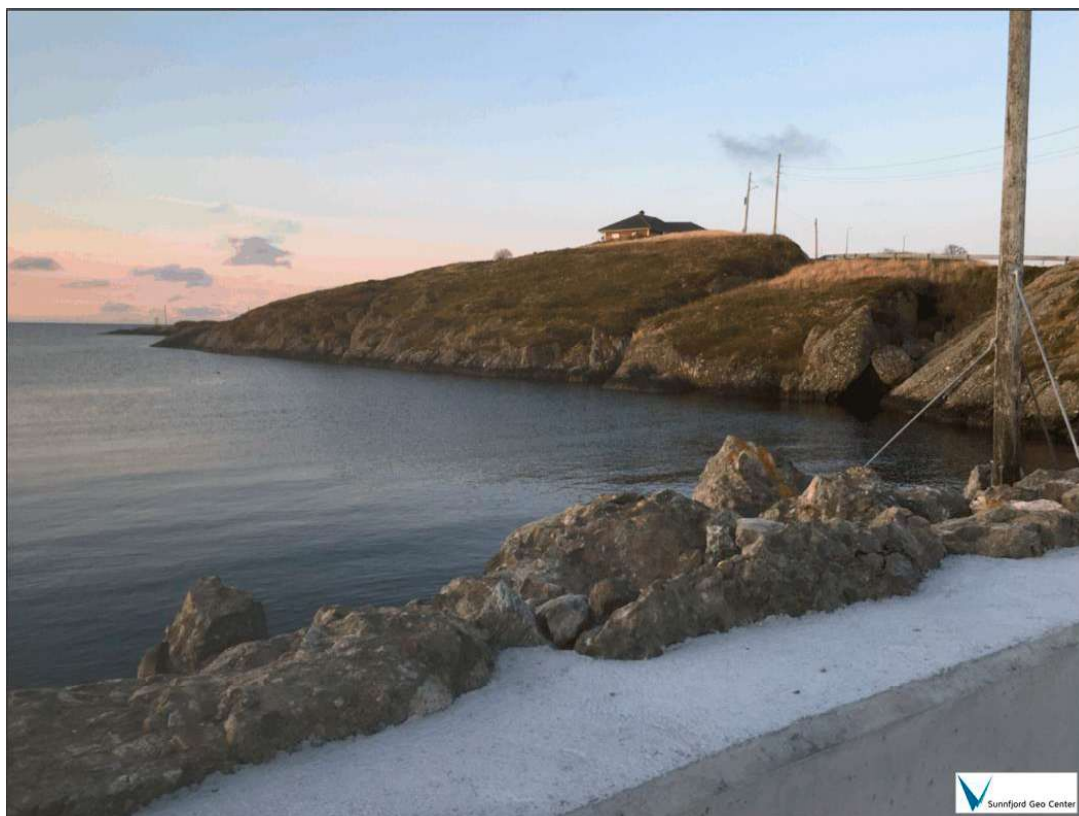


Vurdering av grunnforholda ved fylling i sjø på Nikøy i Bulandet, Askvoll kommune



Prosjektinformasjon og status		
Dokumentnr.:	Dokumenttittel:	
2017-09-114	Vurdering av grunnforholda , Askvoll kommune	
Klassifisering:		Distribusjon:
Intern		Oppdragsgjevar
Leveransedato:	Status:	Sider:
29.11.2017	Godkjend rapport	51
Kontraktør:		
		Kontraktørinformasjon: SGC Geofare AS Villabyen 3, 6984 Stongfjorden Organisasjonsnummer: 998 899 834 MVA
Kontaktinformasjon:		Kundeinformasjon:
SGC Geofare AS Villabyen 3, 6984 Stongfjorden Tlf.: 577 31 900 Mob.: 982 25 951 e-post: post@sunnfjordgeocenter.no		iVest Consult AS v/ Janicke Svendal Strandgata 15 6905 Florø Tlf: 966 27 987 e-post: jas@investconsult.no
Fagområde:	Dokumenttype:	Lokalitet:
Geologi	Grunnundersøking	Bulandet, Askvoll kommune
Feltarbeid utført av:	Dato for feltarbeid:	Signatur:
Einar Alsaker Anders Haaland	18.10.2017	Einar Alsaker (sign.) Anders Haaland (sign.)
Rapport utarbeidd av:	Dato for ferdigstilling:	Signatur:
Einar Alsaker	27.11.2017	Einar Alsaker (sign.)
Rapport revidert av:	Godkjend (dato)	Signatur:
Anders Haaland, geolog	27.11.2017	Anders Haaland (sign.)
Rapport godkjend av:	Godkjend (dato)	Signatur:
Even Vie, Dagleg leiar	28.11.2017	Even Vie(sign.)

SAMANDRAG

Sunnfjord Geo Center har vurdert grunnforholda ved tre aktuelle fyllingsområder i Bulandet. Dette gjeld for:

- 1) Området i sundet mellom Nikøy og Årebrottet lengst sør på Nikøy,
- 2) i eit område rett nord for butikken i Bulandet (midt på Nikøy), samt
- 3) eit område lengst nordvest på Nikøy der det skal leggest ei sjøfylling i samband med bygging av ein 60 m lang veg.

Alle fyllmassane skal hentast frå eit uttak i Engelvågen, lengst nord på Gjørøy. I tillegg skal Kystverket etter planen legge mudra massar frå Hovdesundet i eit tenkt deponi i sundet mellom Nikøy og Årebrottet.

Omlag heile Bulandet ligg under marin grense, men det er ikkje påvist spor etter leire eller andre finkorna fraksjonar, på land nokon stadar på Nikøy. Det er heller ikkje kartlagt anna enn svært tynt jord- og humusdekke i heile Bulandet. Det er heller ikkje beskreve moreneavsettingar i området, som viser at iskanten har stått i ro her, og dermed avsett større volum av lausmassar. Volumet av lausmassar i sunda mellom øyane er med bakgrunn i; straum- og akkumulerings-tilhøva, tilgang til lausmassar, samt tilgangen til erosjonsprodukt frå dei harde bergartane i Bulandet (konglomerat avsett i undre devon) tolka til å vere svært begrensa. I tillegg er det mykje skjelsand på sjøbotnen, noko som medfører ei relativt kort konsolideringstid i dei avsette lausmassane. Det er ikkje gjennomført sonderboringar til fast fjell på dette stadiet i prosjektet. Med utgangspunkt i tilgangen til lausmassar, og tilhøva med omsyn til akkumulering forventar vi at laga av lausmassar på sjøbotnen er relativt tynne.

Hellingane på sjøbotnen i dei tre undersøkte områda er lav, og overstig ikkje 7° i områder som ligg grunnare enn -20 m-koten. Tatt i betraktning hellinga, antatt volum og tilstanden på lausmassane, er det ikkje fare for utløyning av områdeskred i samband med utlegging av fyllmassane i dei tre områda.

Utfrå våre berekningar av grunntrykk mot sjøbotnen har vi brukt eigenveka til skotstein (ca. 2.500 kg/m^3) som referanse for maksimale tyngder som kan bli påført lausmassar på sjøbotnen. Tjukkaste berekna masse ligg langs delar av kanten på fyllinga lengst sør på Nikøy, der det er antatt ei høgde frå toppen av fyllinga og ned på sjøbotnen på ca. 15 m. Høgste forventa trykk kan utgjere i underkant av 370 kN/m^2 . Vi set høgste toleranse på brotstyrke i lausmassane på 300 kN/m^2 , som gjeld for fine kornfraksjonar; hard leire, silt og svært fin sand. Forskjellen i grunntrykk og eventuell låg brotstyrke, kan her kompensast ved at foten av fyllinga vil dekke eit relativt stort areal og hellinga sjøbotnen er relativt lav (gjennomsnittleg helling er her mindre enn 5°), noko som vil stabilisere for høgare trykk i kjerna av fyllingsmuren.

Fyllinga langs sørlege delen av Nikøy skal delvis fyllast med mudra massar frå Hovdesundet. Her vil vi tilrå at fyllingsarealet vert delt opp i mindre basseng som gradvis vert attfylt av mudra massar og skotstein. Toppen av mudra massar bør ikkje ligge for grunt, og bør dekkast av eit relativt tjukt lag av skotstein.

Fyllinga rett nord for butikken på Nikøy, vert avgrensa mot aust av to holmar. Det vil vere viktig at fyllingsforten ligg vest for ryggen som er definert av holmane. Kjem fyllinga aust for

ryggen, vil det krevje at fyllingsforten ligg så langt vest at den ligg på dei flate delane av sjøbotnen, på eit djup på ca. 4-5 m. Mot sør har sjøbotnen ei berekna helling på fyllinga ha ei berekna helling 3° - 4° , og djupna varierer frå ca. 0,5 m til ca. 4 m. Det er ikkje fare for utrasingar som fylgje av tilførde vektorer i området.

