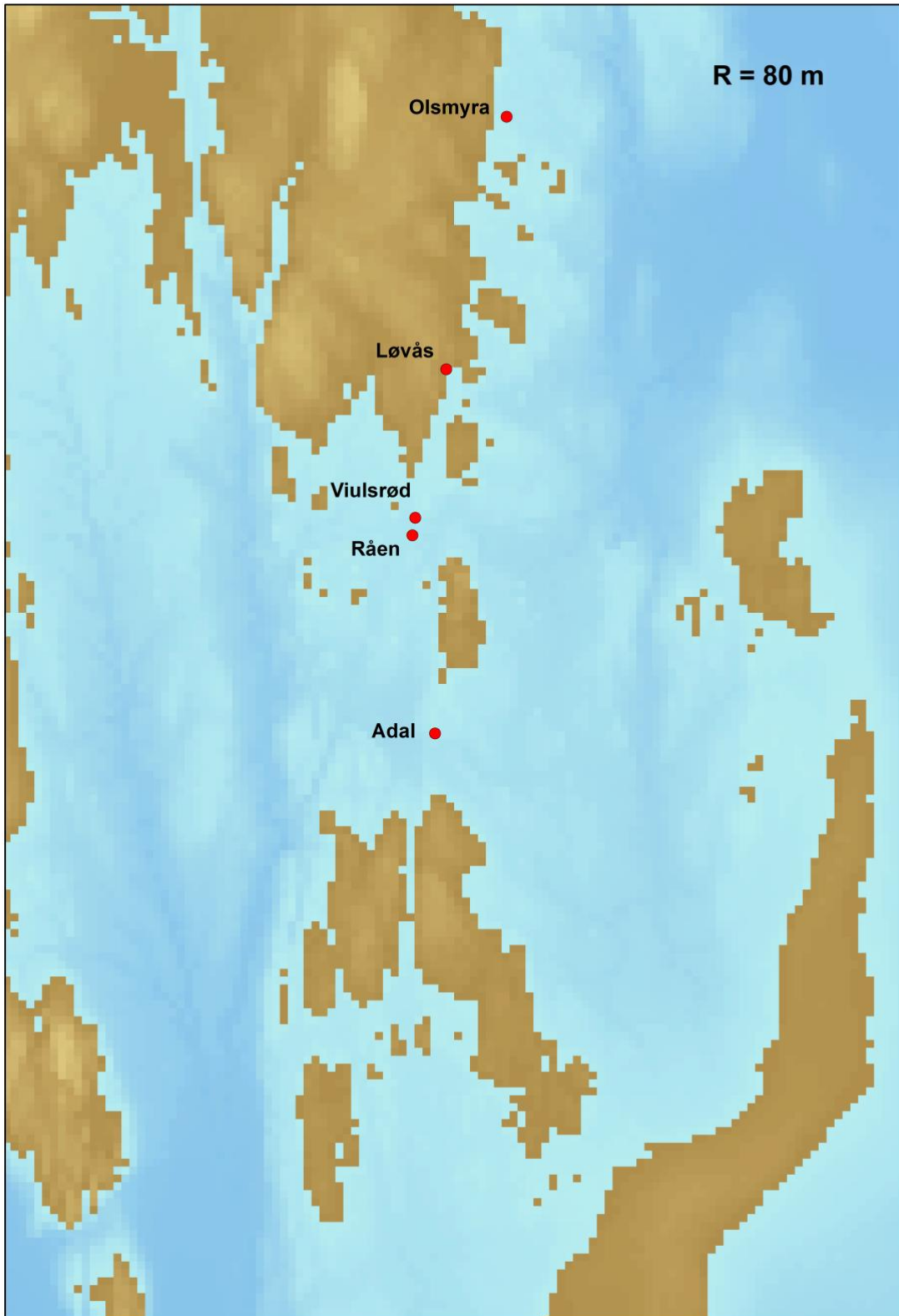


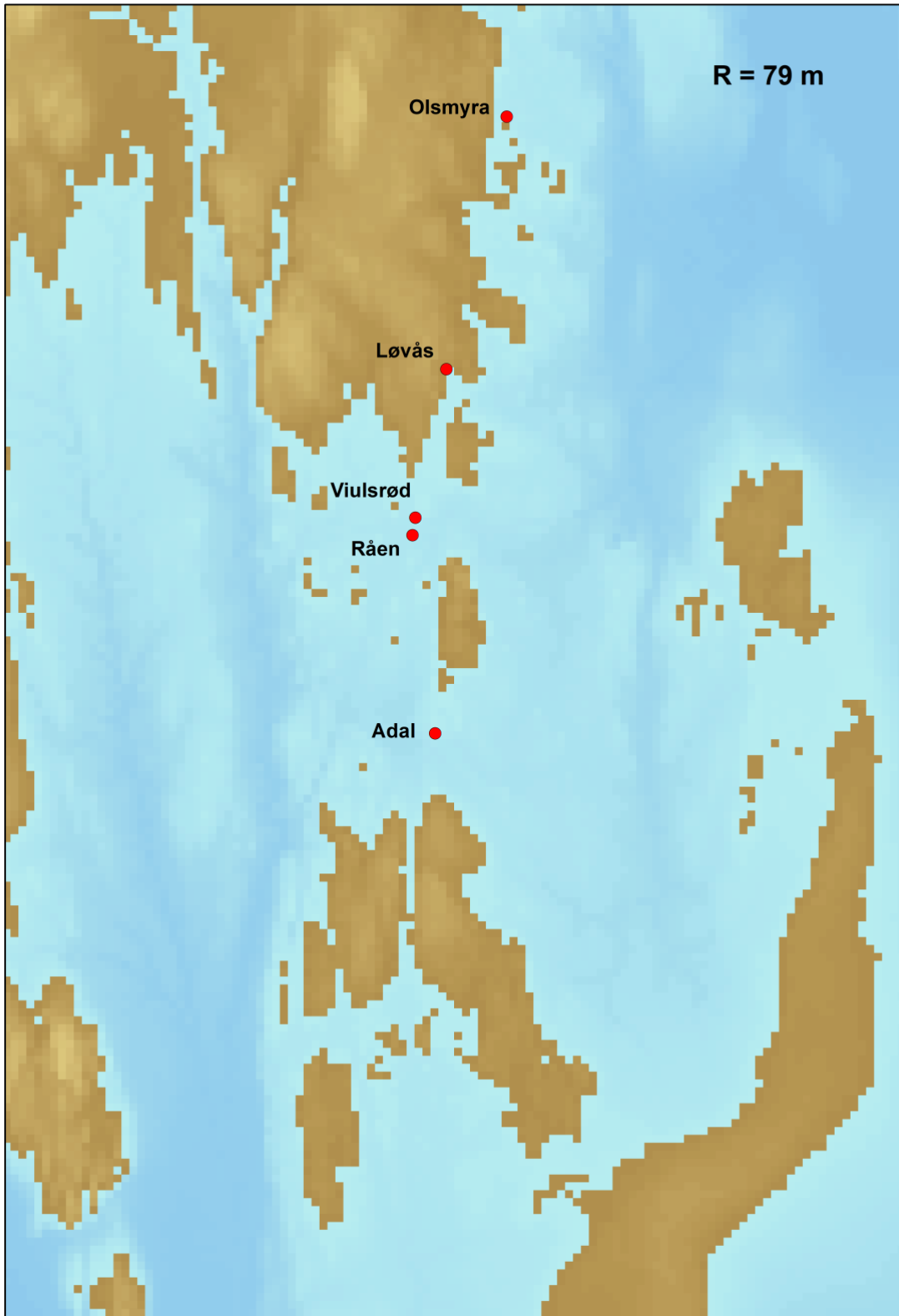


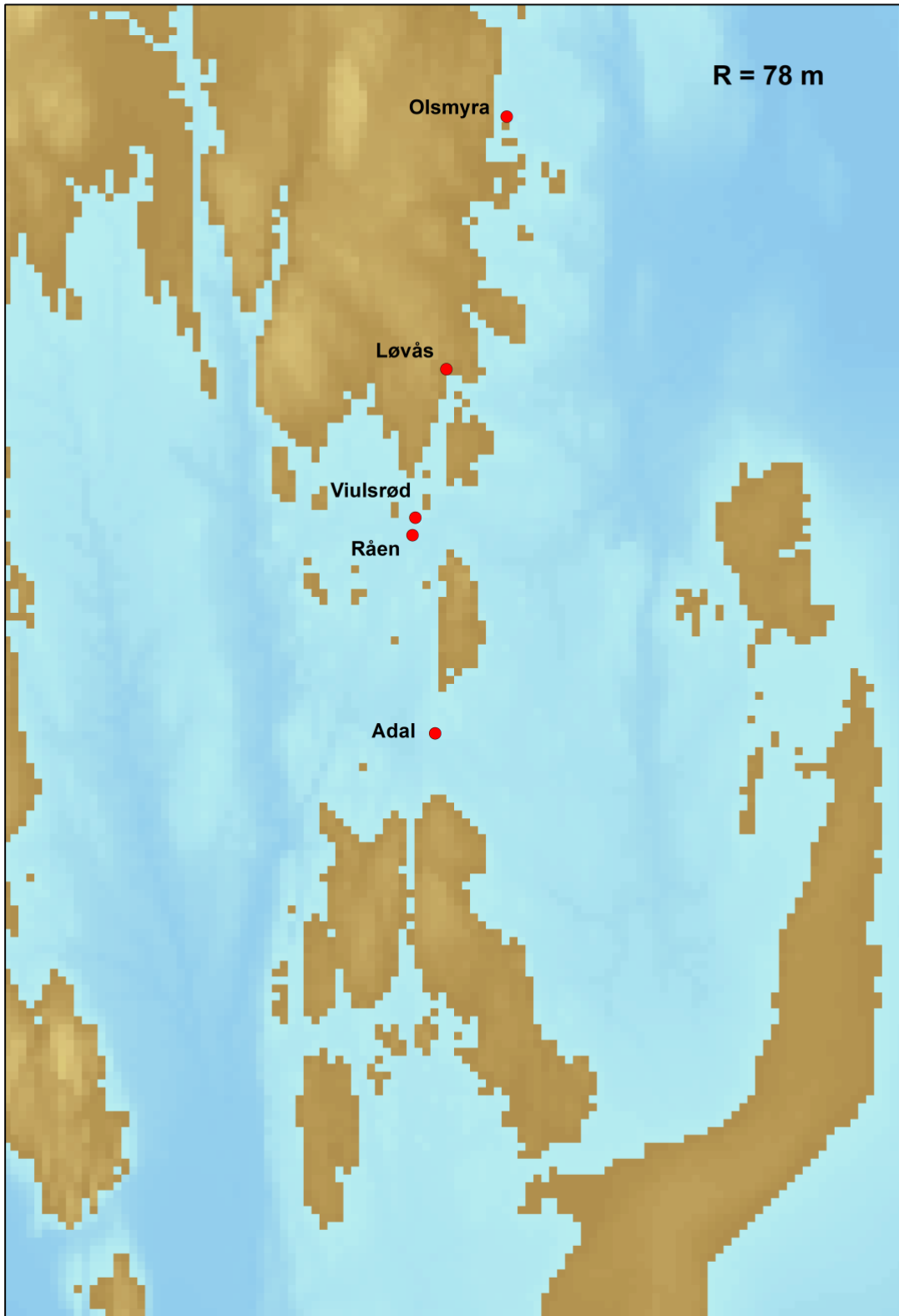


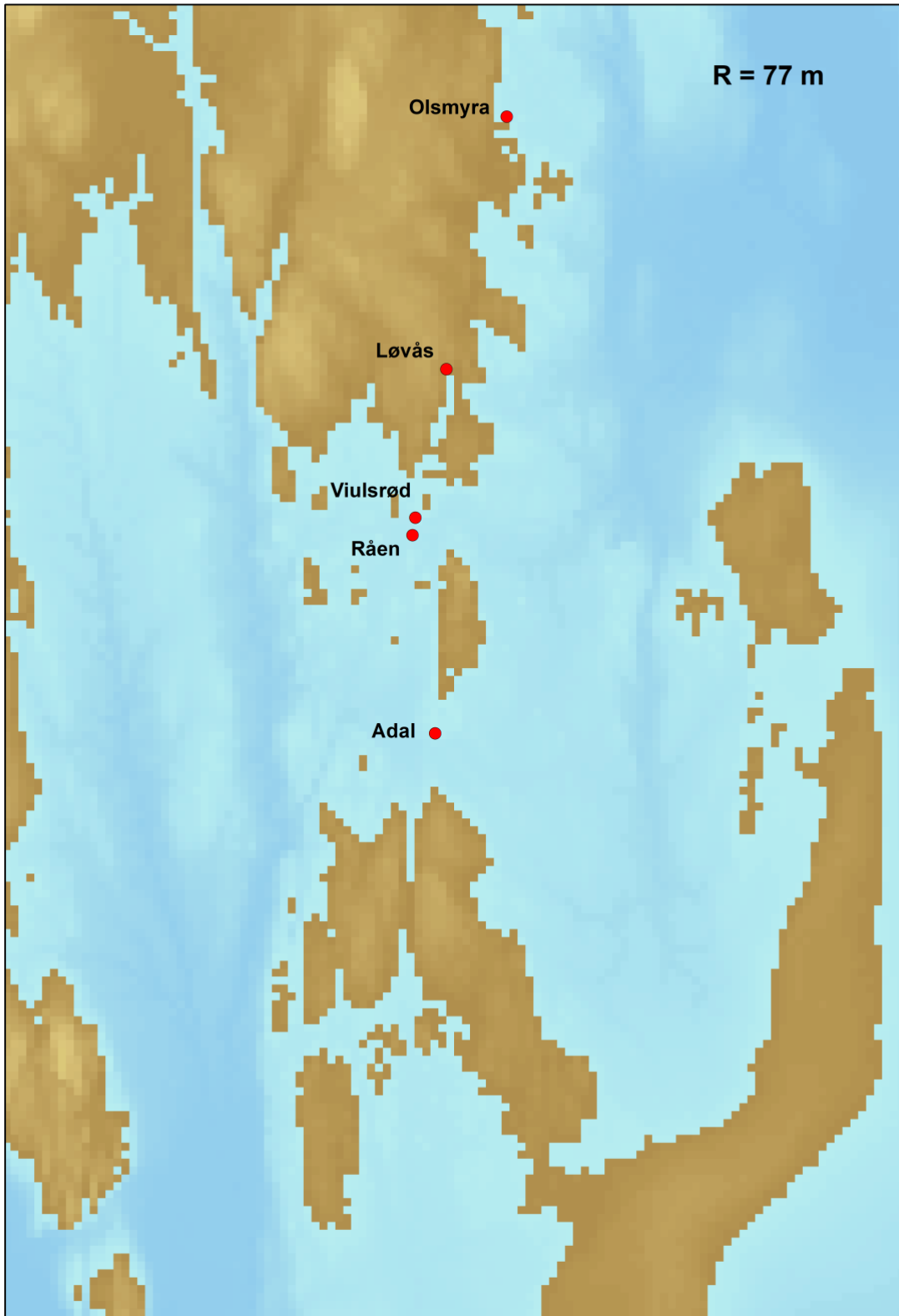


