



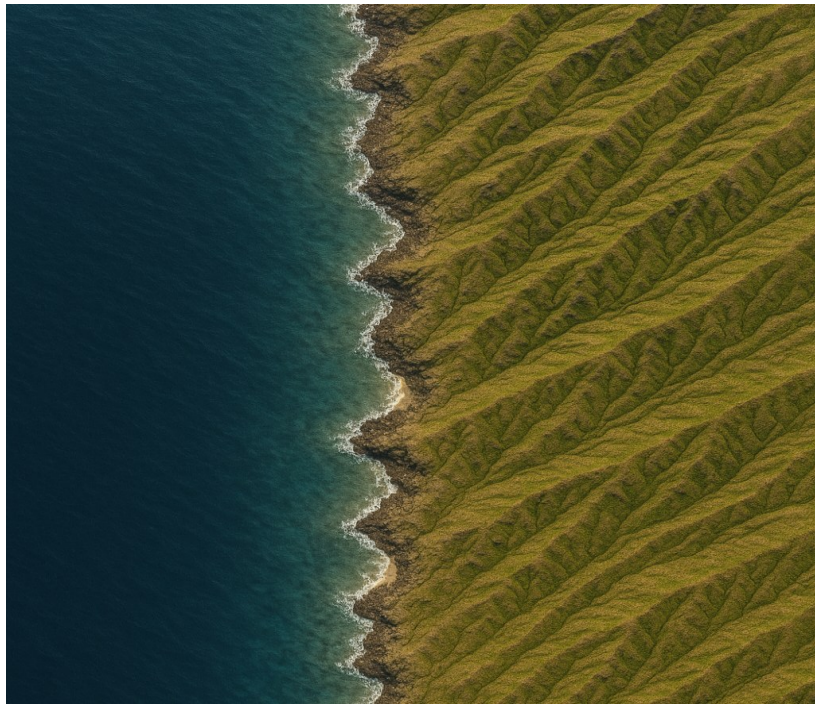
Kartverket

KARTVERKETS RAPPORTSERIE

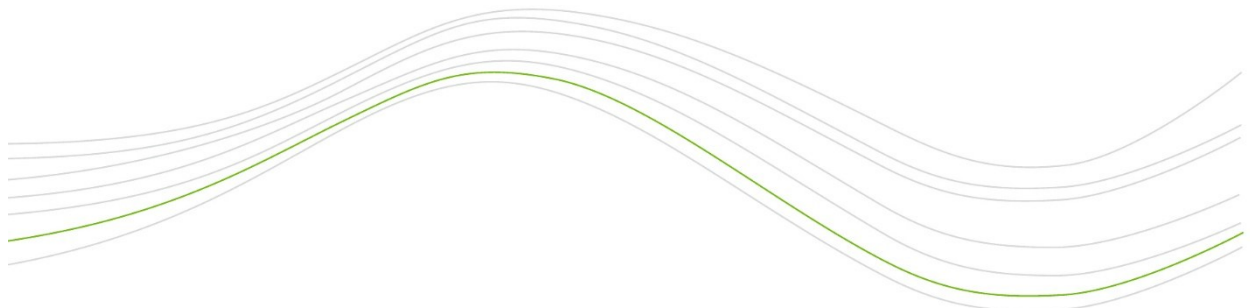
Rapport 19/04811-28

Behovskartlegging for en sømløs terrengmodell

Rapporten bygger på intervjuer med sentrale aktører for å avklare behovet for en sømløs terrengmodell mellom sjø, vassdrag og land.



Bilde: AI generert



Informasjon om rapporten

<i>Tittel:</i>	Behovskartlegging for en sømløs terrengmodell
<i>Dato:</i>	23.01.2026
<i>ISBN-nr:</i>	978-82-7945-487-8
<i>Kartverket rapport nr.</i>	19/04811-28
<i>Forfattere:</i>	Malin Bergset, Matthieu Bulteau, Jeanette Christiansen
<i>Klassifisering:</i>	Åpen
<i>Nøkkelord:</i>	Sømløs terrengmodell; høydedata; dybdedata; brukerbehov; kystsone; white ribbon; referansenivå; sjøkartnull; normalnull 2000; grønn laser; flom; skred; beslutningsgrunnlag; planlegging; forvaltning.
<i>Godkjent av:</i>	Aksel Voldsund

Sammendrag

Rapporten *Behovskartlegging for en sømløs terrengmodell* er utarbeidet som del av Kartverkets oppdrag i Meld. St. 27 (2023–2024), der Kartverket er bedt om å vurdere hvordan den nasjonale høydemodellen kan videreutvikles for å møte nye behov innen naturfarekartlegging. Rapporten undersøker behovet for et sammenhengende terrengdatagrunnlag i overgangssoner mellom land og vann, både langs norskekysten og langs vassdrag.

Kartleggingen bygger på intervjuer med et bredt utvalg aktører fra offentlig forvaltning, beredskap, forskning, konsulentbransjen og næringsliv. Bakgrunnen for arbeidet er at dagens terrengmodeller for land og sjø er basert på ulike vertikale referansenivåer og et datagap i de grunneste kystområdene og vassdragene som skiller land og vann. Dette skaper utfordringer for analyser, modellering og beslutninger som forutsetter sammenhengende og presise terrengdata.

Funnene viser at aktørene bruker terrengmodeller særlig innen planlegging og prosjektering, modellering og framskrivninger, samt krisehåndtering. Dagens dataløsninger medfører økt risiko for feil, omfattende manuelt arbeid, kostbar egeninnsamling av data og redusert kvalitet i analyser, spesielt innen naturfare, klima, infrastruktur og beredskap.

Aktørene peker på at en nasjonal, sømløs terrengmodell vil gi betydelige gevinster. En slik modell vil kunne forbedre kvalitet og presisjon i analyser, redusere tids- og kostnadsbruk og styrke samfunnssikkerhet og beredskap. Rapporten oppsummerer, basert på dialog med aktørene, spesifikasjonene for den ønskede terrengmodellen. Rapporten konkluderer med at det finnes et tydelig behov for en sømløs terrengmodell, og at en slik løsning vil være et viktig verktøy for planlegging, forvaltning og håndtering av risiko i kystsonen og flom- og skredutsatte områder.

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Figurer og tabeller	7
Forkortelser og begreper	8
1 Introduksjon	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Meld. St. 27 (2023–2024)	11
1.3 Oppdrag og formål med behovskartleggingen	11
2 Metode og gjennomføring	12
2.1 Kartlegging av aktører	12
2.2 Intervjuguide	14
3 Funn	15
3.1 Hva brukes terrengmodellene til?	15
3.1.1 Planlegging og prosjektering	15
3.1.2 Modellering og framskrivninger	17
3.1.3 Krisehåndtering	19
3.2 Utfordringer og konsekvenser knytt til dagens løsninger	20
3.2.1 Utfordringer	20
3.2.2 Konsekvenser	24
3.3 Ønskede tekniske spesifikasjoner i en sømløs terrengmodell	27
3.3.1 Oppløsning	27
3.3.2 Nøyaktighet	28
3.3.3 Ønsket oppdateringsfrekvens	29
3.3.4 Sekundærdata	30
3.3.5 Metadata	30
3.4 Nytteverdi og gevinst	32
3.4.1 Effektivisering og kostnadsbesparelser	32
3.4.2 Bedre kvalitet og presisjon	32
3.4.3 Styrket samfunnssikkerhet og beredskap	32
4 Svar til Meld. St. 27 (2023–2024)	33
5 Brukerhistorier	34
6 Refleksjoner rundt metode	40
7 Oppsummering av funn	41
8 Kilder	42

9 Vedlegg.....	43
----------------	----

Figurer og tabeller

Figur 1: Ulike referansenivå til sjø og land. Kilde: Kartverket.	10
Figur 2: Fordeling av bruk av en sømløs terrengmodell. Merk at vi har registrert flere anvendelser (47) av modellen enn antall aktører siden noen aktører bruker modellen på flere måter.	15
Figur 3: Bruk av en sømløs terrengmodell for planlegging og prosjektering - Fordeling av aktører etter samfunnsområde.	17
Figur 4: Bruk av en sømløs terrengmodell for modellering og framskrivninger - Fordeling av aktører etter samfunnsområde. .. Feil! Bokmerke er ikke definert.	
Figur 5: Bruk av en sømløs terrengmodell for krisehåndtering - Fordeling av aktører etter samfunnsområde. Feil! Bokmerke er ikke definert.	
Figur 6: Antall aktører som opplever utfordringer på grunn av manglende data i kystsonen. Feil! Bokmerke er ikke definert.	
Figur 7: Eksempler på uønsket effekter fra interpolering mellom terrengmodeller på grunn av manglende eller lav oppløsning i kystsonen. Til venstre: feil dybde i havn – fra Stavanger kommune. Til høyre: lav oppløsning i kystsonen. Fra Havforskningsinstituttet..... Feil! Bokmerke er ikke definert.	
Figur 8: Manuelt prosessering med sammensying av data- Fordeling av aktører etter samfunnsområde.....	23
Figur 9: Innsamling av data – Fordeling av aktører etter samfunnsområde.....	25
Figur 10: Representasjon av usikkerhet i resultat av en analyse (nederst på bildet) som en kombinasjon av alle usikkerheter i modelleringsprosesser, inkludert usikkerhet i terrengmodellen (andre øverst på bildet).....	27
Tabell 1: Aktører fordelt på Kartverkets samfunnsområder.	13
Tabell 2: Aktører fordelt på bruksområder og Kartverkets samfunnsområder.....	43
Tekstboks 1: Om kystkontur.....	26

Forkortelser og begreper

Dybdata: Terrengdata som angir den vertikale avstanden ned relativt til referansenivå SK0.

Høydedata: Terrengdata som angir den vertikale avstanden opp relativt til referansenivå NN2000.

Kystsonen: Kystsonen er overgangsområdet mellom land og hav. Den omfatter både land og sjøarealer.

Kystkontur: Kystkonturen er selve linjen som markerer grensen mellom sjø og land, spesifikt langs middel høyvann. Denne linjen brukes til å skille tørt land fra sjø.

NN2000: Nasjonalt høydereferansesystem for land i Norge, basert på en presis geoidmodell, med nullnivå lagt omtrent ved middelvannstand.

SK0 (Sjøkartnull): Vertikalt referansenivå for dybder i sjøkart, basert på laveste astronomiske tidevann (LAT), justert lokalt av sikkerhetshensyn.

Sømløs terrengmodell: Felles terrengmodell med sammenhengende data over og under vann, med felles referansesystem og uten manglende data i kystsonen og i vassdrag.

Terrengmodell: Digital representasjon av jordoverflatens form (topografien), som viser høyder, dybder, helninger og former i terrenget.

Vassdrag: et sammenhengende system som kan bestå av elver, bekker, breer og innsjøer, og som munner ut i et definert punkt som kan være elv, sjø, hav/fjord.

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

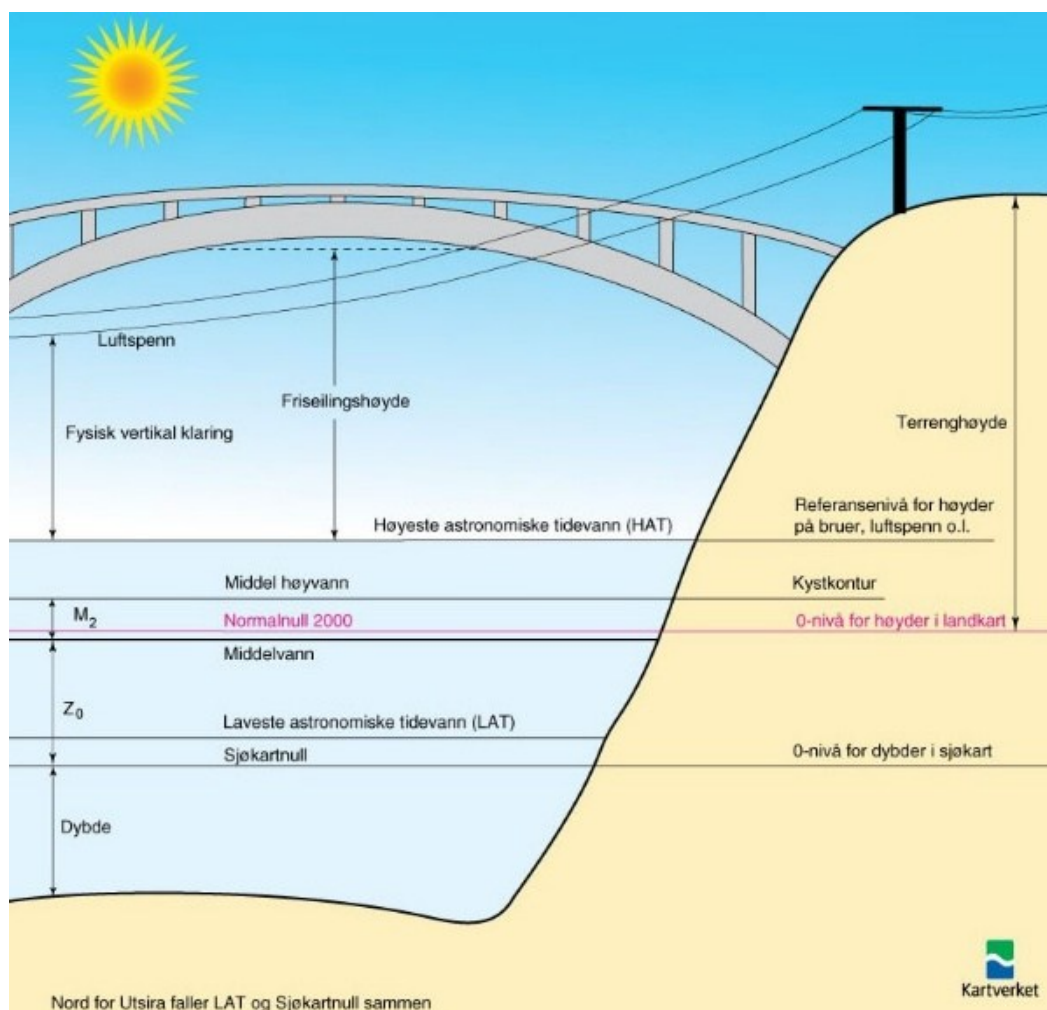
Kysten har alltid vært viktig for nordmenn, og mange av Norges mest innovative bedrifter, viktigste næringer og kompetansemiljøer har sitt utspring fra kysten. Med fremveksten av næringer som havvind, fiskeoppdrett og biologiske ressurser til mat og medisiner fortsetter den å spille en sentral rolle i norsk nærings- og distriktsutvikling (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2021). De kystøkologiske systemene langs norskekysten representerer også unike og produktive områder, med flere trofiske nivå og høyt mangfold av arter og levende organismer som legges under press av menneskelig aktivitet (Svenning & Jonsson, 2005).