Vegfyllinga som skal leggst langs austsida av bukta lengst nordvest på Nikøy har ei lengd på ca. 60 m. Vegfyllinga ligg mot fast land/fjell mot aust, og i sjø mot vest. Vassdjupet er svært grunt i heile området, og oppgitt til å vere 0,5 m middeldjup i ei lengde på ca. 30 m sørover i bukta. Deretter aukar djupna til eit maksimalt djup ca. 5 m vidare mot sør. Det er ingen bratte kantar som kan medføre utrasingar, nokon stader i området der vegfyllinga skal leggst ned.

Fyllingskantane og plastringa bør leggst av steinblokker henta ut frå konglomeratet ein finn i Bulandet, slik det er på planen med massar frå nordlege delar av Gjørøy. Dette er ein bergart med relativt høg eigenvekt (ca. 2.600 kg/m^3), høg hardleik, samt at den er massiv og lite oppsprukken. Blokkene i plastringa langs fyllingskanten lengst sør på Nikøy, må leggst slik at bølger ikkje får tak i noko av materialet som vert brukt. Plastringa må òg vere tilpassa bølger med energi forventa i ei 100-årsbølge som treff fyllinga.

Der det er lausmassar på sjøbotnen kan det forventast at det vil oppstå sig som eit resultat av tilførsel av tunge massar. Dei tilførde massane vil ha størst innsynking i ein periode på inntil 2 år. Innsynkingshastigheita kan aukast ved at det vert køyrt på større volum steinmasse enn det som er planlagt. I tillegg vil bruk av anleggsmaskiner på fyllingane vere med på å auke hastigheita for innsynking. Skal det settast bygningar på fyllingane, bør det òg lagast til målepunkt der eventuelle innsynkingar vert registrerte.

INNHALDSLISTE

SAMANDRAG	2
INNLEIING	6
1. KAPITTEL 1 – OMRÅDESKILDRING	7
1.1. Plassering	7
1.2. Topografi, hydrologi og vegetasjon.....	9
1.3. Havnivåendring	12
1.4. Geologi.....	14
1.4.1. Berggrunn.....	14
1.4.2. Lausmassar	15
1.5. Aktsemdskart og tidlegare hendingar	17
1.6. Poretrykk	18
KAPITTEL 2 – TIDLEGARE UNDERSØKINGAR	21
KAPITTEL 3 – FELTOBSERVASJONAR	22
3.1 Omdråde 1, sundet mellom Nikøy (sør) og Årebrottet.....	22
3.2 Opsjonsområde 1; Fylling for næringsområde ved Nikøy Eigedom AS	26
3.3 Opsjonsområde 2; Veg på fylling på gbnr. 70/1.....	27
3.4 Område for masseuttak, Engelvågen nord på Gjørøy.....	31
KAPITTEL 4 – SONEAVGRENSING, KLASSIFISERING OG	
STABILITETSVURDERINGAR	34
4.1 Soneavgrensing og klassifisering	34
4.2 Grunntrykk og vurdering av stabilitet	34
KAPITTEL 5 – SIKKERHEITSKRAV FOR PLANLAGTE TILTAK.....	43
KAPITTEL 6 – VURDERING AV GEOTEKNISK KATEGORI OG	
PÅLITELEGHEITSKLASSE.....	44
KAPITTEL 7 – FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK	46
KAPITTEL 8 – KONKLUSJON	49
REFERANSAR.....	51

VEDLEGG	53
VEDLEGG I – SJEKKLISTE	54
VEDLEGG II – SEDIMENTEIGENSKAPAR	56
Sedimentklassifisering.....	56
Friksjonssediment	56
Kohesjonssediment.....	57
Skredfare ved kohesjonssediment	58
Skalkskred	59
Bakoverretta og framoverretta flaskred.....	60
VEDLEGG III – GRUNNENS BEREEVNE.....	62
Spenningar	62
Poretrykk	64
Skjerfastheit (S_d) og mobilisert skjerspenning (τ)	66
Ruheit	69

INNLEIING

Sunnfjord Geo Center S (SGC) er engasjert av iVest Consult AS ved Janicke Svendal for geoteknisk vurdering av grunnforholda i samband med fylling i sjø ved sørlege delar av Nikøy i Bulandet, i Askvoll kommune. Undersøkinga vil gje grunnlag for søknaden om fylling i sjø. I tillegg vart det undersøkt to områder til med same formål, eit rett nord for butikken i Bulandet, tilhøyrande Nikøy Eigedom AS (GBnr. 70/6 og /9/37). Her skal det etter planen opparbeidast eit næringsområde, der det er tenkt å fylle inn ca. 5.000 m³ fyllmasse. Vidare er det planar på å bygge ein tilkomstveg langs sundet vest og nordvest for Nikøy, på eigedommen med GBnr. 70/1. Vegen skal etter planen ligge på ei fylling i sjøen, langs austsida av sundet. Det siste området som er undersøkt ligg nord på Gjørøy (GBnr 68/1), der steinmassar til fyllingane skal hentast ut. Området vart òg undersøkt, då med fokus på fyllmassane sin kvalitet.

Kystverket har planar om mudring i mellom anna Hovdesundet, aust for Nikøyosen, samt aust og nordaust for Myrbærskjeret. Massane dei tar opp kan vere aktuelle å legge som ein del av fyllinga i sundet ved Nikøy.

Anlegget ved Nikøy kjem under tiltakskategori K3/K4 som gjeld for tiltak som medfører terrenginngrep og større anlegg, samt opphald av personar i samband med næringsaktivitet. I henhold til NVE-rettleiaren 2014/7 *Sikkerhet mot kvikkleireskred* skal stabilitetsanalyser ved lav og middels faregrad dokumentere a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller b) Forbetring dersom $F < 1,4$. Ved høg faregrad må stabilitetsanalyser dokumentere a) sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller b) vesentleg forbetring dersom $F < 1,4$.

Det er ikkje utført grunnboringar i området, kun synfaring og kartlegging av lausmassar og fast fjell i området. Viser det seg å vere naudsynt vil SGC anbefale at det vert gjennomført sondeboringar inn i fast fjell, og at prøver eventuelle finkorna lag vert analyserte vidare for å kunne etablere mellom anna ein materialfaktor.

Rapporten er delt inn i åtte hovudkapittel. Kapittel 1 og 2 handsamar ekstern bakgrunnsinformasjon (klimadata, eksisterande geologiske kart, tidlegare undersøkingar o.l.), og denne informasjonen vert samanstilt med feltobservasjonar i Kapittel 3. Kapittel 4 inneheld faresoneavgrensing og faregradsklassifisering på undersøkingsområdet, Kapittel 5 tek føre seg sikkerheitskrav for det planlagte tiltaket, medan i Kapittel 6 gjer vi ei vurdering av geoteknisk kategori og pålitelegheitsklasse. I Kapittel 7 foreslår vi passande sikringstiltak, og til slutt i Kapittel 8 vert alt oppsummert i ein konklusjon.