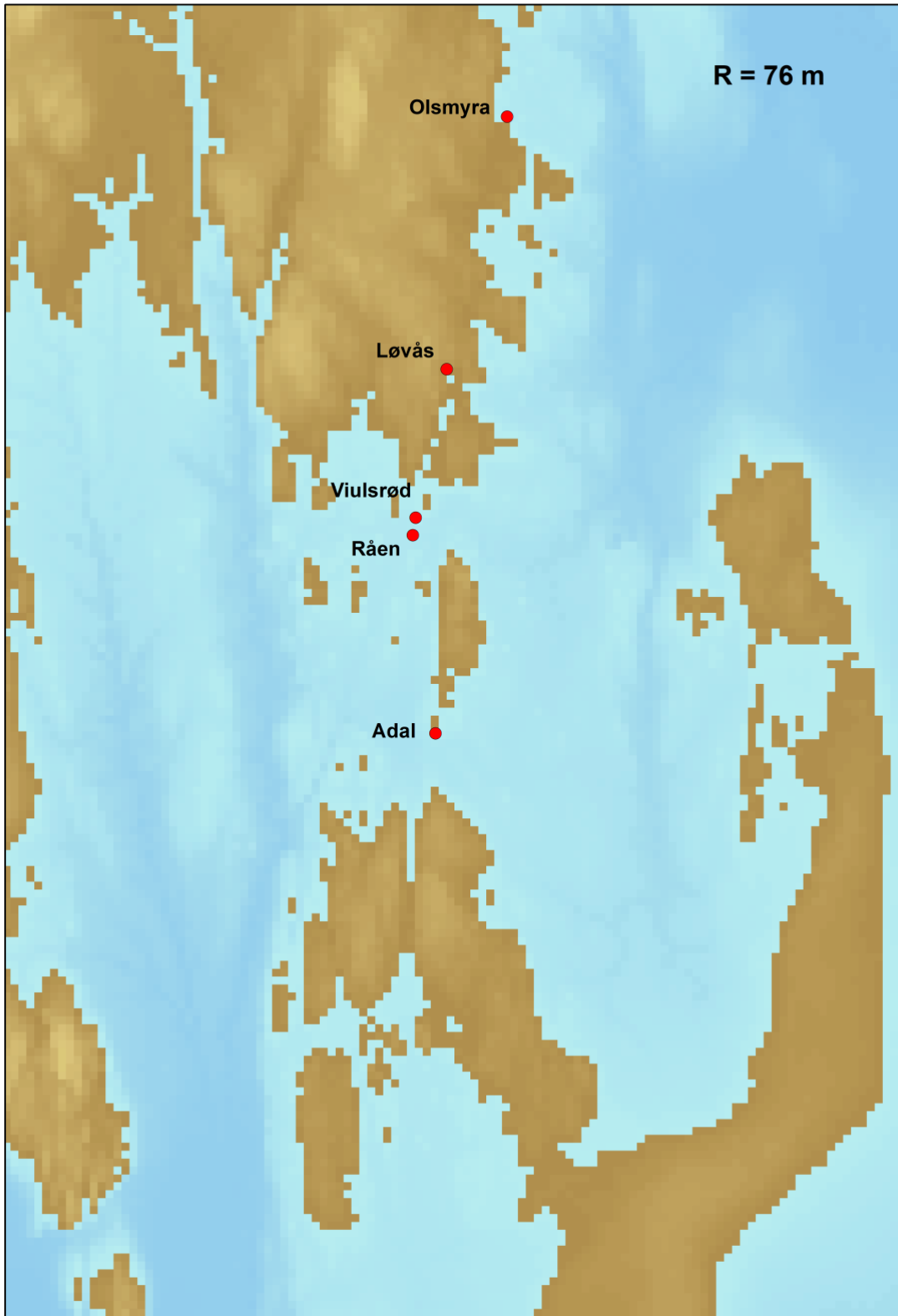


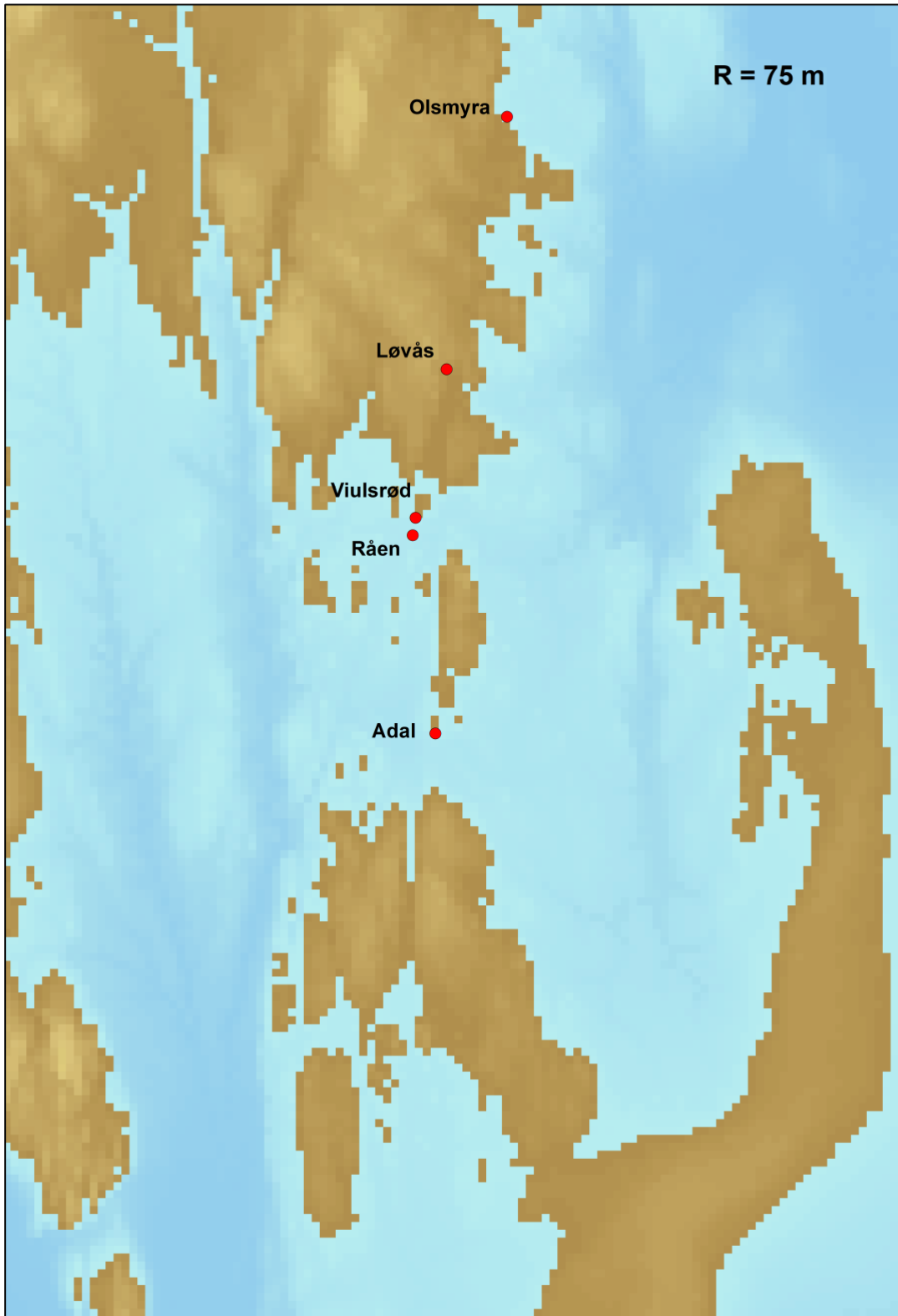


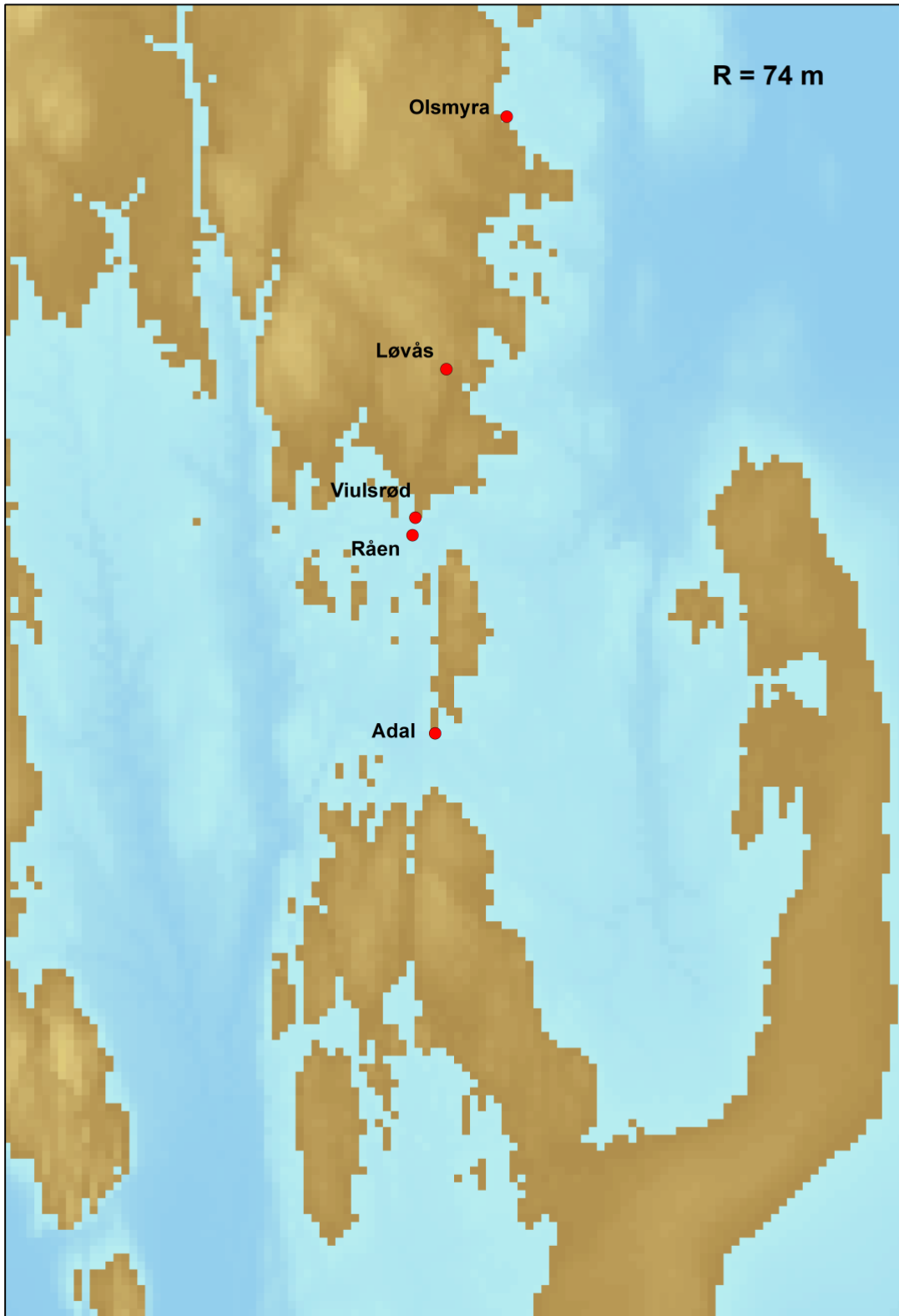


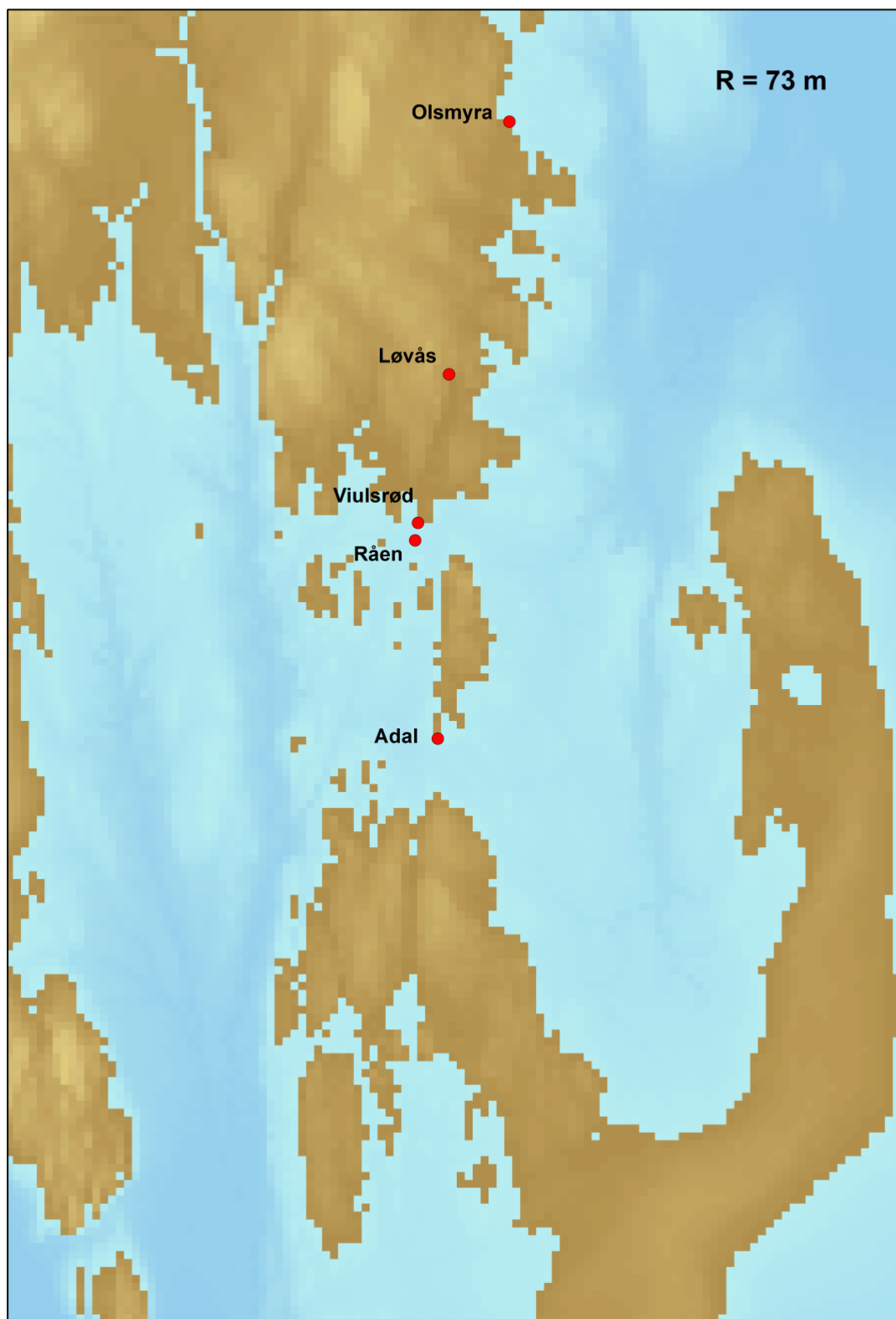