For å få et helhetlig bilde av kystsonen i planleggingsfasen av nye prosjekt og initiativ, og legge til rette for kunnskapsbaserte og veloverveide beslutninger, er det avgjørende å ha tilgang på et heldekkende og kvalitetssikret datagrunnlag. Terrengmodeller gir ikke bare oversikt over topografien i området, men danner også et grunnlag for å forstå hydrologi, erosjonsprosesser, bunnforhold, habitatstruktur og andre økologiske faktorer.

Kartverket har nasjonalt ansvar for å samle inn og distribuere detaljerte høyde- og dybde data. Høyde data genereres fra punktskyer basert på flybåren laserskanning og bildematching i prosjektet Nasjonal Detaljert Høydemodell (NDH, 2016–2022), og distribueres som en terrengmodell med opptil 1 meters oppløsning for hele landet (Kartverket, 2018). Høykvalitets dybde data har blitt samlet inn med multistråleekkolodd siden rundt år 2000. I tillegg har Kartverket data fra eldre målinger som er samlet inn med tidligere brukte metoder med begrenset presisjon som for eksempel enkeltstråleekkolodd. Eldre dybde data blir kontinuerlig erstattet etter hvert som nye dybde data blir samlet inn (Kartverket, 2024).

Til tross for omfattende og kontinuerlig kartlegging av både høyde- og dybde data, er det utfordrende å integrere og anvende terrestriske og marine terreng data i en samlet analyse. Høyde- og dybde data har ulike vertikale referansesystem. Det vil si at de følger forskjellige standarder for høyder og dybder.

Dybde data er referert til sjøkartnull (SK0). Sjøkart null er referansenivå for dybder i sjøkart og høyder i tidevannstabeller. Sjøkartnull ligger under laveste astronomiske tidevann (LAT), som er den laveste vannstanden vi kan ha dersom vi ser bort fra påvirkninger fra været (der lufttrykksendringer og vind er viktigst) (Kartverket, 2021). Dette for å sikre at båter ikke seiler på grunn, se Figur 1. Langs sørlandskysten og i Oslofjorden er tidevannsvariasjonene små i forhold til værets virkning på vannstanden (vind, lufttrykk og temperatur). Sjøkartnull er derfor av sikkerhetsmessige grunner lagt 20 cm lavere enn LAT langs kysten fra svenskegrensen til Utsira og 30 cm lavere enn LAT i indre Oslofjord (innenfor Drøbaksundet) (Kartverket, 2021).



Figur 1: Ulike referansenivå til sjø og land. Kilde: Kartverket.

Terrengdata blir derimot referert til normalnull 2000 (NN2000). NN2000 angir høyde i forhold til en presis geoidreferanse, ikke havnivå, for å sikre ensartet høydemålinger over hele landet. Nullpunktet er lagt omtrent ved middelvannstanden, se Figur 1. Forskjellen mellom SK0 og NN2000 vil variere fra sted til sted, avhengig blant annet av størrelsen på tidevannsamplituden (variasjonen kan ligge mellom 20 og 235 cm) (Kartverket, 2021; Osnes et al., 2024).

Kartverket tilbyr visualisering av både høyde og dybdedata, men modellene står adskilt (se høydedata.no). Tatt i betraktning både innsamlingsmetodikk og de forskjellige referansesystemene som blir brukt i høyde- og dybdedata, reiser det seg to utfordringer dersom man forsøker å sammenstille terrestriske og marine terrengmodeller. De ulike nullpunktene kan skape kunstige sprang eller «hakk» i terrengoverflaten der de ulike datasettene møtes, som skaper utfordringer i analyser hvor man trenger sammenhengende og konsistente modeller.

Videre er det begrenset kartlegging i de grunneste, kystnære områdene, ettersom kartleggingsfartøylene ikke kommer til med ekkolodd i grunt vann og det på land oftest kartlegges med rød laser, som ikke penetrerer vannsøylen (NVE, 2023). Dette

medfører et gap mellom de terrestriske og marine terrengmodellene, ofte referert til som *the white ribbon*, hvor man hverken har høyde- eller dybde data.

1.2 Meld. St. 27 (2023–2024)

Videre har Kommunal- og distriktsdepartementet tildelt Kartverket et oppdrag i forbindelse med Stortingsmelding 27 (2023-2024): *Tryggare framtid – førebudd på flaum og skred* (Meld. St. 27 (2023-2024)). Regjeringa vil styrke arbeidet med forebygging for å øke tryggheten for innbyggerne i Norge. Dette innebærer både fysiske sikringstiltak og tiltak knyttet til kartlegging, arealplanlegging, overvåking og varsling. Stortingsmeldingen fokuserer hovedsakelig på flom og skred, men er også tilgrensende farer som overvann, stormflo og havnivåstigning. KDD spør derfor, «Hvordan kan den nasjonale høydemodellen oppdateres for å møte nye behov innen naturfarekartlegging og systematisk oppdatering av risiko?» (Meld. St. 27 (2023-2024)). Stortingsmeldingen belyser blant annet at gode og oppdaterte terrengmodeller er en avgjørende faktor for kartlegging og forebygging av naturfarer (Meld. St. 27 (2023-2024)).

1.3 Oppdrag og formål med behovskartleggingen

På bakgrunn av viktigheten med godt datagrunnlag for helhetlig planlegging i kystsonen og oppdraget i Stortingsmelding 27, ønsker Kartverket å sammenstille terrengmodellene på land og i vann for å dekke disse behovene. Før en eventuell ny kartlegging i kystsonen og igangsetting av arbeidet med å etablere en sømløs terrengmodell basert på allerede eksisterende data, gjennomførte Kartverket en behovsundersøkelse blant relevante aktører som benytter terrengmodeller i sitt arbeid, og som opererer i kystsonen eller i flom- og skredutsatte områder.

Formålet med undersøkelsen var å identifisere aktørenes behov for en sømløs terrengmodell som kan støtte deres faglige oppgaver, og hvilke egenskaper modellen bør inneha. I denne rapporten legger vi frem resultatet av behovsundersøkelsen.

I kapittel 2 blir prosessen med å identifisere og invitere relevante aktører til intervju beskrevet, samt at intervjuguiden blir presentert. Kapittel 3 tar for seg funnene fra behovsundersøkelsen. Først presenterer vi de identifiserte bruksområdene der en sømløs terrengmodell hadde vært nyttig, med konkrete eksempler. Videre blir utfordringene og konsekvensene ved bruk av de eksisterende løsningene presentert. Basert på identifiserte bruksområder, presenterer vi ønskede tekniske spesifikasjoner i en sømløs terrengmodell som aktørene har ytret. Kapittel 4 sammenfatter relevante funn for å svare ut spørsmålet fra Stortingsmeldingen om hvordan den nasjonale høydemodellen kan oppdateres for å møte nye behov innen naturfarekartlegging og systematisk oppdatering av risiko. I kapittel 5 presenterer vi brukerhistorier fra undersøkelsen, i kapittel 6 reflekterer vi over metoden vi har benyttet og i kapittel 7 oppsummerer vi våre funn. Til slutt viser vi til kilder og vedlegg i kapittel 8 og 9.

2 Metode og gjennomføring

2.1 Kartlegging av aktører

Tidsrammen for å kartlegge relevante aktører, invitere til- og gjennomføre intervju var på rett under to måneder. Aktørkartleggingen startet med å ta utgangspunkt i de fem samfunnsområdene som Kartverket har delt sitt virke opp i: 1) samfunnssikkerhet og beredskap, 2) kommunal- og distriktsforvaltning, 3) samferdsel, 4) klima, miljø- og naturforvaltning, og 5) innovasjon og næringsliv. Dette ble gjort for å sikre at alle samfunnsområdene ble representert av flere aktører.

Videre jobbet vi ut fra kjente bruksområder for Kartverkets terrengmodeller, både terrestriske og marine, og identifiserte relevante organisasjoner, etater og bedrifter innen disse bruksområdene. En rekke aktører ble identifisert, så for å sikre at de ulike samfunns- og bruksområdene ble tilstrekkelig representert, utarbeidet vi en prioriteringsliste over hvilke som skulle inviteres på intervju først, gitt tidsskjemaet vårt.

Aktørene vi vurderte til å ha 1) best grunnlag for å gi relevante tilbakemeldinger, 2) ha størst nytte av en sømløs terrengmodell og 3) potensielt kunne bidratt til finansiering av kartleggingsarbeidet, ble prioritert ved utsendelse av invitasjon til intervju.

Bakgrunn for- og invitasjonen til intervjuet ble sendt per e-post, med alternative møtetidspunkt. I e-posten oppfordret vi til å sende invitasjonen videre internt i organisasjonen dersom mottaker var av den oppfatning at noen andre var bedre egnet til å svare på spørsmålene våre. Ettersom intervjuene ble gjennomført, dukket det opp nye bruksområder, aktører og kontaktpersoner underveis. Flere tips og anbefalinger fra intervjuobjektene våre ble fulgt opp og invitert til intervju.

Ved slutten av intervjuprosessen hadde vi identifisert om lag 65 unike aktører¹. Vi sendte ut omtrent 40 invitasjoner. Svarresponsen var høy, med 83.3% positive tilbakemeldinger. Totalt gjennomførte vi 34 intervju og snakket med til sammen 64 kontaktpersoner fra de ulike aktørene. Aktørene som ble intervjuet er oppgitt i Tabell 1, som også er delt inn etter Kartverkets samfunnsområder. Det ble imidlertid klart at klassifiseringen av de ulike aktørene ikke nødvendigvis er entydig, da deres bruksområder og arbeidsoppgaver varierer og kan tilhøre flere samfunnsområder.

¹ Ulike aktører ble oppgitt flere ganger fordi de falt under flere bruksområder (konsulentfirma, forskningsorganisasjoner m.m.). Det var ca. 65 unike aktører.

Tabell 1: Aktører fordelt på Kartverkets samfunnsområder.

Sikkerheit og beredskap	Samferdsel	Kommunal- og distriktsutvikling	Klima- og miljø	Innovasjon og næringsliv
Forsvaret	Statens Vegvesen	Eigersund Kommune	Meteorologisk institutt	Equinor
Statsforvaltaren, beredskaps-avdelinga	Kystverket, utbygging	Stavanger Kommune	Norsk klimaservice-senter	Shell
NVE	Kystverket, navigasjon	Statsforvaltaren, Kart	Artsdata-banken	Skanska
Direktoratet for Samfunns-sikkerhet og Beredskap		Rogaland Fylkeskommune	NGU	Norconsult
Forsvarsbygg		Polarinstituttet	NIVA	Norsk Vann
Statnett		Vadsø Kommune	CICERO	BKK
			Havforsknings-instituttet	Asplan Viak
			Miljø-direktoratet	Norce
				Field
				MOWI
				NTNU
18%	9%	18%	23%	32%

2.2 Intervjuguide

Intervjuene ble gjennomført over Teams, og veiledet av en intervjuguide. Intervjuene ble delt inn i fem deler:

1. Kartlegge hvem kontaktpersonen er og bedriften/organisasjonen/etaten kontaktpersonen representerer.

Vi ønsket å starte intervjuet med å bli kjent med bakgrunn og erfaring kontaktpersonen hadde, hvilke konkrete arbeidsoppgaver hen har og hvordan hen, eller organisasjonen for øvrig, benytter seg av terrengmodeller i arbeidet sitt. Dette hjalp oss med å vurdere og vektlegge svarene vi fikk og eventuell oppfølging av svarene i etterkant.

2. Kartlegge eventuelle utfordringer kontaktpersonen/aktøren kontaktpersonen representerer har opplevd grunnet utfordringer med ulike referansenivå og/eller manglende data i kystsonen og i innenlands vassdrag, eller andre utfordringer de har støtt på ved bruk av terrengmodeller fra Kartverket.