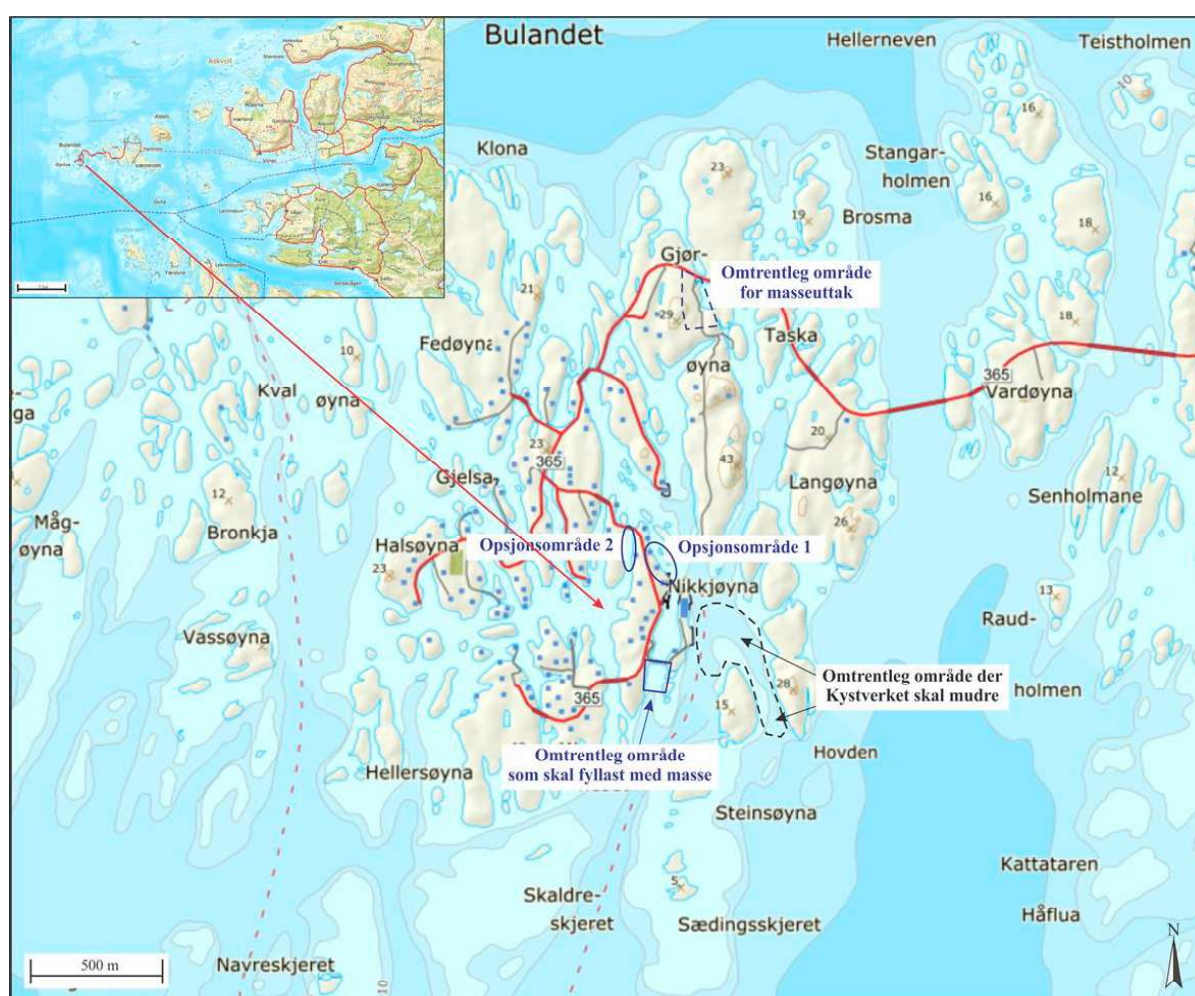
Berre dei geologiske aspekta ved skredfarevurderinga vert her omtala. Alle konklusjonar som her vert trekt føreset at menneskelege inngrep i området vil kunne endre dei geologiske og hydrologiske forholda, og dermed òg stabiliteten i området.

1. KAPITTEL 1 – OMRÅDESKILDRING

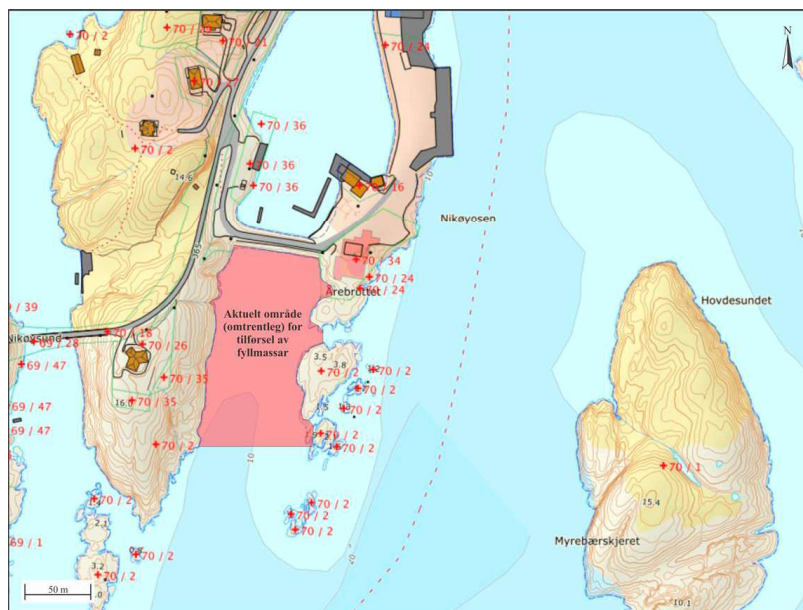
1.1. Plassering

Anlegget ligg i sundet sør på Nikøy, mellom eigedommane med GBnr. 70/2, 70/24 og 70/34, ved Årebrottet og søraustlegaste delen av Nikøy (Figur 1a og Figur 1b). Opsjonsområde 1 ligg nord for butikken på Bulandet, i sjøen mellom holmane med GBnr. 70/1 i aust, og eigedommane med GBnr. 70/6, 70/8 og 70/15 (Figur 1c). Opsjonsområde 2 ligg lengst nord, i sundet mellom vest sida av Nikøy og austsida av Litle Nikøy, ved eigdommen med GBnr. 70/13 (Figur 1c). Områda skal etter planen fyllast med mudra massar frå Hovdesundet, og med steinmassar frå tomteområdet nord på Gjørøy, med GBnr. 62/1 (Figur 1a).

I sundet mellom Nikøy og Årebrottet ligg tilkomstvegen på ei eldre fylling. Vi veit ikkje eksakt kor gammal denne fyllinga er, men det er antydning at den kan vere så gammal som 50 år (Ref.: Lars Grepstad). På nordsida av fyllinga ligg i dag ei småbåthamn. Fyllinga skjermar hamna i Bulandet for vind, bølger og straum frå ope hav mot sør (Figur 1b).



Figur 1a: Oversiktskartet viser dei undersøkte områda; området lengst sør på Nikøy, opsjonsområda 1 og 2, samt området for masseuttak lengst nord på Gjørøy. Eit omtrentleg område for planlagt mudring er markert i Hovdesundet. Basert på kart frå Statens kartverk.



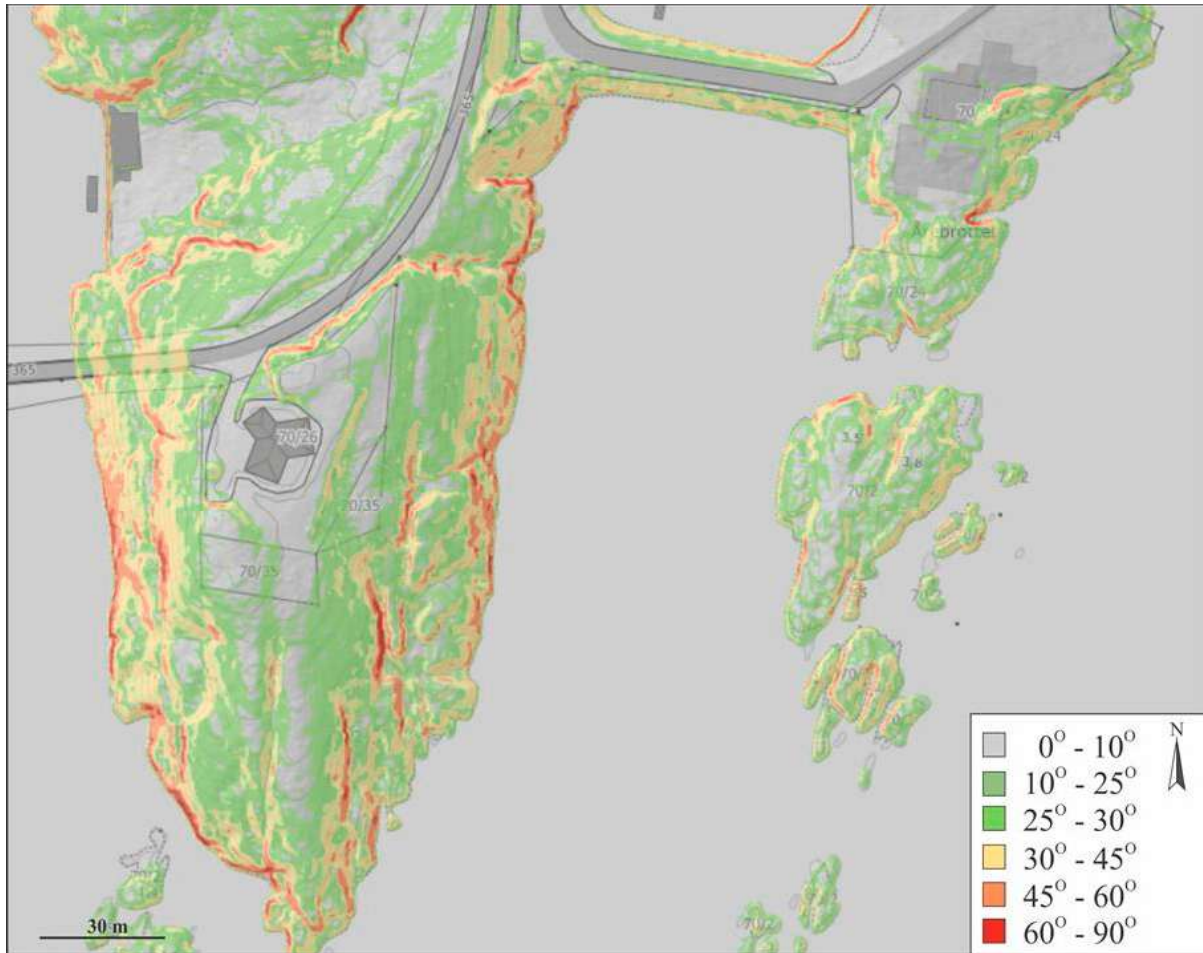
Figur 1b: Oversiktskartet viser dei undersøkte området på Nikøy. Fyllinga skal leggst sørover i sundet mellom søre Nikøy og Årebrottet. Lengda på fyllinga er om lag 150 m frå nord mot sør, og startar ved vegfyllinga som ligg i sundet mellom dei to øyane. Basert på kart frå Statens kartverk.