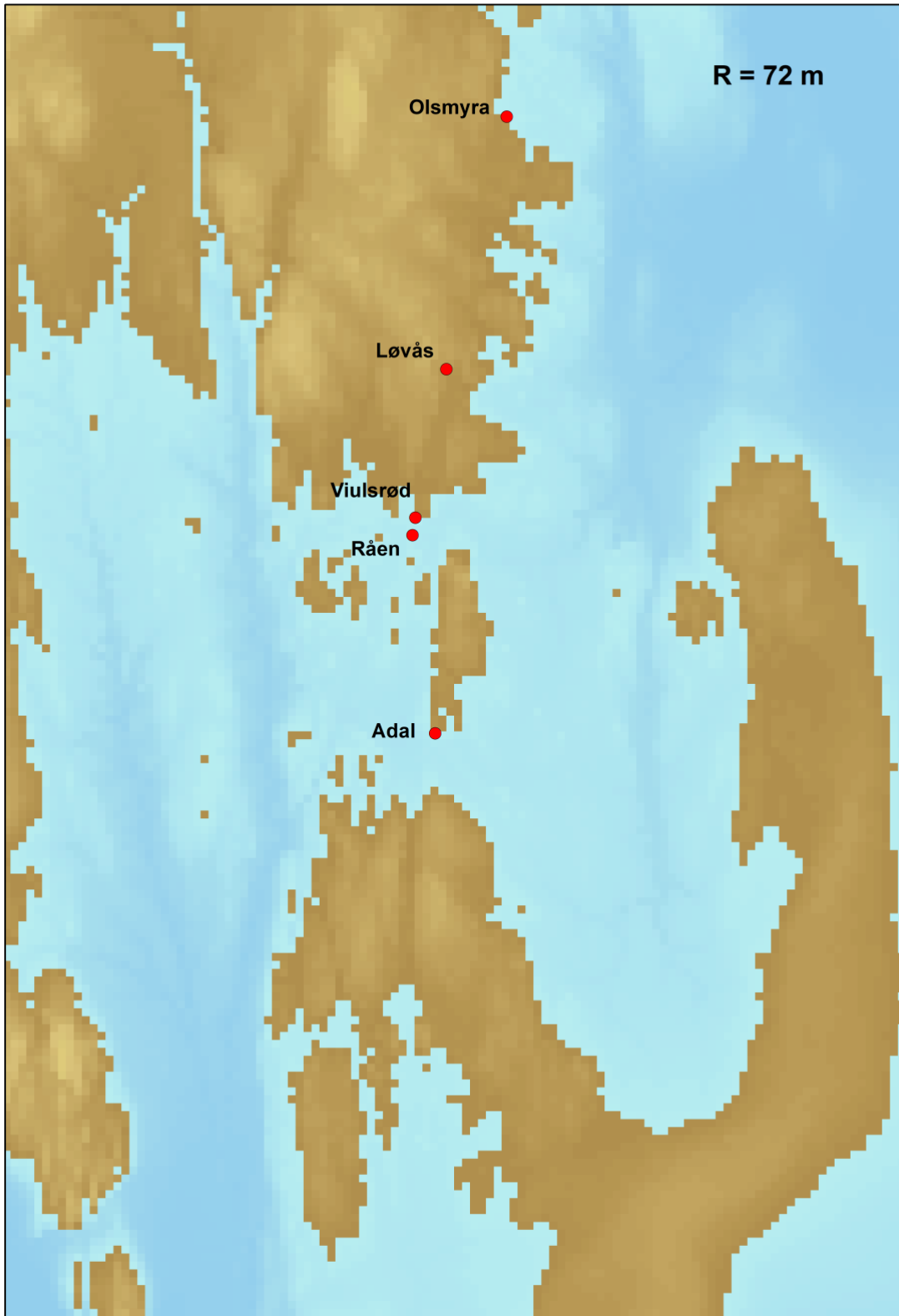


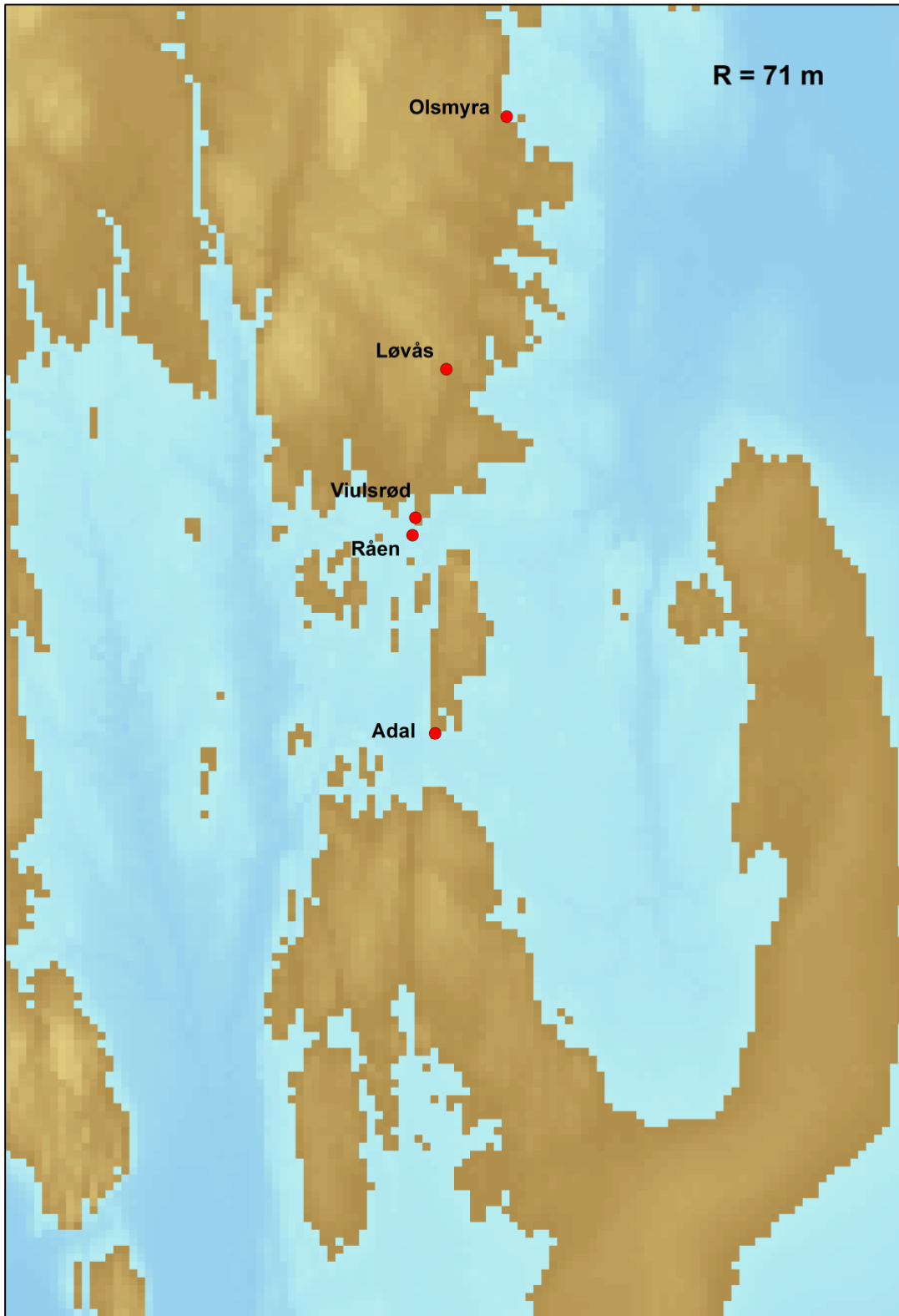


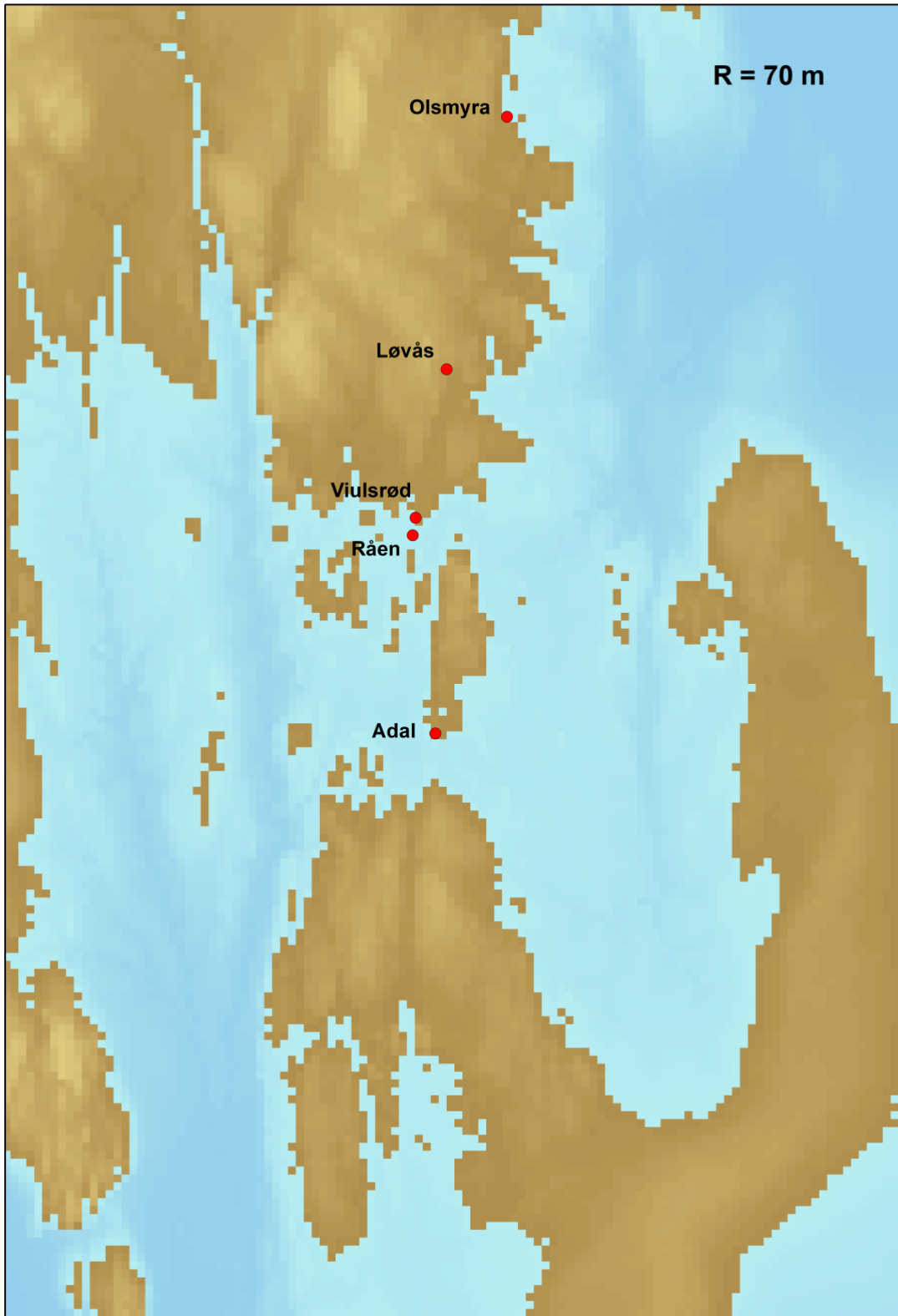