3. Kartlegge konsekvensene av ulikt referansenivå og/eller manglende data, samt hvordan de identifiserte utfordringene blir håndtert.

Eksempel på konsekvenser er for eksempel tidkrevende manuelt arbeid for å manipulere høydeverdiene i terrengmodellen, gjøre egne datainnsamlinger eller akseptere at datagrunnlaget er som det er og få mindre troverdige analyser.

4. Kartlegge hvilke behov kontaktpersonen mener at aktøren den representerer trenger av en sømløs terrengmodell.

I denne delen av intervjuet spurte vi konkret etter behov for oppløsning, dekning og oppdateringsfrekvens, og undersøkte behov for annen informasjon, for eksempel sekundærdata fra innsamling og metadata.

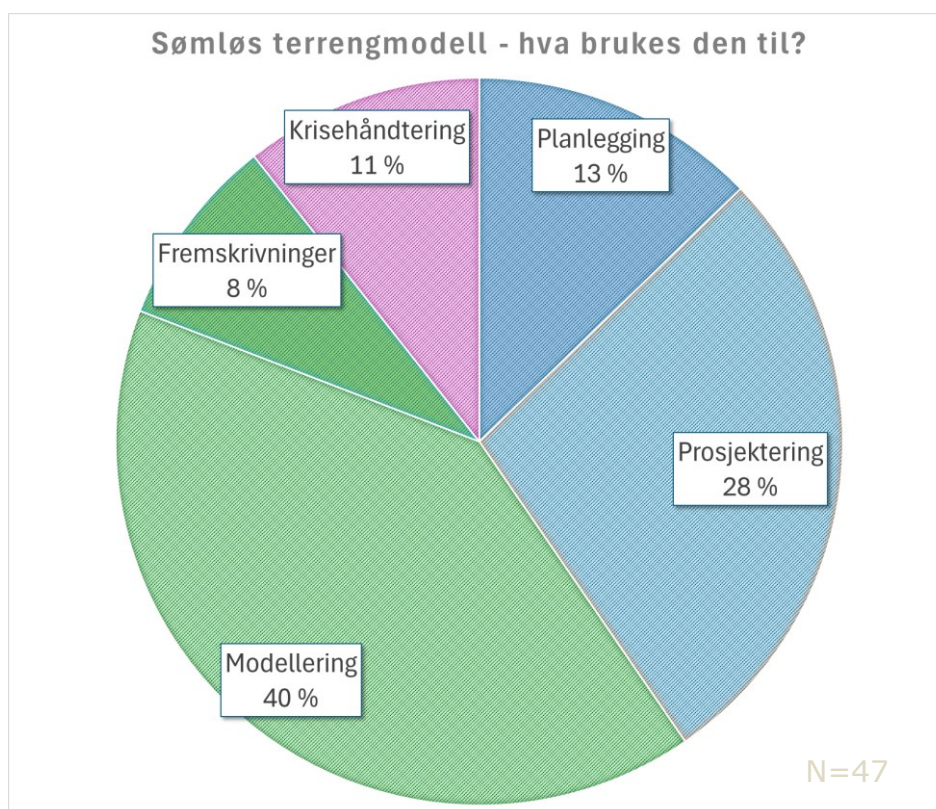
5. Kartlegge konkrete gevinster av en sømløs terrengmodell, og vurdere nytten for den enkelte aktør.

I den siste delen av intervjuet forsøkte vi å samle trådene fra de tidligere spørsmålene. Vi ønsket at kontaktpersonen kunne vise til noen konkrete gevinster aktøren ville hatt av en sømløs terrengmodell, samt gi en nyttevurdering mellom 1 og 5 på en Likert-skala, hvor 1 = en sømløs terrengmodell er ikke nyttig i det hele tatt og 5 = en sømløs terrengmodell ville vært svært nyttig.

3 Funn

3.1 Hva brukes terrengmodellene til?

Gjennom intervju med aktørene presentert i Tabell 1 har vi identifisert at en oppdatert terrengmodell med nye kartlegginger i overgangssoner mellom land og vann, har felles bruksområder på tvers av ulike samfunnsområder. Bruksområdene utledet av behovsanalysen, er derfor delt inn i tre hovedkategorier: Planlegging og prosjektering; Modellering og framskrivninger; og Krisehåndtering (se Figur 2).



Figur 2: Fordeling av bruk av en sømløs terrengmodell. Merk at vi har registrert flere anvendelser (47) av modellen enn antall aktører siden noen aktører bruker modellen på flere måter.

3.1.1 Planlegging og prosjektering

En presis topografisk beskrivelse av kystområder er avgjørende for planlegging og prosjektering. Den gir et solid grunnlag for å vurdere behov, budsjetter og tidsrammer i prosjekter der infrastruktur må tilpasses terrenget. Terrengmodellen fungerer som et viktig beslutningsverktøy for kommunale reguleringsplaner, men også for alle aktører som deltar i etablering av ny infrastruktur.

Bruk i kommuner

Intervju med kommunenes interesseorganisasjon Norsk Vann har avdekket hvor viktig det er for kystkommuner og kommuner langs vassdrag å bruke nøyaktige

høydebeskrivelser langs vannkanten i prosjekter for vann- og avløpsinfrastruktur. Disse prosjektene er kostnadskrevende, og terrengmodellen hjelper med å beregne ledningslengder og høydeplassering for å beskytte avløpssystemer.

Stavanger kommune har utviklet en detaljert 3D-modell av byen som brukes til visualisering og planlegging. Modellen gir innsikt i hvordan terrenget påvirker plassering av bygninger, kaier, veier og annen infrastruktur, samt hvordan bygninger påvirker utsikt og sollys. Eigersund kommune benytter terrengmodeller langs kysten til å definere eiendomsgrenser i strandsoner og planlegge masseflyttinger i havneområder.

Intervjuet med Vadsø kommune avdekket at små kommuner ofte har begrenset GIS-kunnskaper, og kjøper gjerne tjenester fra konsulenter som lager analyser basert på terrengmodeller for dem. De utvikler mellom annet avanserte verktøy, som BIM-modeller (Building Information Modelling), for visualisering og samarbeid i prosjekter. BIM-modeller krever en presis høydemodell som grunnlag.

Bruk i energisektoren

Undersøkelsen viser at terrengmodeller, særlig i overgangssoner mellom land og vann, er kritiske for energisektoren i Norge. Sektoren har omfattende landtaksprosjekter langs hele kysten. BKK og Statnett bruker terrengmodeller til å planlegge ilandføring av innenlandske og utenlandske kraftkabler gjennom fjorder og sjø. Norske Shell rapporterer om landtak av gassledninger i Nyhamna, mens Equinor planlegger tilkobling av kabler og ledninger til landanlegg på Kårstø, Mongstad, Kollsnes og Melkøya.

Equinor prosjekterer også elektrifisering av fire offshore-installasjoner på sokkelen (to i Vestland, én i Nordland og én i Finnmark). Felles for disse prosjektene er at de krysser områder mellom sjø og land, noe som krever nøyaktig terrengdata for optimal plassering og gjennomføring.

Sikringsprosjekter og andre bruksområder

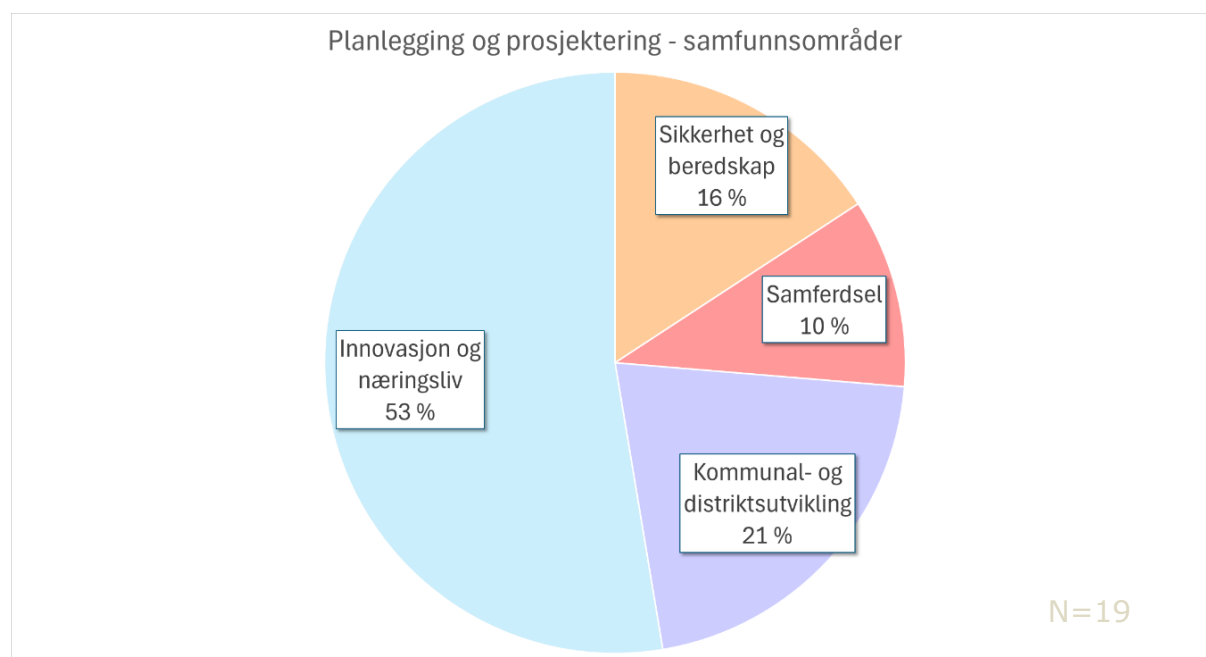
Flere aktører har behov for terrengmodeller i sikringsprosjekter. Modellene brukes til å identifisere stabile områder slik at riktige tiltak for sikring og forankring kan gjennomføres.

NVE og konsultentselskapet Asplan Viak beskriver prosjekter der terrengmodeller, kombinert med berggrunnsinformasjon, hjelper med å analysere erosjonspotensial langs kyst, fjord og marine grenseområder. Basert på analysene avgjøres plassering av bygg og anlegg.

MOWI bruker terrengmodeller til å identifisere de mest egnede områdene for forankring av merder i sjøen. Kystverket (Utbyggingsavdelingen) og Statens Vegvesen baserer seg på terrengmodeller og NVEs anbefalinger for å bestemme

plassering og behov for tiltak ved planlegging og bygging av samferdselsprosjekter som havneutvikling og veibygging.

Over halvparten av brukere innen bruksområde *Planlegging og prosjektering* tilhører samfunnsområde *Innovasjon og næringsliv*, se Figur 3.



Figur 3: Bruk av en sømløs terrengmodell for planlegging og prosjektering - Fordeling av aktører etter samfunnsområde.

3.1.2 Modellering og framskrivninger

Visualiseringsverktøy

Å lage en digital modell av terrenget er en modelleringsoppgave i seg selv. Ut ifra terrengmodeller som dekker land og sjø utvikler flere aktører både kart og digitale tvillinger (3D-modeller) som gir nye visualiserings- og samarbeidsmuligheter. Kystverket bruker slike modeller til blant annet opplæring av losere og planlegging av sjømerker. BIM-modeller, utviklet av konsulentselskaper, er et annet eksempel av 3D-modeller (se kapittel 3.1.1).

Kunnskapsgrunnlag

For mange aktører er terrengmodeller utgangspunktet for videre modellering. Modellering forenkler en kompleks virkelighet og gir grunnlag for informerte beslutninger innen forvaltning, næring og forskning. Målet er å skape en representasjon av virkeligheten for å forstå, visualisere, tolke og forutsi romlige relasjoner mellom naturfaglige egenskaper og landskapselementer.

NGU bruker mellom annet terrengmodeller til geologisk kartlegging, mens Miljødirektoratet, Artsdatabanken, Havforskningsinstituttet, Field og NIVA er

eksempel på aktører som driver med naturkartlegging. Både kystsonen og tidevannsonen er områder med stor biologisk variasjon på korte avstander, og for å få gode modeller for natur- og artsutbredelse er det viktig med en heldekkende terrengmodell. Når man har informasjon både om hvor artene faktisk er registrert, og om relevante miljøgradienter som styrer utbredelsen deres, kan man utvikle modeller som predikerer sannsynlig forekomst i områder uten stedfestede observasjoner.

Terrengmodellene brukes også til hydrologiske modeller, forvaltning av innsjøer og beregning av havstrømmer, blant annet av Statsforvalteren i Rogaland.