Figur 1c: Oversiktskartet viser dei undersøkte opsjonsområda, område 1 nord for butikken (gbnr. 70/37) og område 2 i sundet nordvest på Nikøy. Basert på kart frå Statens kartverk.

1.2. Topografi, hydrologi og vegetasjon

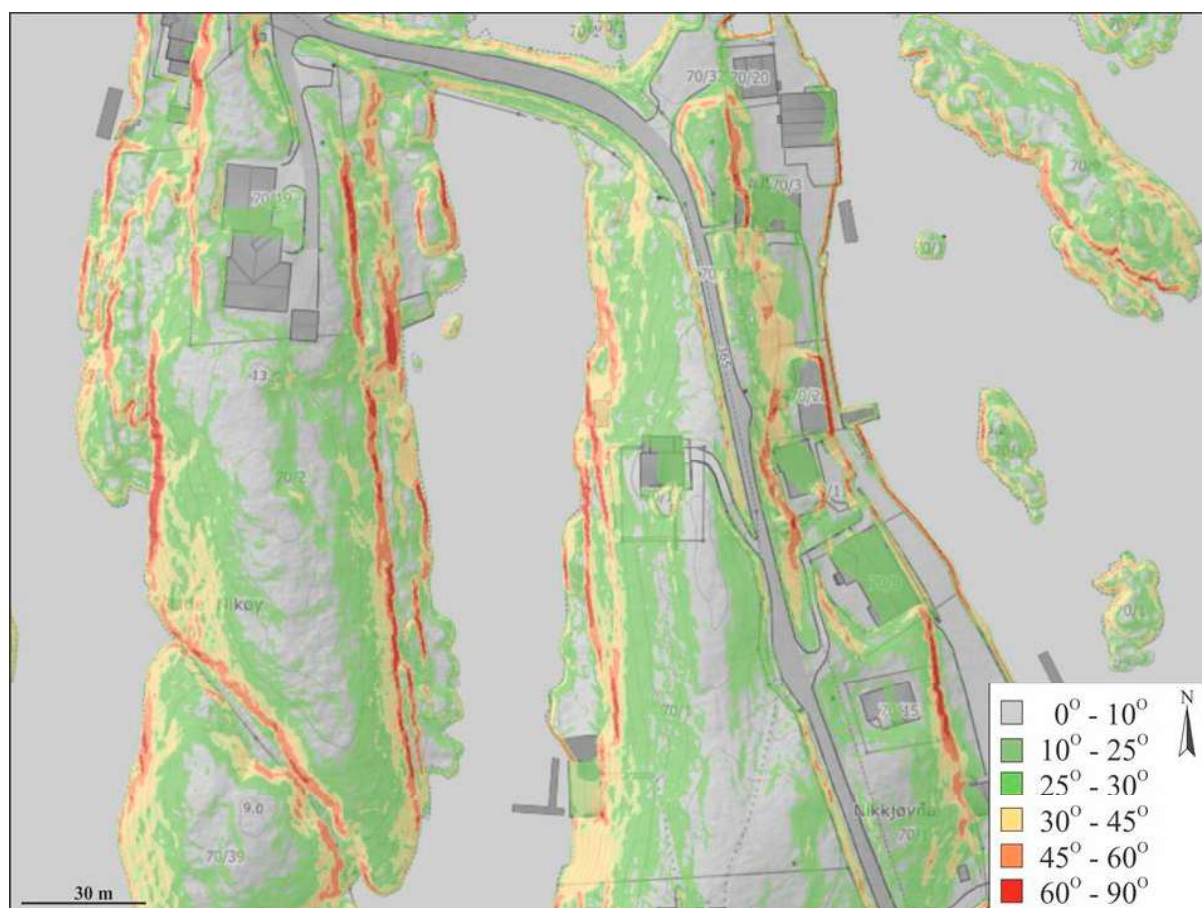
På sin nettdatabase <http://hoydedata.no/laserinnsyn> er det presantert hellingsdata frå undersøkingsområdet (Figur 2a og Figur 2b). Det er registrert hellingar inn mot delar av fyllingsområda. I bukta sør på Nikøy ser vi at det er eit bratt parti ned mot fyllinga, mot aust. Fjellpartiet med ei høgd på 16 m o.h. har ei dominerande helling på ca. 25°, med maks helling enkelte stadar på ca. 50°.



Figur 2a: Hellingskart over planområdet, ved fyllingsområdet er det flatt. Langs Nikøy er det helling rundt 30°, med helling opptil 50° i enkelte parti. Toppen på denne delen av øya er på 16 m o.h., medan holmane aust for sundet har ei maksimal høgd på 3,5 m o.h. (Kjelde: hoydedata.no).

I dei to opsjonsområda lenger nord på Nikøy er det nokså bratte skrentar ned mot Opsjonsområde 2 (Figur 2b), medan opsjonsområde 2 ligg utanfor kaiområdet. Langs enkelte stadar er hellinga over 60° i begge områda, men generelt er hellinga mindre enn 30°. Høgste toppane i området er berre ca. 13 m o.h., både på Little Nikøy og nord på Nikøy.

Det er ikkje større elvar eller bekkar i dei nemnde områda. Nedslagsfeltet er svært begrensa, så avrenninga går langs nedsynkingar i terrenget, utan at klare bekkar er definerte.