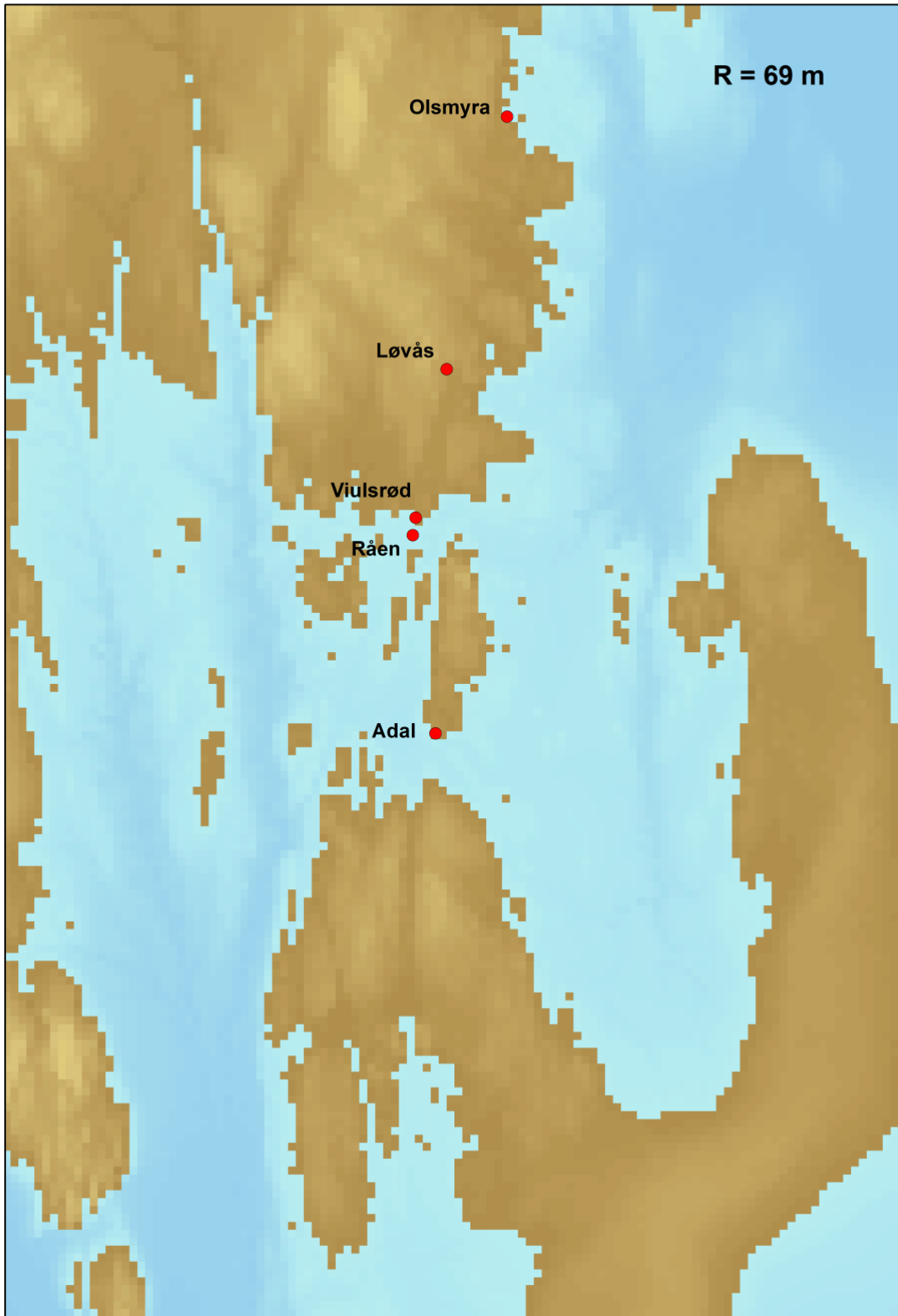


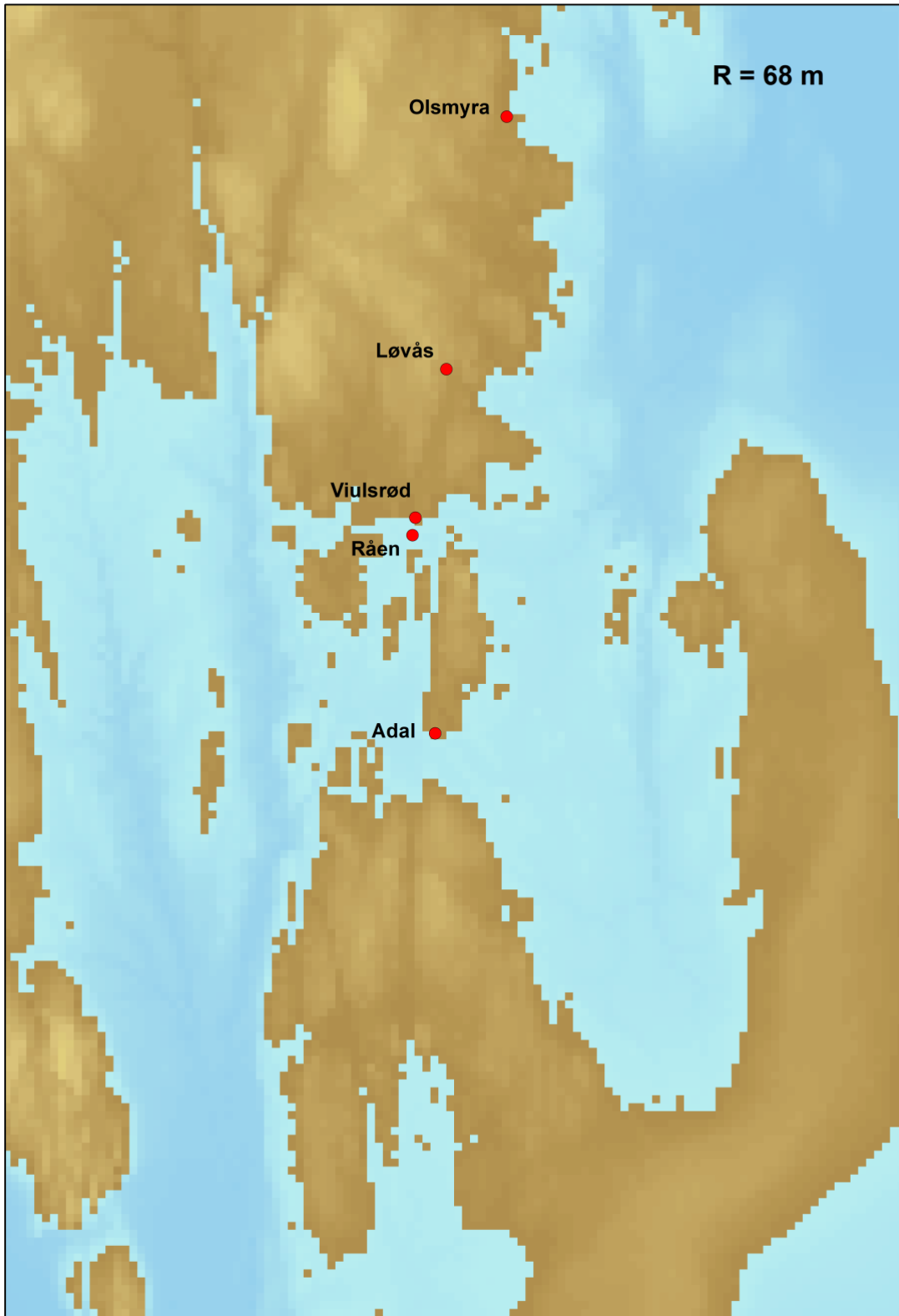


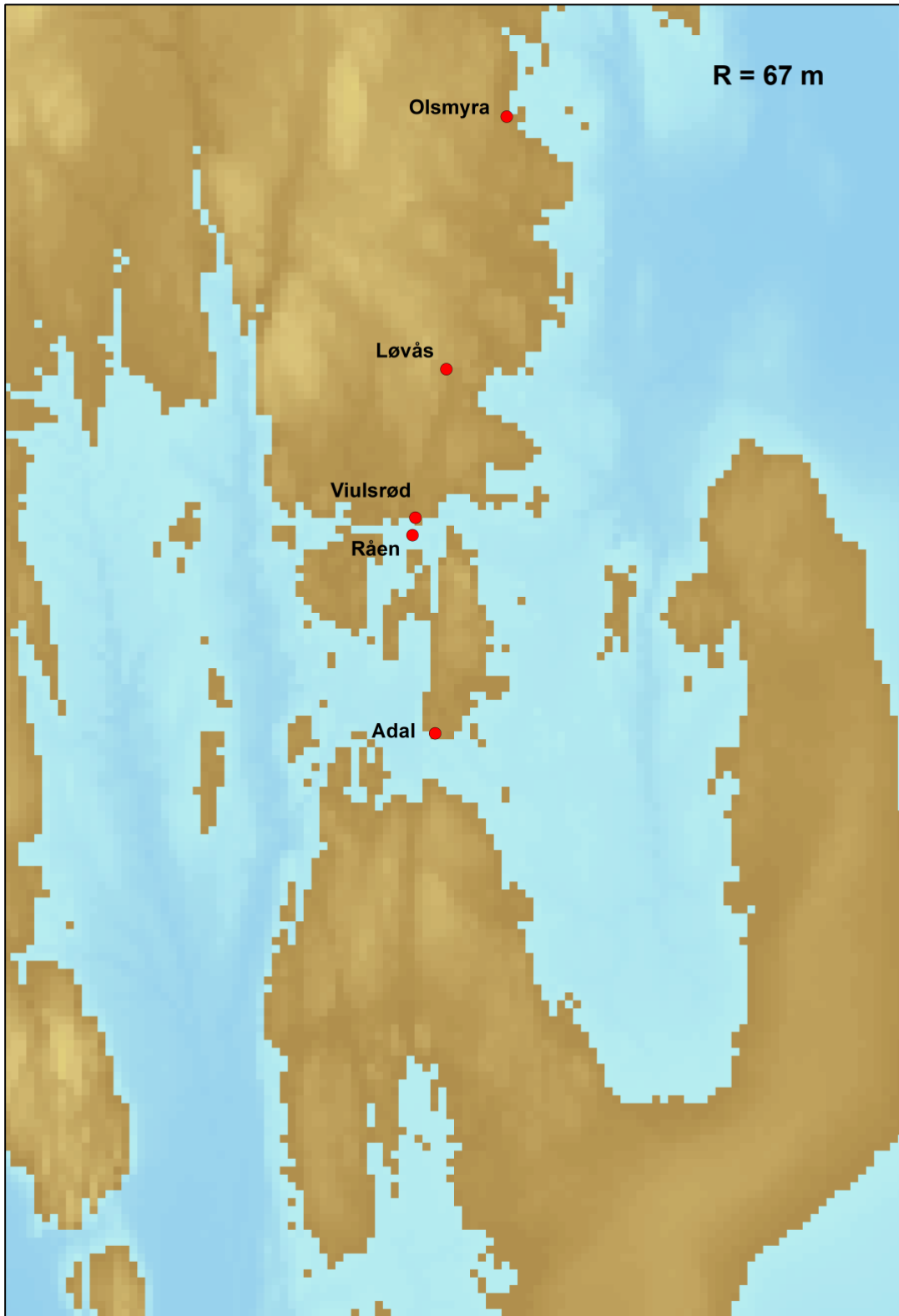




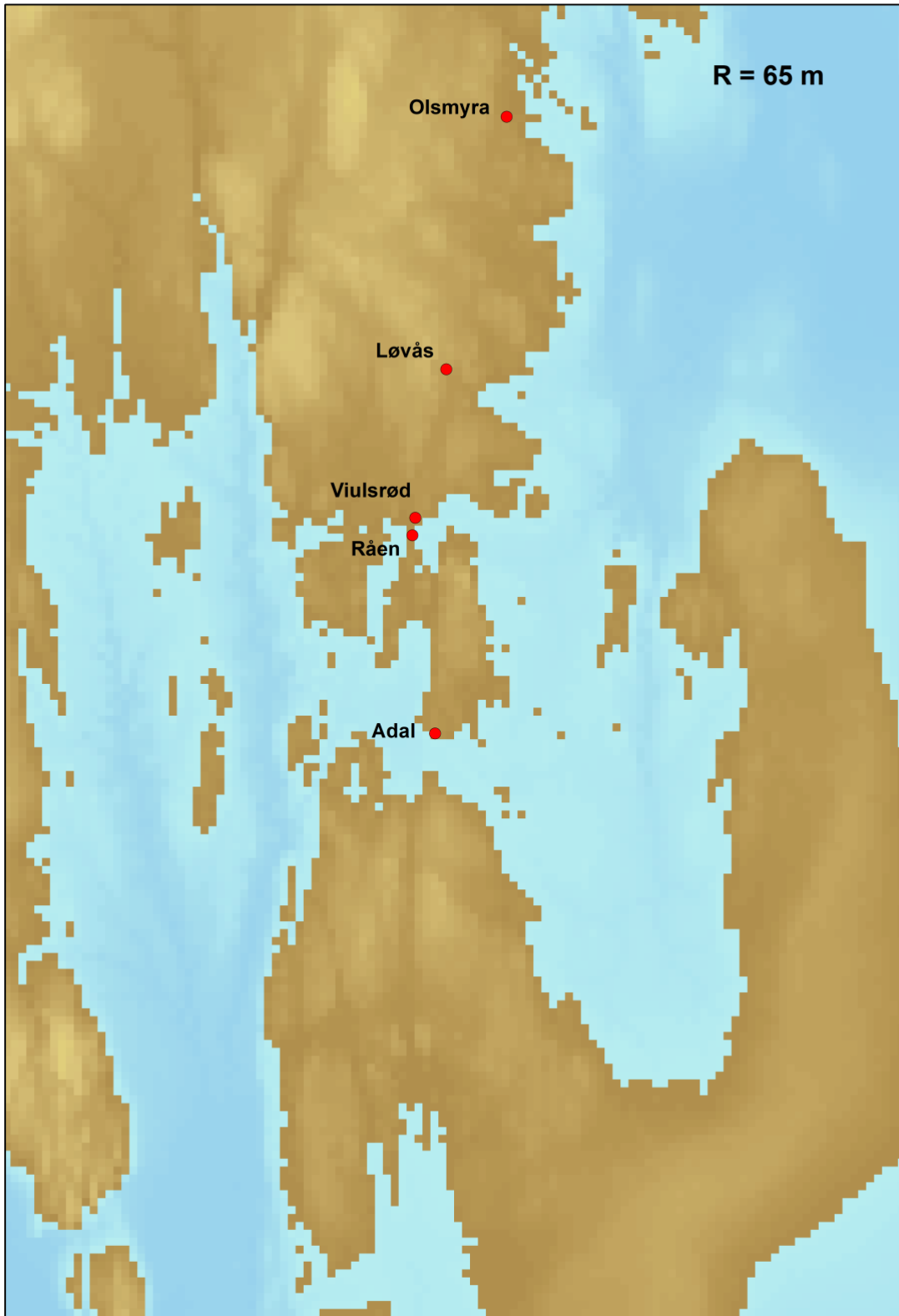