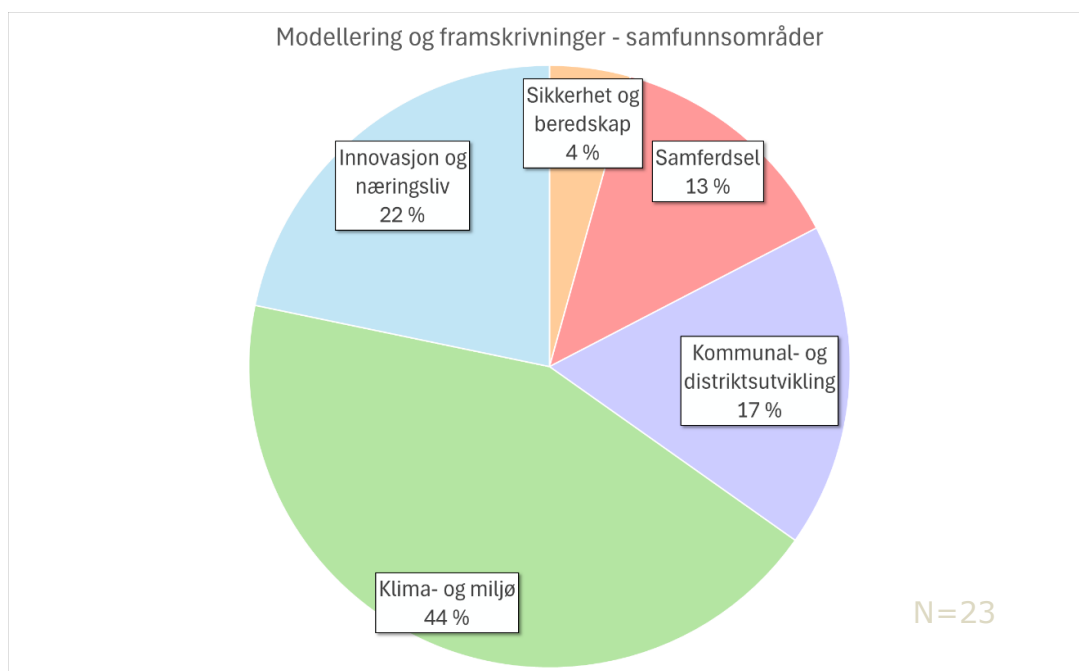
Forskning basert på satellittdata i jordobservasjonsgruppe i NORCE bruker terrengmodeller til å geoposisjonere nøyaktig satellittdata, spesielt ved bruk av satellittbasert avbildende radardata à la Sentinel-1 (SAR, Synthetic Aperture Radar). Jo høyere oppløsning på satellittdata, jo høyere oppløsning på terrengdata trenger man.

Framskrivning av risiko

Modellering er også sentralt for å forutsi risiko for naturfare. Modeller gjør komplekse og usikre systemer forståelige og analyserbare. Ved å legge inn data om kjente risikofaktorer (f.eks. bratt terreng eller grunne forhold), kan modeller identifisere geografiske områder med høy risiko. Kystverket lager bølgeanalyser for å forutsi hvor store bølger store skip skaper nær kysten, som kan gi skader på småbåthavner og bebyggelse i vannkanten. NVE bruker terrengmodeller til å modellere skred og flom og utarbeide aktsomhetskart for utsatte områder.

Klimaendringer øker sannsynligheten for ekstremvær og havnivåstigning. Dynamiske modeller som kombinerer sanntidsdata med nøyaktige terrengmodeller, er avgjørende for å forutsi akutte hendelser som flomtopper og overvann. Meteorologisk institutt produserer slike modeller for å publisere varsler. Flere aktører (Norsk Vann, Cicero, Stavanger kommune, konsulent selskaper) bruker data fra disse modeller for å vurdere risiko for overvann i fremtiden. Statsforvalteren for beredskap i Rogaland poengterer betydning av risikoanalyser basert på pålitelig terrengmodell for å kunne forstå risiko og forebygge mest mulig helt ned til kommunale og regionale planer.

Nesten halvparten av brukere innen bruksområde *Modellering og framskrivninger* tilhører samfunnsområde *Klima og miljø*, se Figur 4.



Figur 4: Bruk av en sømløs terrengmodell for modellering og framskrivninger - Fordeling av aktører etter samfunnsområde.

3.1.3 Krisehåndtering

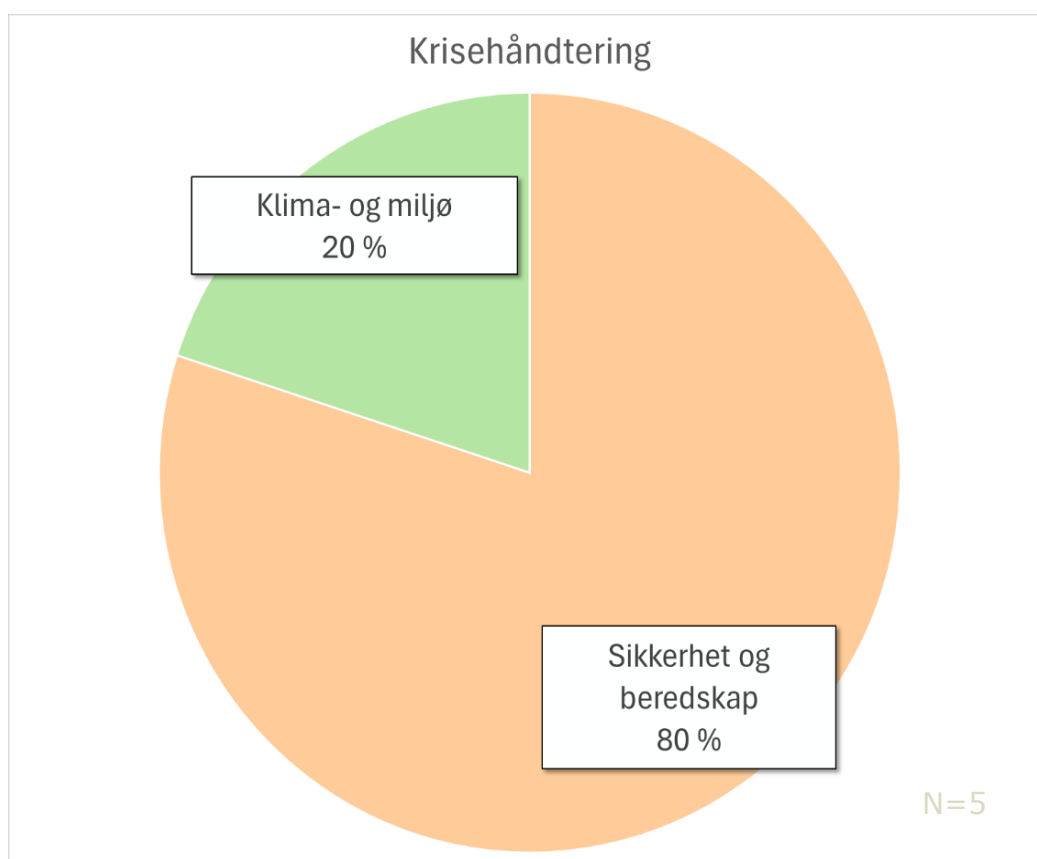
Når risiko er identifisert og framskrevet, gir modellene grunnlag for å utarbeide målrettede forebyggende tiltak eller tiltak som hjelper å håndtere kriser.

Det er identifisert flere aktører som kombinerer terrengdata med klimamodeller for analyser av ekstremvær, naturrisiko og sårbarhet gjennom ROS-analyser (Cicero, DSB, kommunene og Statsforvalteren for beredskap i Rogaland). Det gir muligheten for kommuner til å tilpasse planer, innføre tiltak for å redusere mulige ødeleggelser og kartlegge varselområder og kritisk infrastruktur under hendelser. Se eksempel i kapittel 5.

Forsvaret har gitt oss eksempler som illustrerer hvordan en sømløs terrengmodell bidrar til å understøtte sine operasjoner:

- Kystjegerkommandoen (KJK) gjennomfører operasjoner hvor man blir satt inn med fartøy langs kysten for så å operere på land. En presis og detaljert sømløs terrengmodell vil bidra til gode analyser om landsettingsområder.
- Ingeniørbataljonen, tropp for bro og oversetting, bruker terrengmodeller til å anbefale krysningspunkter og vadeområder (for eksempel i vår 2025 for å lettere prosjektere flyttingen av P-3 Orion patruljefly fra Andøya til Bodø).

Mesteparten av brukere innen bruksområde *Krisehåndtering* tilhører samfunnsområde *Sikkerhet og beredskap*, se Figur 5.



Figur 5: Bruk av en sømløs terrengmodell for krisehåndtering - Fordeling av aktører etter samfunnsområde.

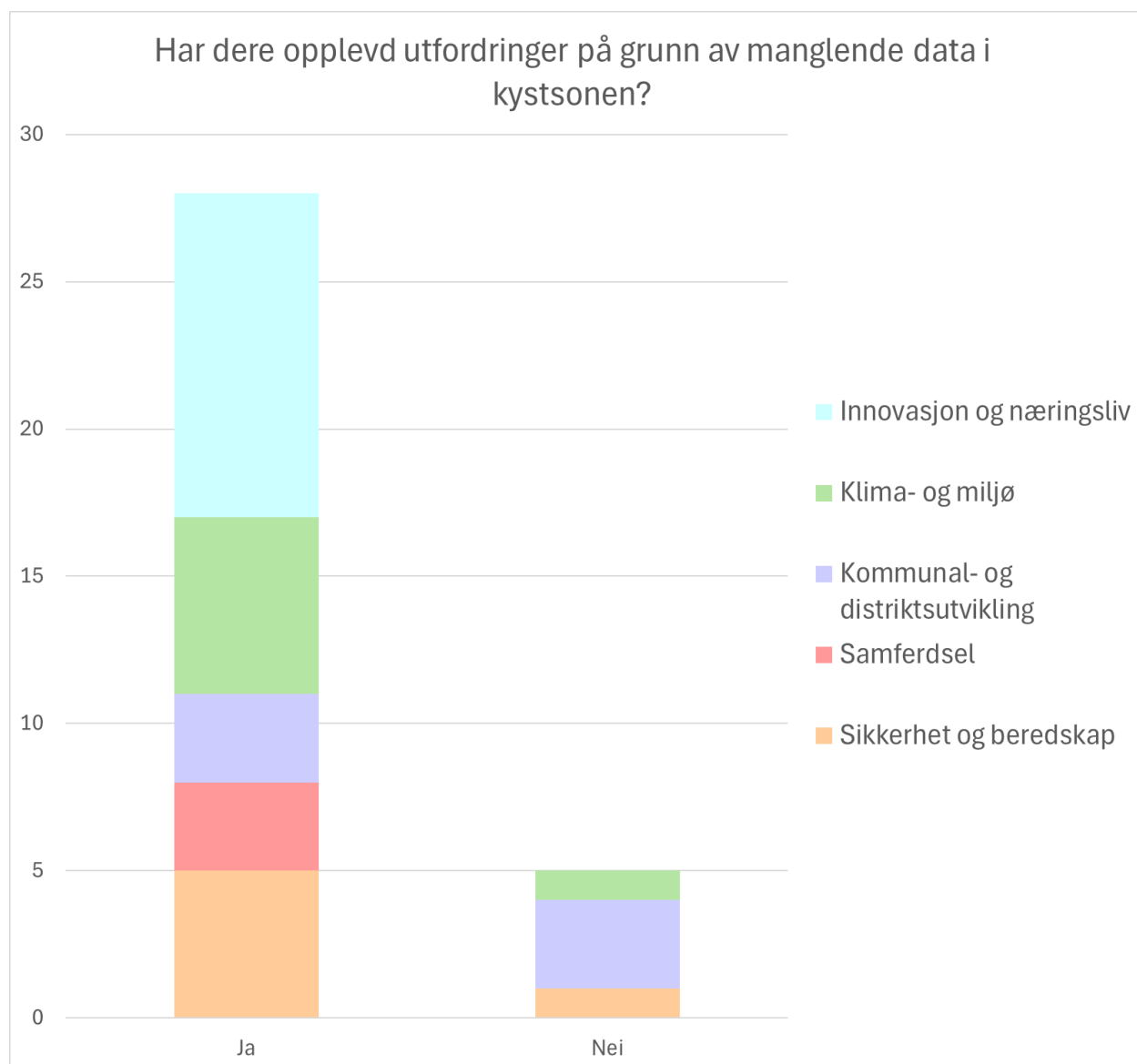
3.2 Utfordringer og konsekvenser knytt til dagens løsninger

3.2.1 Utfordringer

Manglende data

Som nevnt tidligere i rapporten, slutter den nasjonale høydemodellen ved vannkanten, og dybdemodeller når sjelden de grunneste vanddybdene. Derfor står nesten alle aktører (28 av 33 aktører, se Figur 6) overfor det samme problemet når de skal utføre arbeid i kystnære områder eller langs et vassdrag: «The White Ribbon». Det mangler data langs vannkanten.

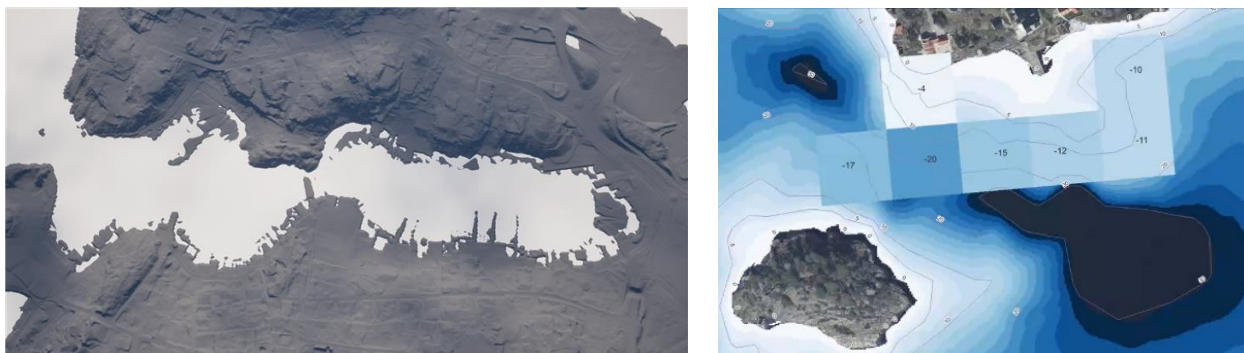
Når data finnes i disse områdene, er de dessverre ofte av dårlig kvalitet eller lav oppløsning. Årsaken er som regel at modellen bygges på begrenset informasjon, eller at dataene som ble brukt til å lage den stammer fra metoder med innebygde feil, for eksempel en bratt terrengmodell produsert fra data samlet med enkelstråle-ekkolodd.