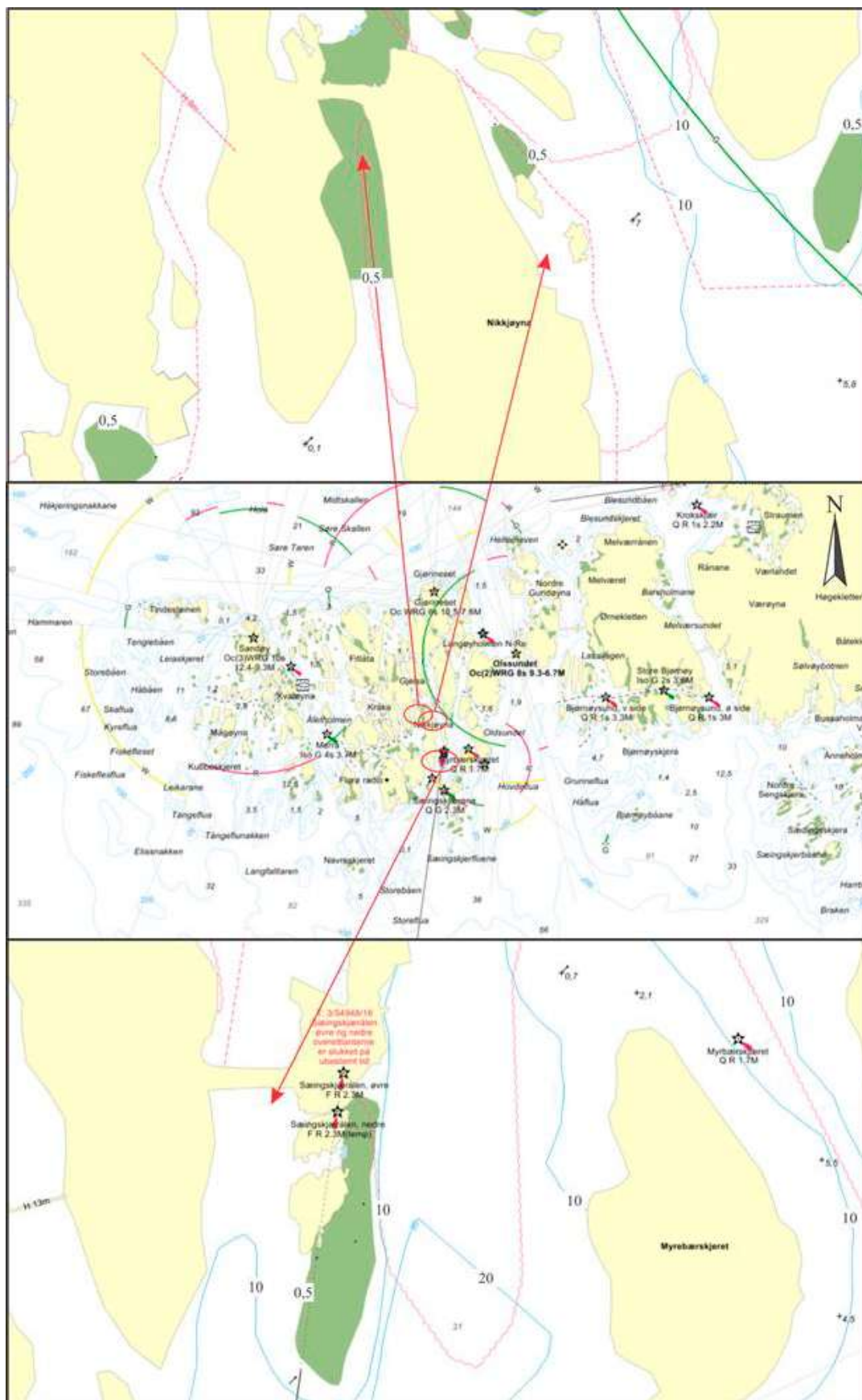


Figur 2b: Hellingskart over planområda, opsjon 1 og opsjon 2. Ved fyllingsområda i sjø er det flatt. Langs sundet nordvest på Nikøy er det generelt helling på rundt 30°, men med helling over 60° i enkelte parti. Tilsvarende hellingsgradientar ser vi på austsida av Nikøy, ved opsjonsområde 2. Toppen på denne delen av øya er på ca. 13 m o.h., medan holmane langs austsida av fyllinga har ei maksimal høgd på 3,2 m o.h. (Kjelde: hoydedata.no).

På sjøkartet vist i Figur 3 er det vist at vassdjupna som er målt i dei ulike områda sør og nord på Nikøy er mindre enn -10 m under middelvestand. Sjøbotnen i vika sør på Nikøy ser ut til å ha ei jamn helling ned mot -10 m-koten, der denne ligg om lag ved sørlegaste grense for fyllingsfoten. Sjøkartet viser vidare at det er slakk helling vidare nedover mot -20 m-koten, der hellinga er orientert mot søraust (Figur 3). Avstanden i rett linje frå vegfyllinga mellom Nikøy og Årebrottet til næraste -10 m og -20 m-kotar mot sør er høvesvis 110 m og ca. 350 m. Holmane sør og aust for Årebrottet er omkransa av eit vassdjup på -0,5 m. Aust og søraust for holmane er det bratt helling ned til -20 m-koten.

I opsjonsområde 1 er det liten helling på sjøbotnen frå kaiområdet der vassdjupet er mellom -0,5 m og ca. -3,0 m, austover til -10 m djupne (Figur 3). Innanfor heile området som vert dekkja av opsjonsområde 2 er vassdjupna på middelvestanden om lag -0,5 m og grunnare (Figur 3).

Flyfotoet på Figur 4 viser alle områda som er undersøkte. I tillegg har vi markert eit omtrentleg område der Kystverket skal mudre i Hovdesundet (sjå òg Figur 1a).



Figur 3: Kartet viser sjøbotnkontene i områda der fyllingane skal leggst ut. Nederste utheva kartebilde viser området sør på Nikøy, medan øverste utheva kartebilde viser dei to opsjonsområda. Kotekartet er markert for kvar -10 m, samt -0,5 m under middel vasstand. Basert på sjøkart frå Gulesider.no.



Figur 4: Flyfoto som viser fyllingsområdet heilt sør på Nikøy, mellom Nikøy og Årebrottet. Fyllingsfoten i sør ligg om lag på -10 m-koten. Vidare er opsjonsområde 1 og opsjonsområde 2 markert på flyfotoet, samt området for masseuttak nord på Gjørøy. Vi veit ikkje eksakt kva område Kystverket skal mudre, men har fått opplyst at denne aktiviteten skal pågå i Hovedsundet aust for industriområdet på Nikøy/Årebrottet. Kjelde: Norge i bilder/Norkart AS.

1.3. Havnivåendring

Dei store forskingsinstitusjonane sine klimamodellar gjev meir og meir pålitelege prognosar om global klimautvikling i framtida, men modellane har framleis store uvisser, spesielt på regional og lokal skala. Likevel bør ein ta høgde for dei mange resultata som peikar mot ei global oppvarming, med påfølgande lokale klimatiske endringar. Hausten 2015 vart den siste *Klima i Norge 2100*-rapporten publisert. Hovudfunna i denne rapporten er at ein i Noreg må forvente høgare temperaturar, meir nedbør og meir ekstremnedbør. Ei følge av dette vil vere at ein må ta høgde for at havnivået og stormfloder aukar.

Ved prognosar for havnivåendringar er det tatt utgangspunkt Miljødirektoratet sin oppdaterte rapport per 2015 (Simpson m.fl., 2015). Rapporten baserer seg på mengd av framtidig klimagassutslepp. Simpson et al. (2015) deler inn i tre ulike utsleppsscenario:

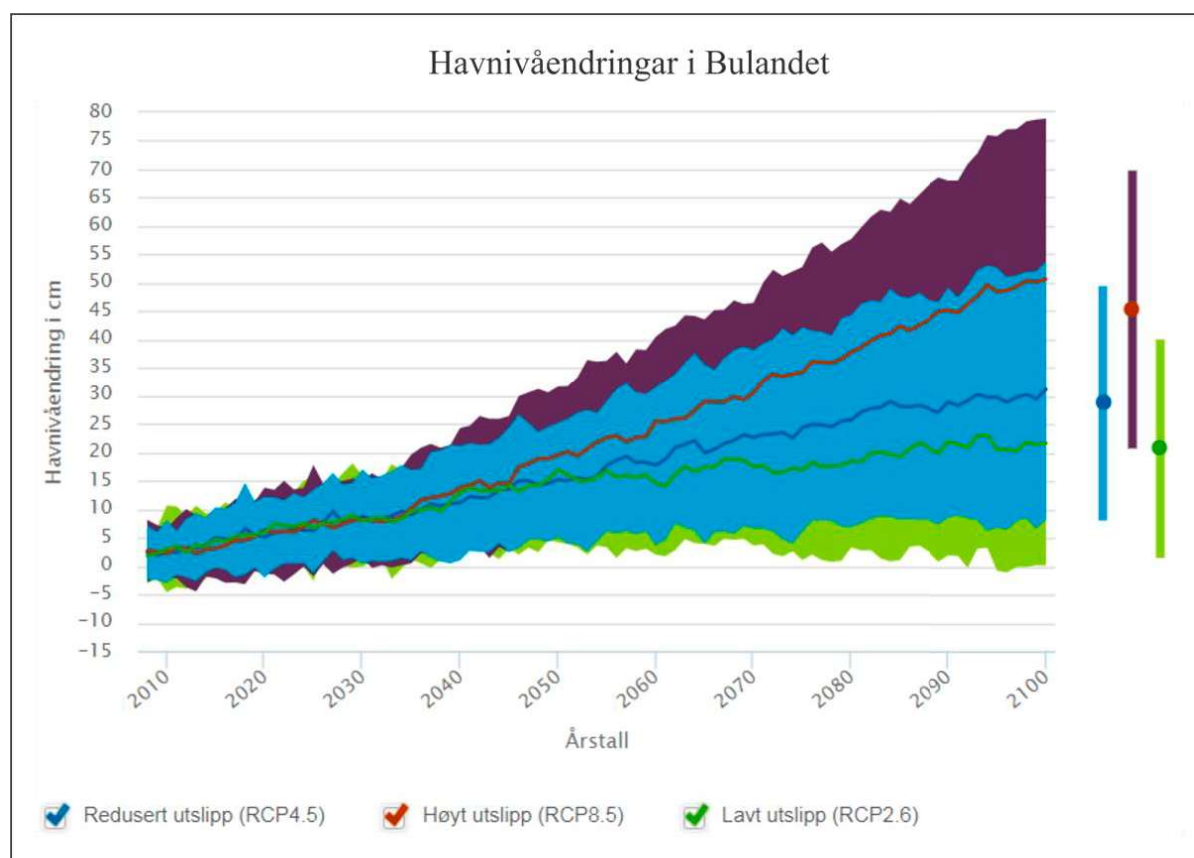
- RCP2.6: Dramatiske kutt allereie frå 2020,
- RCP4.5: Små endringar i utslepp fram til 2050, deretter auke i kutt,
- RCP8.5: Ingen kutt, utsleppa fortset å auke i dagens tempo.