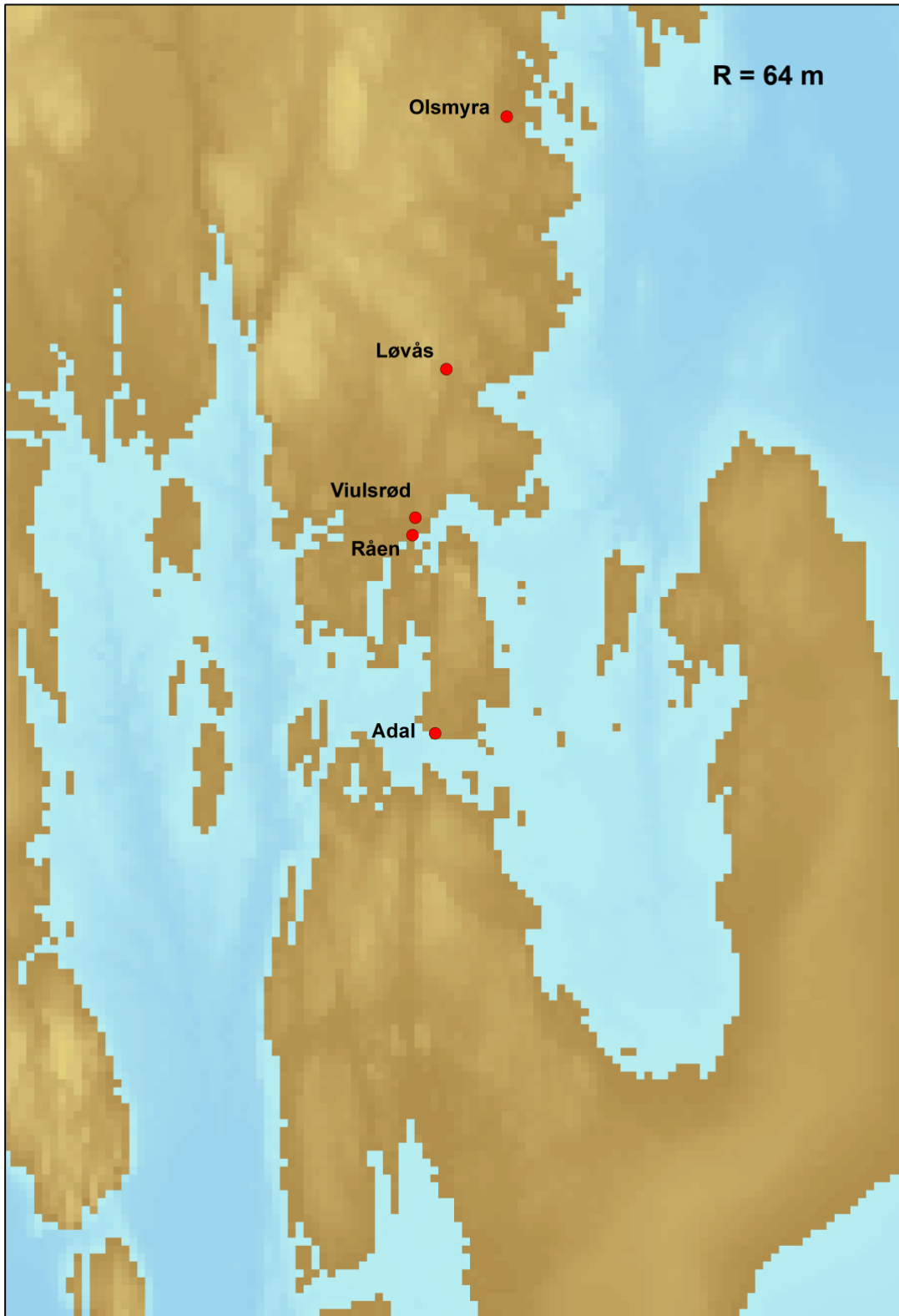


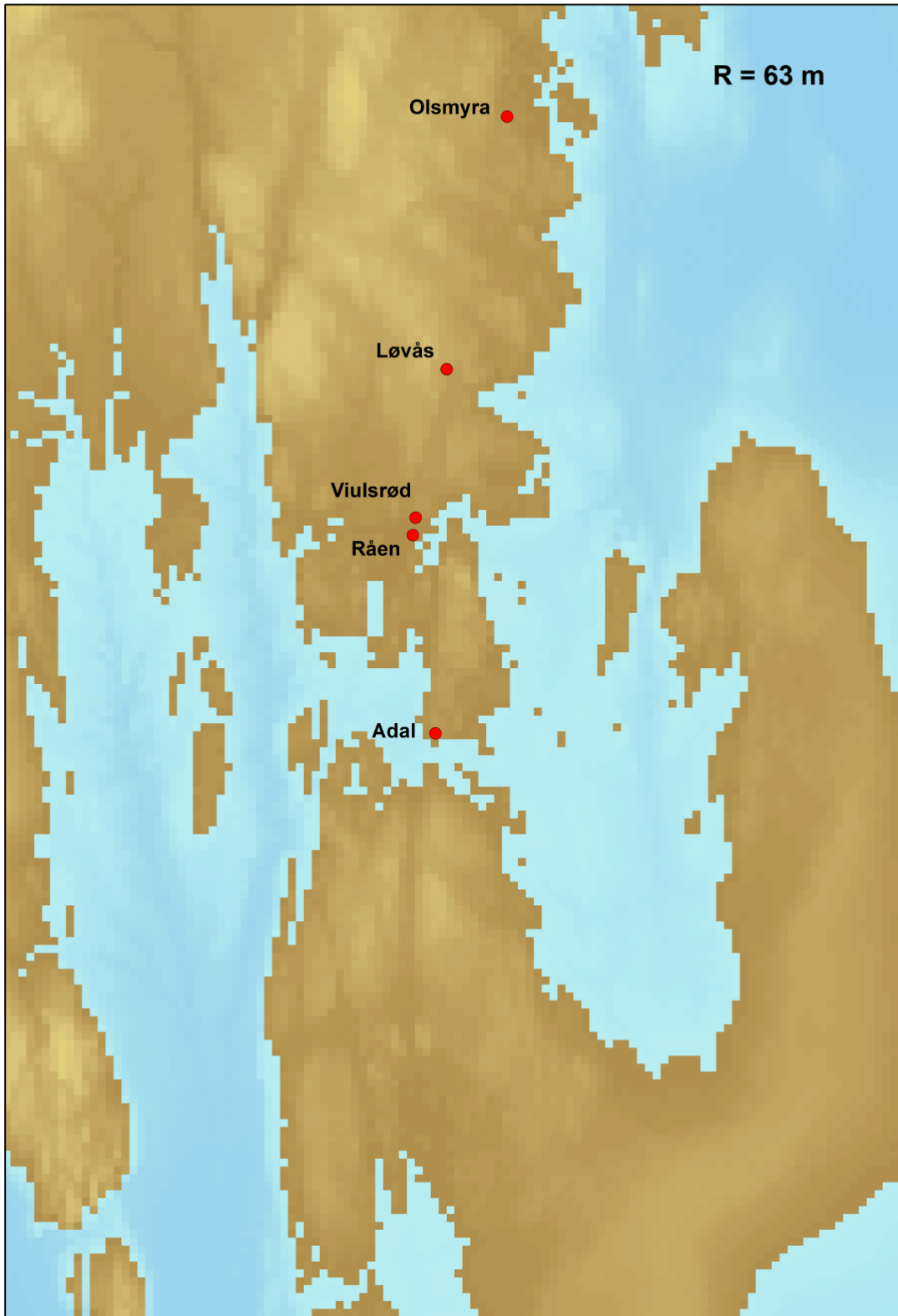


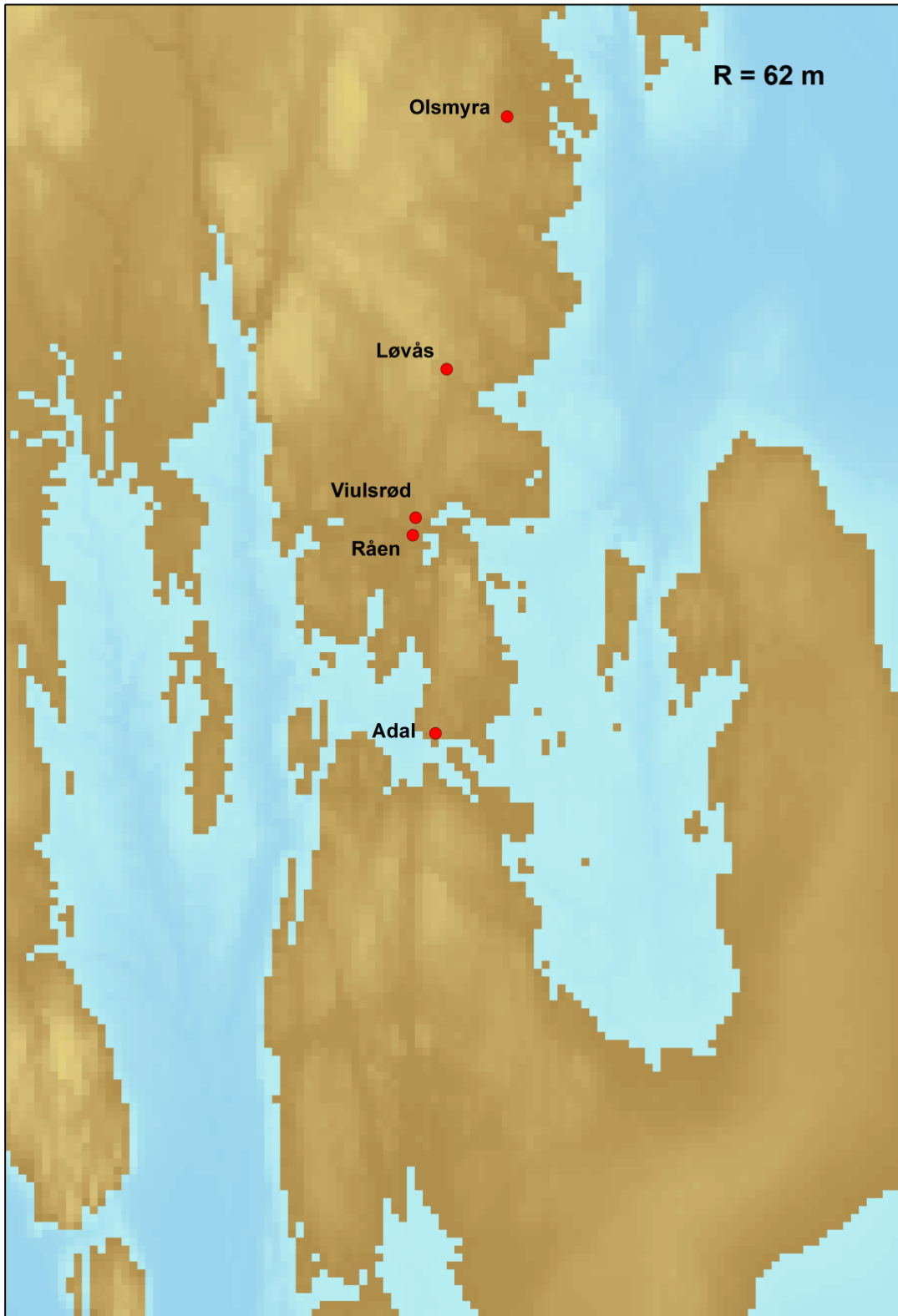
















NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

Norsk institutt for vannforskning (NIVA) er Norges viktigste miljøforskningsinstitutt for vannfaglige spørsmål, og vi arbeider innenfor et bredt spekter av miljø, klima- og ressurs spørsmål. Vår forskerkompetanse kjennetegnes av en solid faglig bredde, og spisskompetanse innen mange viktige områder. Vi kombinerer forskning, overvåkning, utredning, problemløsning og rådgivning, og arbeider på tvers av fagområder.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no