Figur 6: Antall aktører som opplever utfordringer på grunn av manglende data i kystsonen.

Prosessering av data

Når det ikke finnes data, når aktørene ikke har råd til å skaffe nye data, eller når tilgjengelige data har for lav oppløsning, oppgir flere aktører at de benytter interpoleringsmetoder for å fylle hull med manglende data i overgangssoner. Slike oppgaver kan vanligvis ikke automatiseres og krever manuelt arbeid, som vist på Figur 7. Stavanger kommune har for eksempel utviklet en GIS-prosess for å håndtere støy som interpolering introduserer i terrengmodellen. Havforskningsinstituttet rapporterer om bruk av dybdekurver basert på enkle ekkolodd for å støtte interpolering.

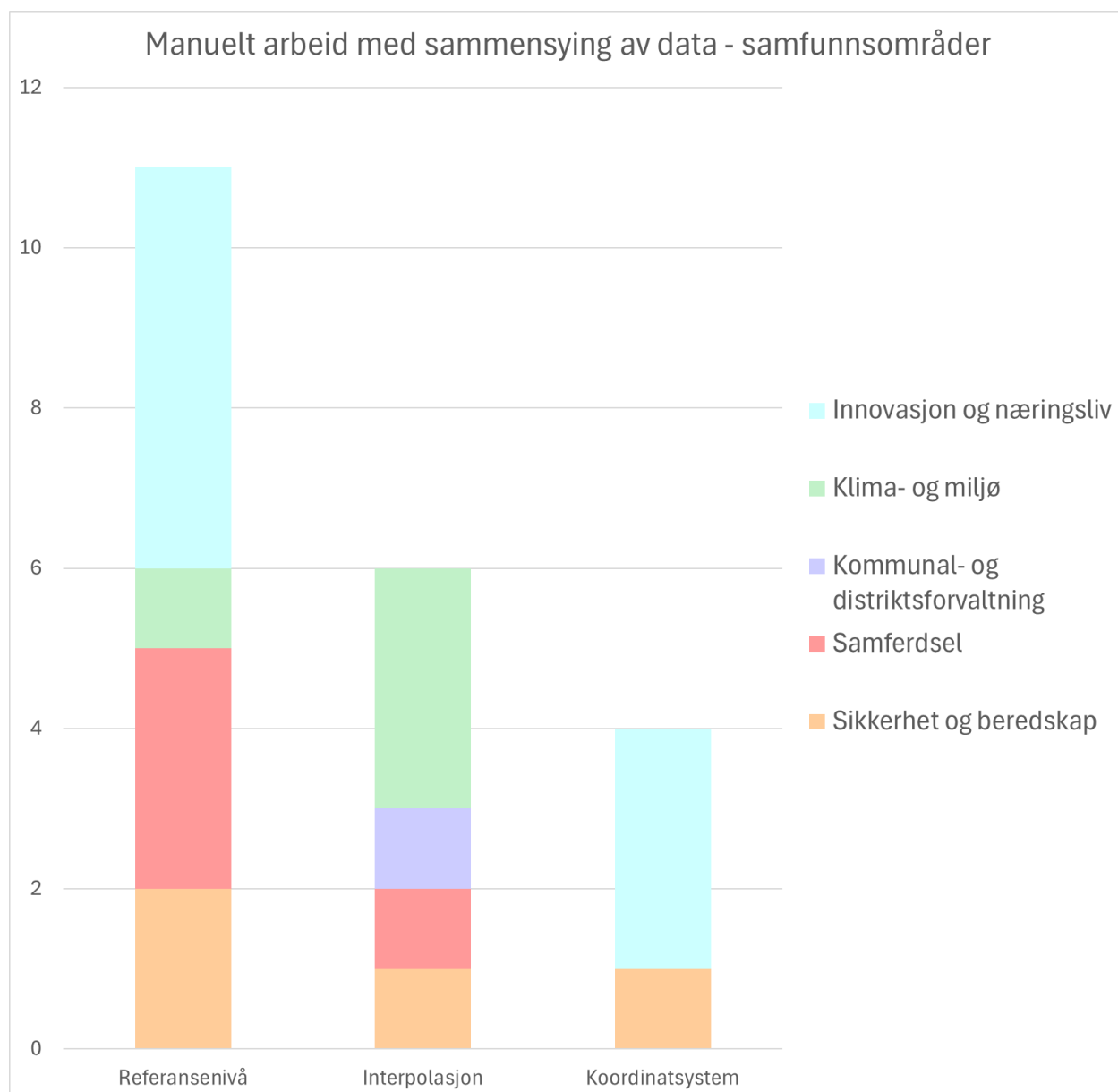


Figur 7: Eksempler på uønsket effekter fra interpolering mellom terrengmodeller på grunn av manglende eller lav oppløsning i kystsonen. Til venstre: feil dybde i havn – fra Stavanger kommune. Til høyre: lav oppløsning i kystsonen. Fra Havforskningsinstituttet.

Det ble også nevnt innledningsvis at vertikal referanse varierer mellom datasett i sjø og på land. Datasett i sjøen refererer til SK0, mens datasett på land vanligvis refererer til NN2000. Disse ulike referansenivåene skaper problemer ved sammenstilling. Det kreves kunnskap og bevissthet om denne utfordringen, da ikke alle aktører er klar over forskjellene og hvordan de må håndteres. Dette kompliserer prosjekter og skaper utfordringer med å sy datasett sammen. Forsvarsbygg, Kystverket, NVE, Statens Vegvesen, Shell og Equinor er blant aktørene som har tatt denne utfordringen i betraktning.

Et mindre antall aktører peker på forskjellen i koordinatsystemer som en mulig ekstra kilde for feil når man sammenstiller ulike modeller.

Figur 8 viser hvordan aktørene vi har hatt samtale med fordeler seg på samfunnsområdene, basert på de tre hovedgrunnene for prosessering når data fra land og sjø settes sammen.



Figur 8: Manuelt prosessering med sammensying av data- Fordeling av aktører etter samfunnsområde.

Datatilgang

Mange aktører gjør egne innsamlinger av terrengdata i kystsonen for sine formål. Dette er data som blir lagret lokalt hos de enkelte aktører, i stedet for å inngå i den nasjonale geodatainfrastrukturen. Manglende koordinering av innsamling fra sentralt hold resulterer i fragmentert datainnsamling, og data som ikke blir utnyttet på tvers av bruks- og samfunnsområder.

En siste utfordring som enkelte aktører peker på, er vanskeligheten med å få tilgang til dybde data på grunn av juridiske restriksjoner. Graderingsregimet for dybde data har eksistert siden begynnelsen av 1900-tallet, da de første lovene kom. Loven ble fornyet i 2017, men sier bare noe om et generelt forbud om bruk og opptak av dybde data, og peker på at ytterligere detaljer om dybde og oppløsning kan gis i

forskrift. Når forskriften ble gjort gjeldende i 2024, medførte dette til at dybde data ned til –30 meter (regnet fra sjøkartnull) ikke lenger er omfattet av forbudet. Det oppleves likevel fremdeles som krevende for flere aktører å få frigitt dybde data til sine formål (Forsvaret, HI, Kystverket, NIVA, Norconsult, Statnett og Stavanger kommune).

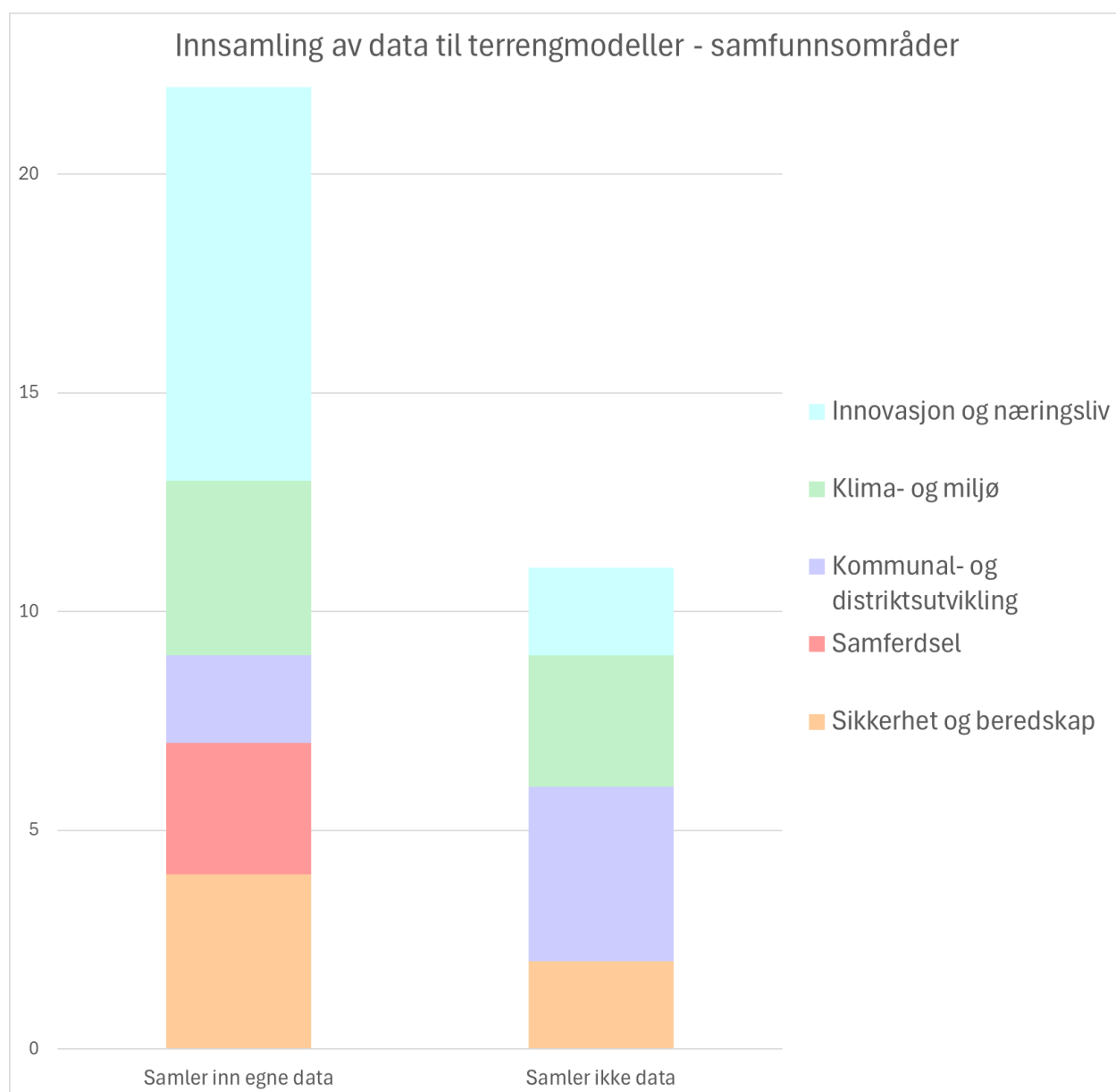
3.2.2 Konsekvenser

Usikkerhet i datagrunnlag koster tid og penger

Når et prosjekt planlegges i områder med mangelfulle data, oppstår det usikkerhet rundt prosjektet. Uten terrengdata av høy kvalitet, øker risikoen for feil i prosjekteringen. Usikkerhet svekker for eksempel gjennomførbarhet av store landtak-prosjekter betydelig, og budsjetttrammene må ta høyde for denne usikkerheten. Dette kan gjøre prosjektet mindre konkurransedyktig. For store prosjekter som ilandføring, anses derfor tidlig datainnsamling som en rimelig og god investering. Likevel fremhever flere aktører at den tid som trengs til å samle data gir både tids- og kostnadspress for hele prosjektet (Shell, Statens Vegvesen, Norconsult). Se brukerhistorie i kapittel 5.

Noen aktører er imidlertid avhengig av å kjøpe datainnsamlingstjenester, særlig de aktørene som er ansvarlig for å bygge vei (Statens vegvesen), havn (Kystverket), bygninger, eller ilandføring av rør og ledninger (Equinor, Skanska, Shell, BKK). De må forsikre seg at de har full oversikt over terrenget de planlegger å bore i, støtte seg på eller bygge over og de fleste rapporterer om høye krav for oppløsning og nøyaktighet (Statens vegvesen).

Figur 9 **Feil! Fant ikke referansekilden.** viser hvordan aktørene vi har hatt samtale med fordeler seg på samfunnsområdene, basert på om de samler inn data eller ikke når data fra land og sjø settes sammen.



Figur 9: Innsamling av data – Fordeling av aktører etter samfunnsområde.