Bulandet sin næraste målestasjon for havnivå-, landheving og stormflo er stasjon 486 i Måløy. Avstanden mellom Måløy og Bulandet er ca. 75 km i luftlinje. Tabell 1 nedanfor syner prognosar for havnivåendringar for år 2041-2060, 2081-2100 og 2100 ved Bulandet der det er tatt utgangspunkt i RCP2.6, RCP4.5 og RCP8.5. Figur 5 viser prognosane i eit diagram (Kartverket, 2015). Den midtre grafen representerer gjennomsnittsverdien, medan den tilhøyrande sone rundt er konfidensintevallet. I perioden 2041-2061 vil havnivået stige i gjennomsnitt 19 cm ved høgt klimagassutslepp (RCP8.5), 15 cm ved redusert utslepp (RCP4.5) og 15 cm ved lågt utslepp (RCP2.6). I perioden 2081-2100 vil havnivået auke i

gjennomsnitt 45 cm ved høgt utslepp (RCP8.5), 29 cm ved redusert utslepp (RCP4.5) og 21 cm ved lågt utslepp (RCP2.6). Fram mot 2100 vil havnivået ha stige i gjennomsnitt 51 cm ved høgt utslepp (RCP8.5), 31 cm ved redusert utslepp (RCP4.5) og 22 cm ved lågt utslepp (RCP2.6). Utifrå diagrammet er høgst mogeleg havnivåendring for Bulandet i år 2100 79 cm (konfidenstoppen for RCP8.5).

Tabell 1: Prognosar for havnivåendringar for år 2041-2060, 2081-2100 og 2100 i Bulandet der det er tatt utgangspunkt i RCP2.6: lågt utslepp, RCP4.5: redusert utslepp og RCP8.2: høgt utslepp av klimagassar. Verdiane er oppgitt i cm og er gjennomsnittsverdi med eit konfidensinterval, 5 % eller 95 % (Simpson m.fl., 2015).

Havnivåendringar ved Stryn målestasjon									
Utslepp-scenario	2041-2060			2081-2100			2100		
	Gj.verdi	5 %	95 %	Gj.verdi	5 %	95 %	Gj.verdi	5 %	95 %
RCP4.5	15	4	27	29	8	50	31	8	54
RCP8.5	19	6	32	45	21	70	51	22	79
RCP2.6	15	3	27	21	1	40	22	0	43



Figur 1: Diagrammet viser endringar i havnivå fram mot 2100 ved ulike utsleppscenarior: RCP4.5 (blå farge): Dersom det skjer små endringar i klimagassutslepp fram til 2050, og deretter større utsleppskutt; RCP8.5 (raud farge): Dersom utslappa fortset å auke i dagens tempo; RCP2.6 (grøn farge): Denne inneber dramatiske utsleppskutt allereie frå 2020. Den midtre grafen representerer gjennomsnittsverdien, medan den tilhøyrande sone rundt er konfidensintevallet. Kjelde: Statens kartverk.

Dersom lågt lufttrykk og pålandsvind oppstår samstundes som springflo, får ein stormflo. Basert på vasstandsmålarar som kontinuerleg registrerer vasstanden er det gjort statistiske berekningar for kor sannsynleg det er at ein kan oppleve ekstreme vasstandsnivå i dag. Ekstreme vasstandsnivå vert kalla returnivå.

For dei tre undersøkte områda i Bulandet må ein legge saman det aktuelle returnivåtalet og den forventede havnivåstiging (klimapåslaget). Områda kjem under tryggleiksklasse 2 i TEK 17. Om det her skal settast opp bygningar for industri eller anna, der det skal opphalde seg meir enn 25 personar vil området/områda komme under tryggleiksklasse 3. Talet for 200-års returnivå for stormflo er henta i rapporten *Havnivåstiging og Stormflo – Samfunnsikkerhet i kommunal planlegging* (DSB, 2016) og er 224 cm i Bulandet. For havnivåstiging nyttar ein 95-persentilen for 2081-2100 som er 70 cm (sjå Tabell 1). Så trekk ein ifrå differansen mellom middelvatn og NN2000. Denne differansen er i Bulandet 5 cm (DSB 2016).

Utrekning av høgste stormflo + klimapåslag i perioden 2081-2100:

$158 \text{ cm (returnivå)} + 70 \text{ cm (klimapåslag)} - 5 \text{ cm} = 223 \text{ cm}$. Ved å bruke den oppgitte metoden for utrekningar, samt verdiar i dei ulike tabellane som er referert til, viser det seg at det er eit avvik på +/- 1,0 cm. Ved ei klimatisk generert havnivåendring fram mot 2100 vil ein ved stormflo i Bulandet altså forvente eit vassnivå avrunda til 224 cm (+/- 1 cm) over normalnull 2000. Nedanfor er ei oversikt over største nominelle årlege sannsyn for stormflo med eit gjentakingsintervall på 20, 200 og 1000 år i Bulandet.

Tabell 2: Tabellen viser forventede stormflo med nominelt årleg sannsyn på 1/20, 1/200 og 1/1000 i Bulandet, Askvoll kommune. Kjelder: Simpson m.fl., 2015, DSB, 2016.

Anbefalte tal frå DSB	Høgder over NN2000
1000-års returnivå for stormflo (tryggleiksklasse 3 i TEK 10) + klimapåslag (ref. DSB)	232 cm
200-års returnivå for stormflo (tryggleiksklasse 2 i TEK 10) + klimapåslag (ref. DSB)	224 cm
20-års returnivå for stormflo (tryggleiksklasse 1 i TEK 10) + klimapåslag (ref. DSB)	211 cm

1.4. Geologi

1.4.1. Berggrunn

All berggrunn i Bulandet er kartlagt som konglomerat og sandsteinar (Figur 6), og er avsett i perioden undre Devon (405-380 mill. år sidan). Dei sedimentære bergartane i Bulandet ligg i det som er omtala som Solund Devonfelt og er i hovudsak dominert av konglomerat og stadvis av sandsteinar (Ramberg m.fl. 2013). Devonfeltet er eit av fire felt danna i undre devon, kartlagde langs kyststrøka i Sogn, Sunnfjord og Nordfjord. Bergartane vart avsette i intramontane sedimentasjonsbasseng utvikla langs store skjær- og forkastningssoner under den ekstensive perioden heilt i slutten av den *kaledonske orogenesen* (fjellkjededanninga) for om lag 400 millionar år sidan.

Dei sedimentære bergartane vart konsoliderte og pressa ned til eit djup ned til ca. 6 km i jordskorpa, omdanna i området for grønskifer-‘facies’. Sedimenta inneheldt i utgangspunktet

ein svært stor andel av kvarts, slik at kvartssementer er dominerande i bergarten, saman med epidotutfellingar som gir oss indikasjonar på trykk- og temperaturtilhøva sedimenta vart utsett for. Etter periodar med landhevingar og erosjon, observerer vi i dag bergartane som svært harde og motstandsdyktige mot erosjon og forvitring.

I dei undersøkte områda i Bulandet vart det observert konglomerat med klaststørrelsar opp til 70-80 cm. Dominerande klaststørrelsar ligg rundt 10 cm ($\pm$ 5 cm). Kun tynne lag med sandsteinar er observert. Bergartane er generelt svært harde og motstandsdyktige mot erosjon og forvitring, og er godt eigna som fyllmassar.