Manuelt arbeid

Selv om aktører samler inn de manglende data i overgangssoner, må de bruke tid og ressurser på manuell tilpasning mellom land- og -sjødata. De må sy sammen ulike datasett med ulike referansenivå. Dette kan introdusere feil i dataen. På samme måte kan interpolasjon av eksisterende data introduserer feil selv om resultatet ser visuelt bra ut. Konsulentselskaper som Norconsult bekrefter at havneprosjekter og kystnære utbygginger krever omfattende manuell prosessering for å kombinere Kartverkets terrengdata med dybde data fra havnemyndigheter. Resultatet av sammensying viser en «grov overgang» mellom land og sjø.

Kommunikasjon

Når modeller fra land og sjø skal integreres, er det ofte ulike grupper, selskaper og personer som har ansvar for de forskjellige datasettene. Dette krever god kommunikasjon og en felles forståelse av referansenivåer og koordinatsystemer som benyttes. Risikoen for misforståelser og feil i informasjonsutvekslingen er stor og kan bidra til å gi en feil representasjon av terrenget i forhold til virkeligheten. Figur 1 viser eksempler på ulike begreper som brukes for å beskrive referansenivåer. Ett eksempel er begrepet kystkontur, som ofte brukes i feil kontekst, se Tekstboks 1.

Dersom et prosjekt baseres på en feil terrengmodell, kan det føre til at man ikke befinner seg på riktig sted i virkeligheten når en kabel legges ned eller en tunnel bores. Korrigering av traseer eller tunneler kan få betydelige konsekvenser for prosjektet i form av forsinkelser, kostnadsoverskridelser og økt miljø- og sikkerhetsrisiko, samt risiko for omdømmetap.

Om kystkontur

Definisjon

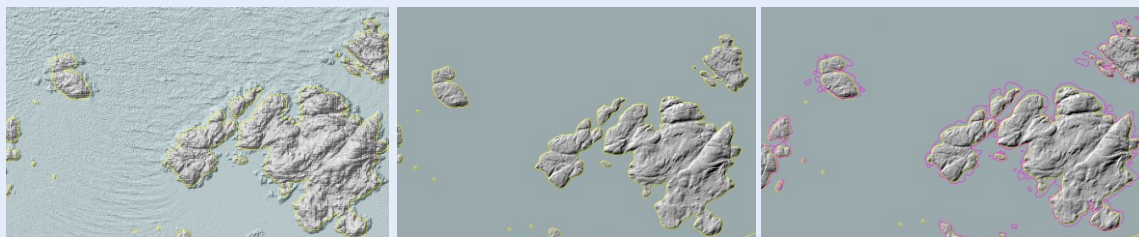
Kystkonturen er definert som hvor høyt sjøen vil stå ved middel høyvann (se Figur 1). Middelhøyvann er definert som gjennomsnittlig høyde på alle høyvann over en periode på 19 år. Den varierer langs kysten. Kystkonturen har derfor ikke det samme avstand til NN2000 over hele landet. Den kan ikke sammenlignes med en høydekurve.

Kystkontur på kart i dag

Dagens kystkontur publiseres via FKB-Vann datasett. Den er basert på fotogrammetrisk konstruksjon.

Kystkontur: en ny løsning?

Bruk av Lidar punktskyer - med dekning ned til havet - og separasjonsmodellen gir mulighet til effektivisering av kystkontur.

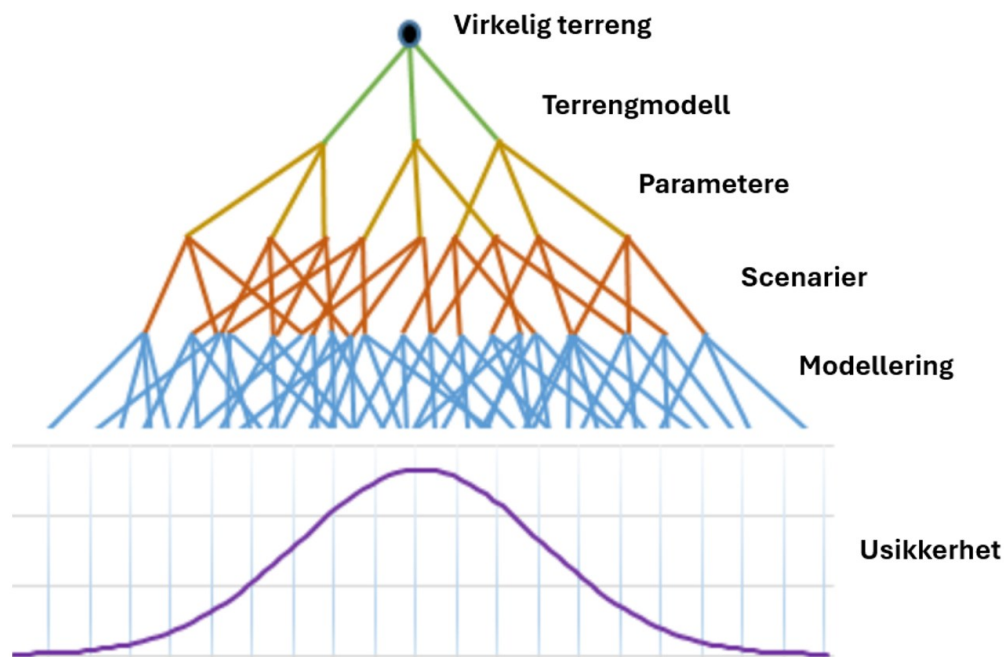


FKB-hav kystkontur lagt over regenerert terrengmodell (venstre), over Nasjonal 1m høydemodell fra høydedata.no (midten) og sammen til høyre (rosa: ny kystkontur, gul: gjeldende kystkontur)

Tekstboks 1: Om kystkontur

Lavere kvalitet på analyser og modelleringer

Ved bruk av terrengmodeller i analyser, for eksempel kartlegging av økosystemer eller beregning av bølgeerosjon, har vi sett at terrengmodellen er en fellesnevner. Usikkerhet i terrengmodellen forplanter seg gjennom prosessene og beregningene som modellene bygger på som vist på Figur 10.



Figur 10: Representasjon av usikkerhet i resultat av en analyse (nederst på bildet) som en kombinasjon av alle usikkerheter i modelleringsprosesser, inkludert usikkerhet i terrengmodellen (andre øverst på bildet).

Manglende eller interpolerte data i terrengmodeller øker derfor usikkerheten i resultatene. Dette kan gi mindre presise kartlegginger og mindre pålitelige risikoanalyser. Til slutt reduseres effekten av disse verktøyene som beslutningsgrunnlag for forvaltning, vern eller beredskap. Meteorologisk institutt rapporterer at stormflo- og bølgevarsling blir mindre presis uten detaljert kystdata, noe som svekker beredskapen ved ekstremvær.

3.3 Ønskede tekniske spesifikasjoner i en sømløs terrengmodell

Under intervjuene med aktørene undersøkte vi hvilke egenskaper en terrengmodell ideelt sett skulle hatt for å dekke aktørenes brukerbehov.

3.3.1 Oppløsning

Oppløsning i en terrengmodell refererer til størrelsen på rutenettet som brukes til å representere terrenget. En oppløsning på 1 meter betyr at modellen har et 1x1 meters rutenett, mens en oppløsning på 10 meter betyr et 10x10 meters rutenett,

og gir en grovere fremstilling. Høyere oppløsning gir en mer detaljert og nøyaktig modell, men krever mer lagringsplass og er tynge å prosessere.

Fra intervjuene var et gjennomgående svar at «*jo høyere oppløsning modellen har, jo bedre*». Likevel konkluderer de fleste med at 1 meter oppløsning er tilstrekkelig i de aller fleste tilfeller, og de som trenger høyere oppløsning enn det må stort sett gjøre egne kartlegginger i området de opererer i uansett. Dette er gjerne aktører som driver med noe form for utbygging, blant annet Shell, Equinor, Kystverket, Skanska og Mowi.

Selv om de gjør egne kartlegginger, kommer det frem at en sømløs terrengmodell med 1 meter oppløsning vil være både tids- og kostnadsbesparende i mange tilfeller. Ved å bruke en sømløs terrengmodell blir det enklere å få et overblikk over terrenget man jobber i, utelukke uegnede områder for det enkelte prosjekt og sette seg ut et område som kan undersøkes nærmere ved egen kartlegging.

Naturkartlegging og -utbredelsesmodellering er også bruksområder der høy oppløsning gir bedre grunnlag for analyser og modellering.

Sammenlignet med datagrunnlaget aktører som ikke utfører egne sjømålinger har tilgang på i dag, som gjerne er interpolerte modeller med usikre tall, vil en terrengmodell med 1 meter oppløsning være et enormt løft og tilstrekkelig for de fleste formål som vi har identifisert.

Flere aktører (NVE, Asplan Viak, Artsdatabanken, NGU, Havforskningsinstituttet, NIVA m.m.) understreker at terrengmodellene på land og i sjø bør ha samme oppløsning helt ut mot -25 til -30 meter. Det er blant annet i dette området man finner mest naturvariasjon, samt at områdestabilitet og sikringstiltak ifølge Asplan Viak blir vurdert ned mot -25 meter. Dersom oppløsningen er grovere under enn over vann, har flere uttalt at de ikke kommer til å bruke terrengdata fra både sjø og land sammen i analysearbeid. Det blir også understreket at en glattet modell i de fleste tilfeller ikke er ønskelig.

3.3.2 Nøyaktighet

Mens oppløsning sier noe om hvor detaljert en terrengmodell er, handler nøyaktighet om hvor riktig terrengmodellen er i forhold til virkeligheten. Vertikal nøyaktighet sier noe om hvor mange centimeter eller meter feil det er i høydeverdiene, mens horisontal nøyaktighet sier noe om hvor riktig punktene ligger geografisk. Oppløsning og nøyaktighet er ikke nødvendigvis avhengig av hverandre – en modell kan for eksempel ha høy oppløsning men systematiske feil i høydeverdiene.

Grønn laser kan under optimale forhold penetrere gjennom vann ned mot -30 meter, men det blir mer utfordrende å hente ut god data jo dypere man kommer, noe som gjør at usikkerheten også blir større. Det er ikke bare dybden som avgjør nøyaktigheten, men vannkvaliteten, uro i vannoverflaten og innfallsvinkelen til laseren kan bidra til å redusere nøyaktigheten i datagrunnlaget.

Alle aktører som driver med utbygging (Statnett, Skanska, Shell, Statens Vegvesen, Kystverket, m.m.) er nødt til å ha svært høy nøyaktighet i modellene sine. Her kan bare et par centimeter slingringsmonn aksepteres, som også er en stor del av grunnen til at de gjør egne datainnsamlinger. Slik har de bedre kontroll på datagrunnlaget. For aktører som driver med naturkartlegging (NIVA, Havforskningsinstituttet, Artsdatabanken) er det mindre viktig med høy nøyaktighet.

For å kunne bruke terrengmodellen og forholde seg til usikkerheten i datagrunnlaget på en god måte, ble det under møtet med Cicero foreslått å ha et «*band of confidence intervals*» i modellen, som indikerer hvor sikker man er på høydeverdiene og posisjonen på ulike områder.

3.3.3 Ønsket oppdateringsfrekvens

Terrengmodeller på land blir oppdatert på irregulær basis, avhengig av prioriteringer i Geovekst og på fylkes- og kommunal basis. Tanken er at det skal være en kontinuerlig prosess som sikrer at terrengdata skal gjenspeile reelle endringer i terrenget. For eksempel kan erosjon, skred og flom endre terrengformer over natta, samtidig som menneskelige inngrep som infrastrukturutvikling og masseforflytning også endrer landskapet.

Hvor ofte terrengmodellen bør oppdateres for å dekke aktørene sine behov varierer stort mellom de ulike aktørene vi har intervjuet. For noen er det viktigere med høy dekningsgrad enn at modellen blir oppdatert ofte. Én kartlegging kan i mange tilfeller være tilstrekkelig, eller omløpsintervallen for nye kartlegginger kan være lenger enn 10 år (NGU, BKK, NIVA, Statsforvalteren i Rogaland – Beredskap, NTNU – Geologi, Havforskningsinstituttet m.m.).

Flere aktører slutter seg også til at det er viktigere med god dekning enn hyppige kartleggingsfrekvens, men at store endringer i miljøet – for eksempel konstruert kyst, utbygginger av kaier og anlegg eller ekstremhendelser som gjør store endringer i landskapet, kan «spot-kartlegges» og oppdateres ved behov (Field, Miljødirektoratet, NIVA, Forsvaret, Statens Vegvesen, Equinor).

Andre aktører ønsker seg hyppigere kartlegginger. Blant aktører som mener at en oppdateringsfrekvens på mellom 5 og 10 år er tilstrekkelig finner vi blant annet Meteorologisk Institutt, Artsdatabanken, Forsvarsbygg, Shell. Flere aktører trekker omløpsfotograferingsintervallen som et naturlig intervall å følge (ca. hvert fjerde år), blant annet Eigersund kommune, Stavanger kommune, og Kystverket. Blant de som vil ha hyppigere oppdateringer enn hvert fjerde år finner vi Skanska, Rogaland Fylkeskommune, Kart- og GIS koordinator hos Statsforvalteren i Rogaland, Norconsult og NVE.

NVE viser blant annet til at gjentatte og hyppige kartlegginger kan brukes til å overvåke erosjon, kvikkleire og andre terrengendringer. I tillegg kan man overvåke sedimentbalansen i norske elver og følge med på hvordan elvebunnen endrer seg

over tid. Dersom det skjer store endringer grunnet flom og skred må det etter deres skjønn også prioriteres å gjøre en ny kartlegging hurtig.