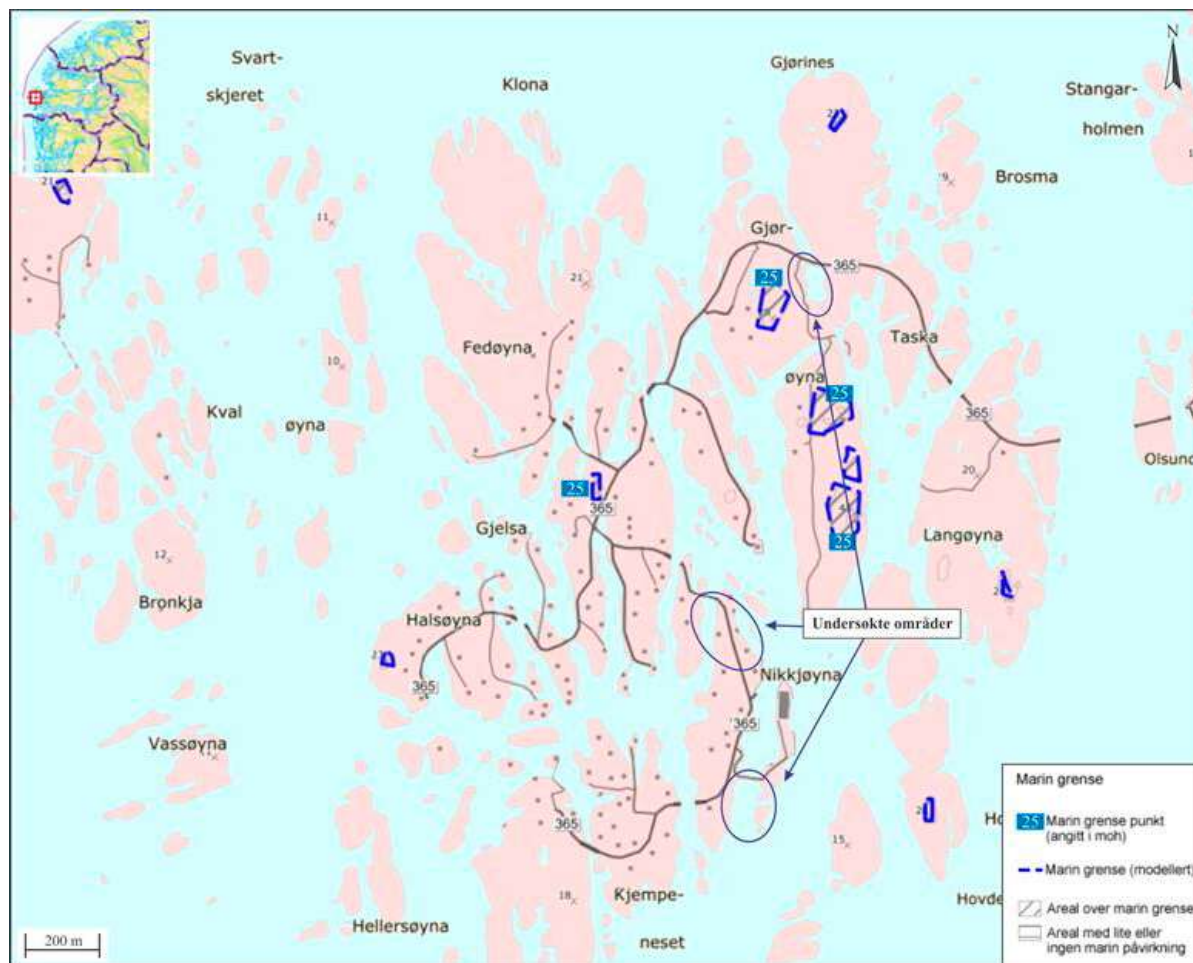
Figur 6: Berggrunnskart for Bulandet. I undersøkingsområdet er det markert for konglomerat, men enkelte tynne sandsteinslag er observert på Nikøy. (NGU.no).

1.4.2. Lausmassar

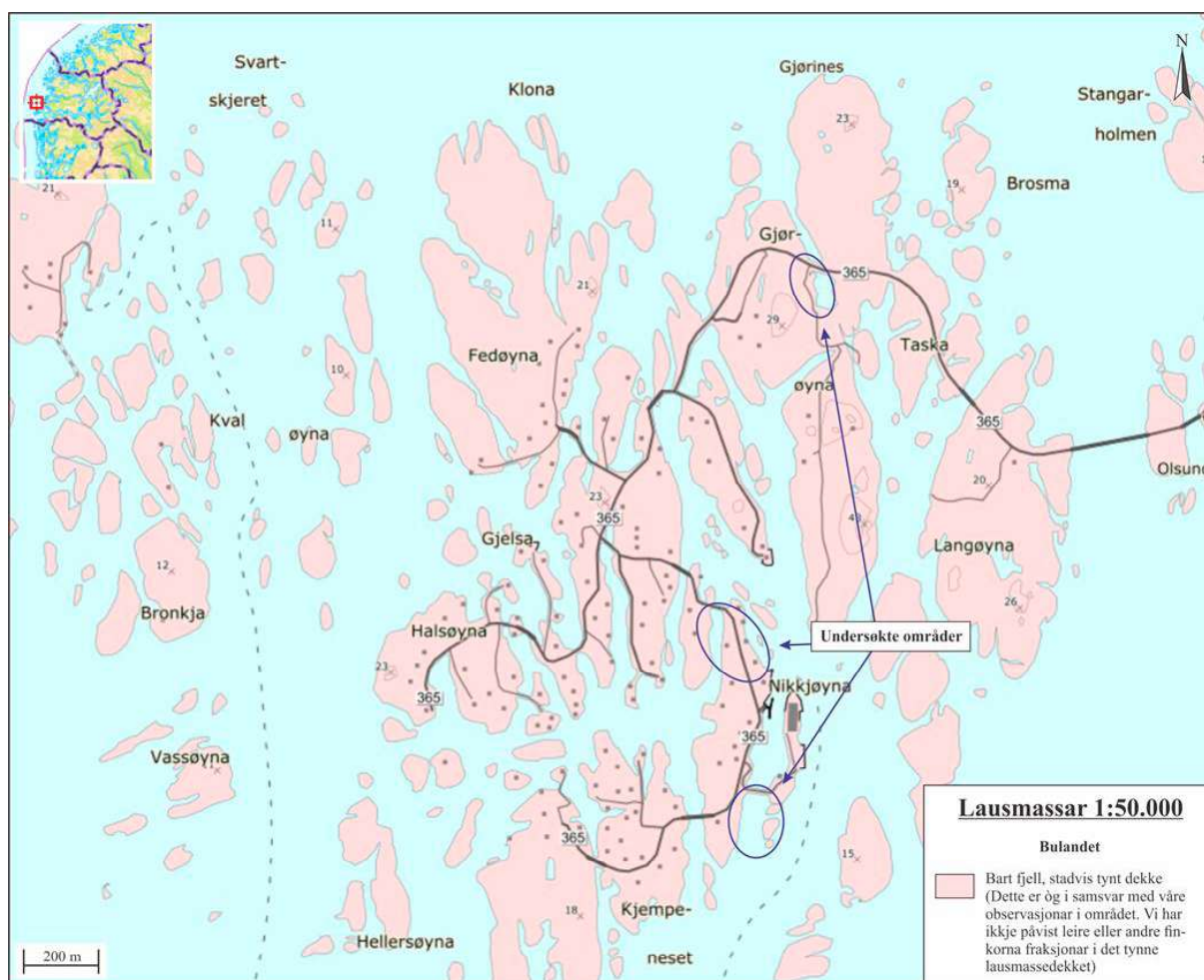
For 2,6 millionar år sidan byrja epoken kvartær, ein periode kor den nordlege halvkula var prega av om lag 40-50 istider. Breane som dekkja store delar av Noreg under desse kuldeperiodane grov ut dalar og fjordar og danna det landskapet vi har i dag, og som er typisk for Sunnfjord. Innlandsisen under siste istida hadde si maksimale utbreiing for om lag 20 000 år sidan. Etter kvart som innlandsisen smelta attende dei følgjande tusenåra, blottla den morenemateriale og smeltevassavsetningar i dei fleste områder, òg heilt ute langs kysten (Ramberg m.fl., 2013).

Under istidene vart landet pressa ned under vekten frå isen slik at relativt havnivå stod høgare. I tusenåra etter siste istid har landhevinga førd til at hav-, fjord- og strandavsetningar har blitt tørrlagd langs heile Norskekysten. Slike marine avsetningar har gjerne høgt innhald av finkorna materiale som silt og leire og det kan derfor utgjere ein fare for ustabile grunnforhold i tilknytning til dette.

I Bulandet har det maksimale havnivået ved slutten av siste istid stått ca. 25 m over dagens havnivå. Dette kallast marin grense og representerer øvre kotehøgde der ein kan forvente å finne marine avsetningar (Figur 7). Heile undersøkingsområdet ligg under marin grense. NGU sitt lausmassekart viser bart fjell med stadvis tynt dekke (Figur 8).