3.3.4 Sekundærdata

Når man samler inn informasjon om terrenget på havbunnen med grønn laser, fanger laserstrålene også opp annen informasjon som blir omtalt som sekundærdata. Disse typen avledede data gir mer informasjon til å tolke og analysere bunnforholdene, og er nyttig for flere aktører. I dette avsnittet blir sekundærdataen som oftest ble nevnt i intervjuene presentert.

Reflektivitet

Reflektivitet fra grønn laserskanning under vann kan si noe om bunnforhold fordi styrken på det returnerte laserpulssignalet avhenger av hva slags materiale bunnen består av og hvor mye lys det reflekterer. Lyse, harde eller grove overflater (sand, grus og stein) reflekterer mer lys enn mørke, myke eller organiske overflater (mudder, silt, vegetasjon) som absorberer mer lys. I tillegg påvirker bunnoverflatens ruhet spredningen av lyset, der glatt bunn gir sterk og konsentrert retur mens ru bunn gir svakere og mer diffust signal. Vannkvalitet og dybde påvirker også reflektiviteten. Blant aktørene som ønsker seg informasjon om reflektivitet finner vi Skanska, Kystverket, Meteorologisk institutt, NVE, Artsdatabanken, NGU, NIVA, Statsforvalteren, BKK, Havforskningsinstituttet, Asplan Viak, Miljødirektoratet, Statens Vegvesen, Forsvarsbygg, Mowi, NTNU og Field.

Støy

Støy i innsamlingsdataen kan også gi indirekte informasjon om bunnforhold eller vannkolonnen, fordi ulike typer bunner reflekterer signalet ulikt og skaper mønstre av usikkerhet og spredning i punktdataen. Tareskog, ålegress eller annen biomasse kan gi multiple returer og «skyer» av punkter over selve bunnen. Dette kan avsløre hvor det finnes vegetasjon i området, noe de samme aktørene som nevnt ovenfor er interessert i.

3.3.5 Metadata

Metadata er informasjon som beskriver annen informasjon, *data om data*, som skal gjøre de faktiske dataene mer informative og lettere å tolke. Metadata finnes på mange formater og nivå, blant annet integrert i selve filformatet (CRS, NoData, oppløsning m.m.) eller som produktark eller rapporter med detaljer om metode, nøyaktighet, datakvalitet og så videre.

De fleste aktørene uttrykker at de ikke har et aktivt forhold til metadata, men sjekker dokumentasjonen når noe ser rart ut i analysene eller de ikke forstår resultatet av analysene de har gjort. Derfor ønsker alle seg *gode og beskrivende* metadata, men hva dette innebærer varierer fra aktør til aktør.

Videre muliggjør metadata mer direkte inkludering av dataprodukter i *stacks* av dataprodukter eller metadatabiblioteker, noe som forbedrer synligheten og til syvende og sist effekten av dataene.

I denne delen fremheves informasjon som enkelte aktører opplever at ofte mangler i metadataen, men som er nødvendig for å forstå dataen.

Innsamlingstidspunkt

Å skanne landets langstrakte kyst for å lage en sømløs terrengmodell er ikke gjort på en dag. Data blir samlet inn på ulike tidspunkt og sydd sammen som et lappeteppe. Field, et selskap med lang erfaring innen landmåling, kartlegging og geodata, understreket at data mellom flydager og forsøksfelt kan variere, og derfor ikke er veldig konsistent når den blir sammenstilt. Dette er fordi mange faktorer som kan påvirke datakvaliteten som varierer mellom innsamlingstidspunkt, både tidspunkt på året (snø og vegetasjon rundt vassdrag) og naturlige variasjoner i miljøet som ulik grad av partikler i vannet på ulike tidspunkt.

Innsamlingsmetode

For å danne en sømløs terrengmodell må man gjøre en datainnsamling i *the white ribbon* med grønn laser. Videre må man sette dataen sammen med terrengdata i sjø som er samlet inn med multistråleekkolodd og terrengdata på land som er samlet inn med rød laser. Det er uttrykt et ønske om at metadataen skal informere om hvor de ulike innsamlingsmetodene er nyttet, fordi det kan gi forskjeller i støy, usikkerhet og geometrisk presisjon.

Informasjon om vannstand/vannføring under innsamlingstidspunkt

Informasjon om vannstand på innsamlingstidspunkt er nyttig informasjon, fordi den målte dybden i elver og vassdrag avhenger av vannstanden på skannetidspunktet. Uten korrekt vannstand risikerer man systematiske feil i beregningen av bunnivå, siden laseren bare gir relativ dybde fra vannsøylen.

Høy eller lav vannstand kan også påvirke hvilke strukturer som er synlige, blant annet sandbanker, grunner, vegetasjon og elvebredder. Høy vannføring, som gir høyere vannstand, har også større potensiale til å frakte sedimenter som begrenser potensialet grønn laser har til å fange opp bunninformasjon i elver og vassdrag.

Ved sammenligning av datasett fra ulike tidspunkter kan variasjoner i vannstand skape inntrykk av geomorfologiske endringer som egentlig skyldes forskjeller i vannføring. Dette har konsekvenser for hydrologiske modeller, flomsonekart og økologiske analyser som krever korrekte dybde- og breddeprofiler. Derfor er kunnskap om vannstanden under innsamlingen viktig og bør inkluderes i metadata.

3.4 Nytteverdi og gevinst

En nasjonal, sømløs terrengmodell som integrerer land- og sjødata vil gi betydelige fordeler for både offentlige etater, konsultentselskaper og forskningsmiljøer. Gevinstene kan oppsummeres i tre hovedområder: effektivisering, kvalitet og presisjon, og samfunnssikkerhet og beredskap.

3.4.1 Effektivisering og kostnadsbesparelser

En sømløs terrengmodell vil redusere behovet for manuell prosessering og interpolering som i dag krever mye tid og ressurser, samt redusere behovet for å gjennomføre egne datainnsamlinger. Med tilgang på en sømløs terrengmodell kan disse kostnadene reduseres, samtidig som risikoen for dobbeltkartlegging elimineres.

En nasjonal, sømløs terrengmodell vil skape en felles plattform for alle aktører, fra kommuner til konsulenter og forskningsmiljøer. Dette åpner for bedre koordinering og mindre fragmentert datainnsamling, effektiv deling av data og støtte til innovative løsninger, som automatiserte analyser og 3D-visualisering.

3.4.2 Bedre kvalitet og presisjon

En sømløs modell vil gi et enhetlig referansesystem og høyoppløselige data i overgangssoner mellom land og vann. Dette er avgjørende for detaljprosjektering av kritisk infrastruktur, vei, havn og bygg, kvalitet til kartleggings- og klimabasertmodeller som for eksempel flomsonekart eller erosjonsanalyser. Resultatet blir mer presise beregninger, færre feil og bedre beslutningsgrunnlag.

3.4.3 Styrket samfunnssikkerhet og beredskap

En sømløs modell vil ikke bare forbedre stormflo- og bølgevarsling, samt beredskap ved ekstremvær og skogbrann, men også være et avgjørende verktøy for samfunnssikkerhet i kritiske situasjoner, inkludert militære operasjoner. Bedre data gir høyere grad av presisjon i analyser, mer effektive beredskapsoperasjoner og økt trygghet for kritisk infrastruktur.

4 Svar til Meld. St. 27 (2023–2024)

Under intervjuene var det flere aktører som understreket viktigheten av den nasjonale høydemodellen med tanke på naturfarekartlegging og risikovurdering. Likevel blir det tydelig at om den ble oppdatert med dybdekartlegging i elver, vassdrag og kystsonen, samt gjentakende kartlegginger over tid, så vil verdien bli enda større.

Som tidligere nevnt vil NGU kunne gjøre bedre modelleringer av skredutløp med sammenhengende terrengdata over og under vann. Asplan Viak jobber med vurdering av områdestabilitet, erosjon og skredfare. For de er det spesielt nyttig med kartlegging i elver og innenlands vassdrag, blant annet fordi man kan se tidligere skredavsetninger i vann. Denne informasjonen kan gi innsikt i både prosessene og betingelsene som utløste skredene.

NVE understreker også at vannoverflaten ikke avgrenser området de arbeider på, og trenger en sammenhengende terrengmodell for kartlegging av flom og utvikle flomsonekart, beregne skråningsstabilitet og kartlegge erosjon. Ifølge Anne Mestevdt Olaussen, geotekniker i NVE, hadde en sømløs terrengmodell åpnet en helt ny verden av analyser og beregninger NVE kan gjøre i forhold til flom og skred.

En sømløs nasjonal terrengmodell vil gi mer presis høyde- og helningsinformasjon om terrenget som gjør det mulig å beregne bølgepåvirkning og erosjonsrisiko langs kystlinjer, elvebredder og innsjøkanter. Kombinert med klimascenarier fra Meteorologisk Institutt vil en slik terrengmodell muliggjøre simulering av vannstandsendringer og bølgepåvirkning på grunn av stormflo og havnivåstigning. Ytterligere kan man sikte mot modeller som integrerer batymetri med bølge- og strømdata (fra Havforskningsinstituttet), noe som kunne gi enda mer realistiske beregninger av erosjonsprosesser.

Flere aktører pekte på at risikoen for kvikkleireskred øker som følge av klimaendringer og havnivåstigning, og at dette bør være et prioritert område. Hyppig oppdatering av modellen i identifiserte risikoområder vil tillate å sammenligne oppdaterte datasett med historiske modeller, slik at erosjon, sedimenttransport eller menneskeskapte inngrep kan oppdages og dokumenteres for å oppdatere risikobildet fra skred.

En sømløs nasjonal terrengmodell vil ha stor verdi innen naturfarekartlegging og risikovurdering. Sammenhengende data over og under vann, kombinert med jevnlig oppdateringer, vil gi et bedre grunnlag for å forstå, overvåke og vurdere risiko i møte med flom, skred, stormflo og klimaendringer. Flere aktører viser til betydelig potensial for forbedrede analyser, mer presise modeller og styrket beredskap. Dette peker på et bredt behov og stor nytteverdi av en sømløs, oppdatert terrengmodell nasjonalt.

5 Brukerhistorier

Brukerhistorie 1 - DSB

Samfunnssikkerhet
og beredskap

Brannfly må vite dybden i innsjøer

Når store skogbranner bryter ut i Norge, kan DSB be om hjelp fra EUs brannfly gjennom rescEU-samarbeidet. Flyene henter vann fra innsjøer eller hav, og for at dette skal kunne gjøres på en trygg måte, må DSB levere kart som blant annet viser et definert område for vannfylling. Disse kartene kalles scooping maps.



Bilde: AI generert

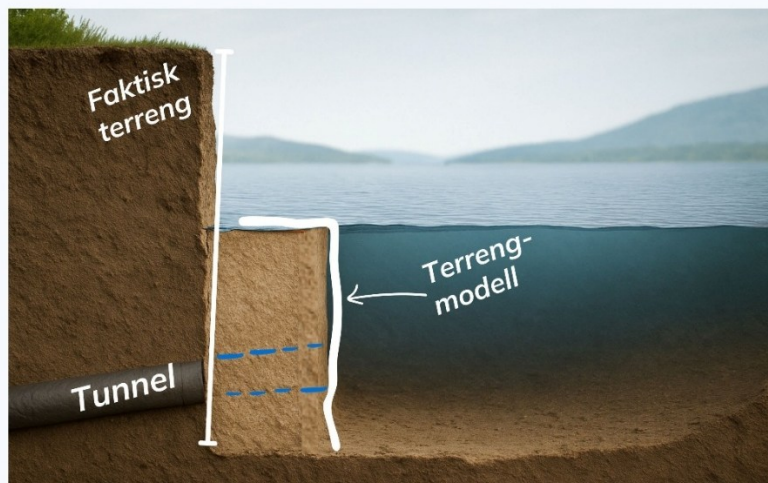
”

Innsjøene skal ha minst to til fire meters dybde. Hvis vi mangler dybdedata, legger vi inn en klausul i kartet, og pilotene må gjøre en egen vurdering.

– Gis-rådgiver, DSB

Feil data ved prosjekt av vanntunnel

Når vanntunnelen til et kraftverk skulle planlegges, viste terrengmodellen en forhøyning under vann. Denne forhøyningen virket ulogisk siden fjellsidene rundt var så bratte. For å være sikre målte prosjektet dybden med tau og lodd fra båt, og oppdaget at modellen var feil. Dersom de hadde stolt blindt på modellen, kunne tunnelen blitt boret rett ut i vannet langt tidligere enn forventet.



Bilde: AI generert

”

Dersom vi ikke hadde sjekket dybden selv, kunne vann ha strømmet inn i tunnelen mens folk jobbet der. Det kunne i verste fall endt i en dødsulykke.

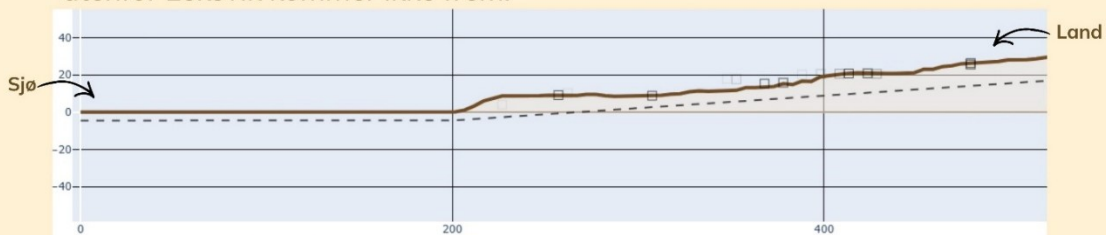
– Anonym kilde

*Brukeren ønsket å bli anonymisert i den reelle hendelsen og vi sørger derfor for at dette ønske etterleves.

Undersjøisk skred ved Leksvik

I 2018 førte utfylling ved en molo nær Leksvik til et stort undersjøisk skred som bredte seg rundt 1,3 kilometer langs marbakken. Det ble fryktet at skredet kunne bre seg inn mot bebyggelsen i sentrum. For å vurdere risikoen måtte NVE raskt bestille sjøbunnsskanninger, grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger. Heldigvis viste grunnforholdene nær bebyggelsen å være stabile, og skredet ville ikke bre seg videre inn på land.

NVE har et verktøy som raskt kan tegne opp terrengprofiler og grunnundersøkelser fra offentlige kartdatabaser. I dag bygger verktøyet imidlertid på terrengmodeller der land og sjø ikke er koblet sammen, slik at modellen stopper ved vannkanten når profiler trekkes fra land og ut i sjøen. Sjøbunnen framstilles dermed som flat, og den bratte skråningen utenfor Leksvik kommer ikke frem.



Bilde: NVE. Eksempel fra NVE sitt eget verktøy der høydemodellen på land ikke er koblet mot sjøbunnsdata.

”

En sømløs terrengmodell ville vært enklere å bruke i verktøyene våre og spart oss for mye manuelt arbeid, særlig i en akutfase når det må gjøres raske vurderinger for å gi politiet råd om evakuering.

– Anne Mestvedt Olaussen,
geotekniker i NVE

Bedre kystkart gir et bedre forsvar

Forsvaret beveger seg ofte mellom sjø og land. Hvis kartene over kystsonen ikke stemmer, kan det føre til flere utfordringer, som for eksempel forsinkelser eller at et oppdrag må avbrytes.

Kystjegerkommandoen er avhengig av sikre steder å gå i land. Uten presise kartdata blir det vanskelig å identifisere trygge landsettingsområder og planlegge mottak av allierte styrker.

Ingeniørbataljonen må vite hvor det er mulig å krysse vann og bygge broer. Bedre kart gjør det enklere å finne vadeområder og planlegge flytting av tungt materiell.



Bilde: AI generert

”

En sømløs terrengmodell vil være med på å redusere risiko i utførelse, og øke sannsynlighet for suksess da tid ofte er en avgjørende faktor.

– Inger Johanne Moen,
Stabsoffiser geoint/orlogskaptein
Forsvaret

Kartlegging av marin natur i strandsonen

NIVA kartlegger og modellerer marine naturtyper langs hele kysten. For å forstå hvor tang, tare, sjøgress og andre arter finnes, trenger de gode data om dybde og bunnforhold. I strandsonen endrer terrenget seg raskt, noe som har stor betydning for hvilke arter som lever der. Når dybdedata mangler i overgangen mellom land og sjø, må NIVA lage egne modeller. De setter sammen feltpunkter, gamle koter, grove datasett og ulike eksterne kilder for å få et best mulig bilde. Dette er tidkrevende, gir varierende kvalitet og gjør modelleringen krevende i store områder.



Bilde: AI generert

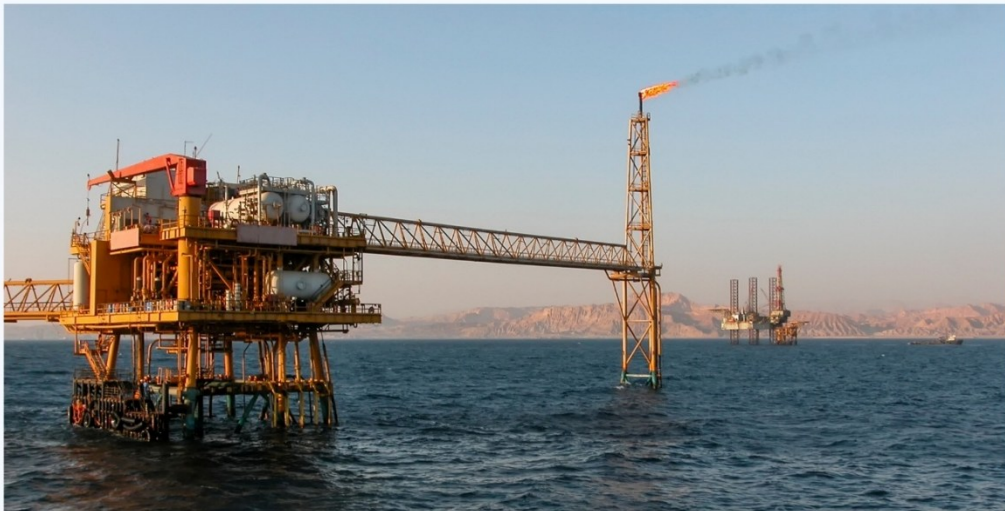
”

En sømløs terrengmodell av høy kvalitet ville gjort modelleringen mer presis, og redusert behovet for å sette sammen grove og usikre datasett på egen hånd.

– Trine Bekkby, marin biolog i NIVA

Rør ble plassert feil

Under arbeidet med å legge kabel i Ormen Lange-prosjektet viste de tilgjengelige terrengdataene feil informasjon på havbunnen. På grunn av dette ble kabelen lagt i en annen trasé enn planlagt, noe som førte til flere utfordringer. Prosjektet måtte gjennomføre omfattende endringer i etterkant for å rette opp feilen, noe som både kostet tid og førte til betydelige merkostnader.



Bilde: CANVA

”

Den største faren for slike prosjekter er forsinkelsen. En slik forsinkelse kan utsette oppstarten med en hel sesong.

– Egil Syre, senior
geomatikkonsulet i Shell

6 Refleksjoner rundt metode

Underveis i intervjuprosessen ble vi oppmerksom på metodiske svakheter som påvirker både svarene vi fikk, hvordan vi tolker og plasserer de. Det er for eksempel ikke entydig hvilket samfunnsområde ulike aktører havner under. Equinor er for eksempel en bedrift som man kanskje ville plassert under *Innovasjon og Næringsliv*, men som samtidig har en viktig rolle i sikkerhet og beredskap ut fra et energisikkerhetsperspektiv.

Vi ser også at svarene vi får fort blir personavhengige og erfaringsbaserte. Flere av aktørene vi har snakket med er store organisasjoner med mange ansatte, og det vanskelig å vite om den kontaktpersonen vi har fått er den best egnede å snakke med for å svare ut spørsmålene våre. I e-posten vi sendte ut oppfordret vi til å sende invitasjonen videre i organisasjonen om man selv ikke følte seg egnet til å svare på spørsmålene, som var suksessfullt i varierende grad.

Vi erfarer at det er stor forskjell på hvor mye kunnskap og erfaring de ulike intervjuobjektene våre har med bruk av terrengmodeller, som igjen påvirker hvor godt de selv føler de kan svare på spørsmålene våre. Noen har valgt å avstå fra å svare på flere spørsmål på grunn av dette. Mange viser for eksempel til at kommunene er storforbrukere av terrengmodeller, men erfaringen vår fra å ha hatt dialog med kommuner og fylkeskommuner er at de fleste kommuner ikke har kompetansen til å bruke de og får hjelp av konsulentfirma til å svare på spørsmålene våre.

Det har også vist seg å være ulike oppfatninger rundt hvordan ulike organisasjoner tenker om nytten av en sømløs terrengmodell. Flere aktører stilte med flere intervjuobjekt fra ulike avdelinger, som kunne ha vidt forskjellige bruksområder og oppfattet nytteverdi. Når vi ikke vet om den vi snakker med er den «best egnede», kan det være andre områder av nytte som vi har gått glipp av hos de ulike aktørene.

7 Oppsummering av funn

Basert på behovsundersøkelsen Kartverket gjennomførte angående behov for en sømløs terrengmodell, viser det seg et tydelig behov på tvers av samfunnsområder. Totalt sett medfører mangelen på terrengdata i kystsonen og ulike referansesystem mellom sjø og land økt risiko for feil i planlegging og prosjektering, høyere kostnader når feil må rettes opp, lavere kvalitet på analyser og modelleringsresultater og svekket beredskap.

Tilgang på en sømløs terrengmodell vil gi bedre datagrunnlag for planlegging og analyser i kystområdene, samt i områder med fare for flom og skred. Videre vil det redusere kostnader knytt til datainnsamling og -behandling, og gi mer presise modeller som styrker sikkerhet, beredskap og forvaltning.

De ønskede tekniske egenskapene terrengmodellen burde inneha varierer dog mellom aktørenes arbeidsoppgaver og behov, og vil være en kost-nytte-vurdering. De fleste stiller seg likevel bak at en sømløs terrengmodell med 1x1 meter oppløsning, tilgang på sekundærdata som refleksivitet og støy, gode metadatabeskrivelser og som blir oppdatert et sted mellom hvert femte og tiende år ville vært et stort løft sammenlignet med datagrunnlaget de har tilgang på i dag.

8 Kilder

- Kartverket (2018). *Produktark: Høydedata – laser*. Hentet fra Geonorge via <https://register.geonorge.no/produktark/hoydedata-laser>
- Kartverket (2021). *Hva er et referansenivå?* Kartverket. Aksessert via <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva/referanseniva/hva-er-et-referanseniva>
- Kartverket (2024). *Høgdedata og djupnedata*. Kartverket. Aksessert via <https://www.kartverket.no/api-og-data/terrengdata>
- Kommunal- og distriktsdepartementet (2021). *Kyststrategi*. Regjeringen.no. Aksessert fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/kyststrategi/id2862477/>
- Meld. St. 27 (2023-2024). *Tryggare framtid – førebudd på flaum og skred*. Energidepartementet. Aksessert via <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-27-20232024/id3041181/>
- NVE (2023). *Laserskanning (LiDAR) og detaljerte høydedata*. NVE. Aksessert via <https://www.nve.no/kart/laserskanning-lidar-og-detaljerte-hoeydedata/>
- Osnes, A., Rød, J. K., Zwiłgmeyer, P. G. (2024). *Sjøkartnull*. Store Norske Leksikon. Aksessert via <https://snl.no/sj%C3%B8kartnull>
- Svenning, M-A., Jonsson, B. (eds.) (2005). *Kystøkologi: Økosystemprosesser og menneskelig aktivitet*. NINAs strategiske instituttprogrammer 2001-2005. - NINA Temahefte 31.

9 Vedlegg

Tabell 2: Aktører fordelt på bruksområder og Kartverkets samfunnsområder.

Samfunnsområde		Aktør	Bruksområde
Sikkerheit og beredskap	1	NVE	modellering
	2	NVE	prosjektering
	3	Forsvaret	krisehåndtering
	4	Forsvarsbygg	prosjektering
	5	Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap	krisehåndtering (skogbrann)
	6	Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap	krisehåndtering (ROS)
	7	Statsforvalteren beredskap	krisehåndtering
	8	Statnett	prosjektering
Samferdsel	9	Kystverket Nav	modellering (merker og lykter)
	10	Kystverket Nav	modellering (digital tvilling)
	11	Kystverket Nav	modellering (bølger)
	12	Statens Vegvesen	prosjektering
	13	Kystverket Bygg	prosjektering
Kommunal og distriktsutvikling	14	Polarinstituttet	modellering
	15	Statsforvalteren GIS	modellering
	16	Rogaland Fylkeskommune	planlegging
	17	Stavanger kommune	planlegging
	18	Stavanger kommune	modellering
	19	Stavanger kommune	fremskrivninger
	20	Vadsø Kommune	planlegging
	21	Eigersund kommune	planlegging
Klima- og miljø	22	Meteorologisk institutt (Norsk Klimaservicesenter)	fremskrivninger
	23	Meteorologisk institutt (Norsk Klimaservicesenter)	modellering
	24	Miljødirektoratet	modellering
	25	Artsdatabanken	modellering
	26	NGU	modellering
	27	Havforskningsinstituttet	modellering (havstøm)
	28	Havforskningsinstituttet	modellering (natur)
	29	Havforskningsinstituttet	modellering (forvaltning)
	30	NIVA	modellering
	31	Cicero	fremskrivninger
	32	Cicero	krisehåndtering
Innovasjon og næringsliv	33	BKK	prosjektering
	34	Norsk vann	prosjektering
	35	Norsk vann	planlegging
	36	Norsk vann	fremskrivninger
	37	Mowi	prosjektering
	38	Equinor	prosjektering
	39	Shell	prosjektering
	40	NTNU	modellering
	41	Norconsult	prosjektering
	42	Norconsult	modellering
	43	Norconsult	planlegging
	44	Skanska	prosjektering
	45	Asplan viak	prosjektering
	46	Field	modellering
	47	NORCE	modellering



Kartverket

www.kartverket.no

Postadresse: Postboks 600 Sentrum, 3507 Hønefoss

Telefon: 32 11 80 00

Telefaks: 32 11 81 01

E-post: post@kartverket.no

Organisasjonsnummer: 971 040 23