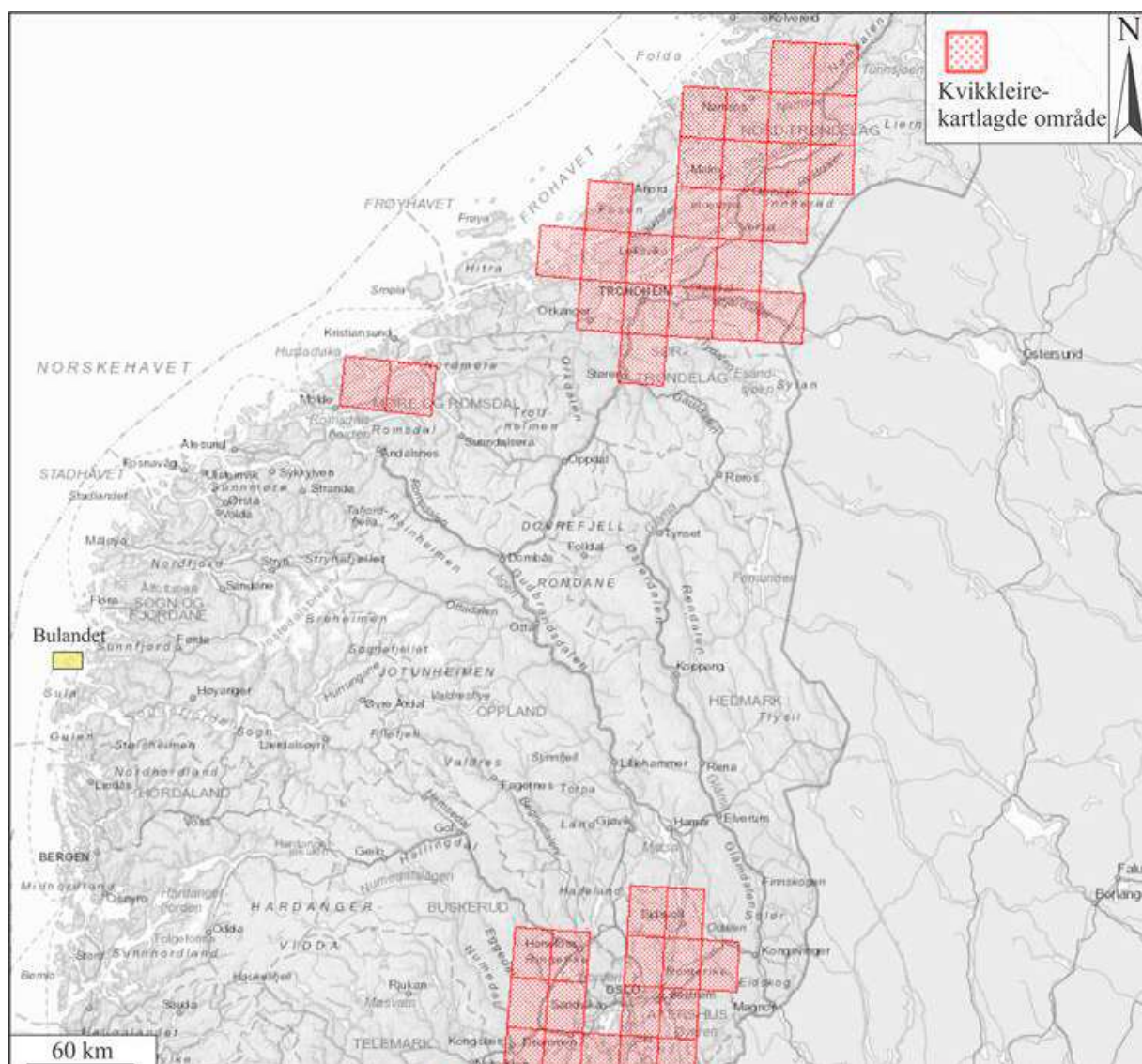
Figur 7: Kart som viser marin grense og moglegheiter for marin leire under denne. Maringrense i Bulandet er definert til 25 m o.h.. Alle dei undersøkte områda ligg under marin grense, men vi kunne ikkje påvise lausmassar med finare kornfraksjonar enn sand, og jordholdig sand. Basert på kart frå NGU.



Figur 8: Lausmassekart for Bulandet. Ein ser at det er kartlagd bart fjell med stadvis tynt dekke i heile området. Dette er i samsvar med våre observasjonar frå området. Basert på kart frå NGU.

1.5. Aktsemdskart og tidlegare hendingar

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er ansvarlig for aktsemdskart ulike typar skred på nettsida skredatlas.nve.no. Tenesta er utarbeidd i samarbeid med Norges geologiske undersøking (NGU), Statens vegvesen, Jernbaneverket og Forsvarets militærgeografiske tjeneste. Her finnast store faresoner med klassifisert leirskredfare som er kartlagt i ei nasjonal kartlegging. Faresoner kan også vere identifisert i samband med annan kartlegging og grunnundersøkingar. Faresoner som er avgrensa i den nasjonale kartlegginga omfattar berre områder med mogleg fare for store områdeskred og kun utløysingsområder. Områda langs strandsoner er dessutan mangelfullt kartlagt (NVE). Aktsemdskarta kan difor ikkje brukast direkte i reguleringsplanar eller i byggesaker for å avgjere om eit areal/område tilfredsstiller krav til tryggleik mot naturfarar, jamfør *føreskrift om tekniske krav til byggverk*, kap. 7, § 7-3 (Direktoratet for byggkvalitet, 2015). Karta gjev likevel ein god indikasjon på kvar ytterlegare undersøkingar bør gjennomførast. På Figur 9 ser ein at det er kun markert faresoner for kvikkleire på Austlandet, Trøndelag og Møre og Romsdal. Det er altså ikkje markert noko fare i Bulandet (gul rute). Det er her viktig at lokal kjennskap til geologien vert lagt til grunn for vidare vurderingar med omsyn til kvikkleire. Ei slik oversikt kan kun oppnåast gjennom kartlegging og undersøkingar lokalt i eit gitt område.



Figur 9: Aktsemdkart for kvikkleirekartlagde området. Ein ser at det ikkje er markert noko kvikkleire i Nordfjordeid (gul rektangel). Basert på kart frå NVE.

På si nettside har NVE m.fl. òg ei oversikt over tidlegare skred i nærleiken av undersøkingsområda. Det er ikkje markert tidlegare skredhendingar i Bulandet. Vi vel difor å ikkje ta med kart som viser skredhendingar.

1.6. Poretrykk

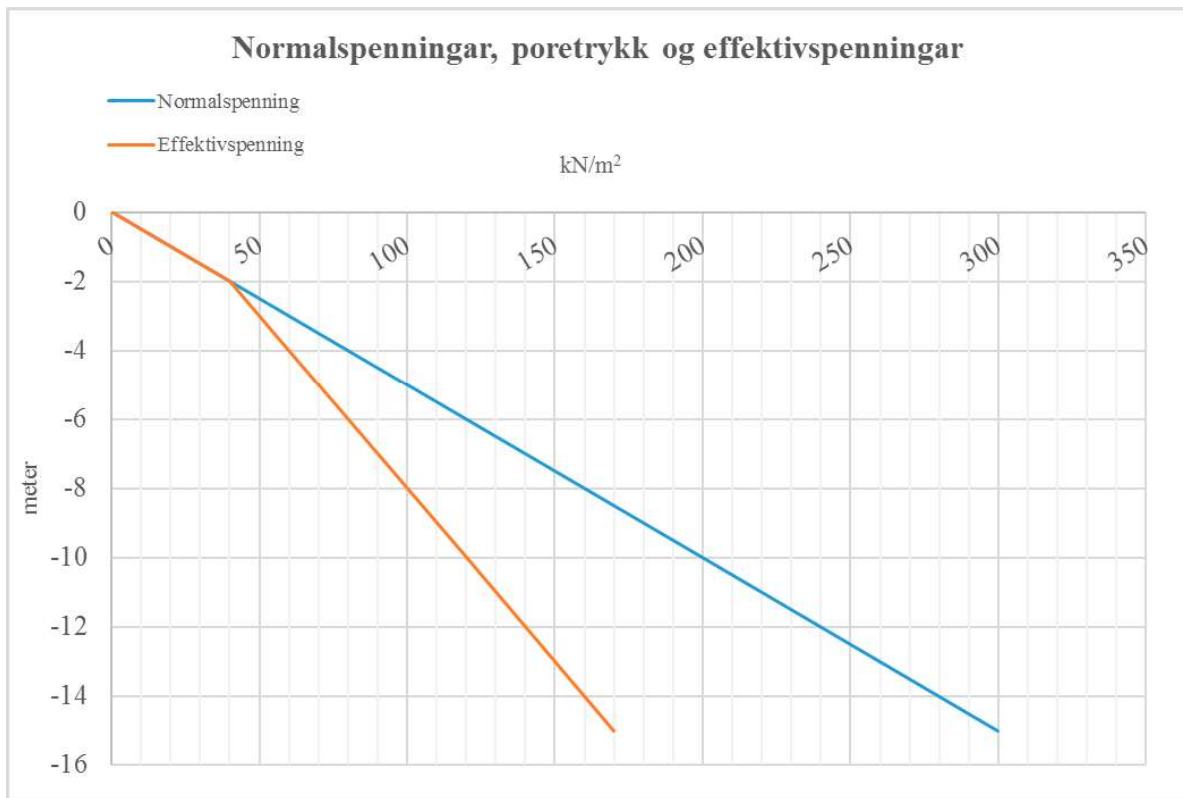
Det er ikkje avsettingar i området over havnivå, som vert berørt av tilførde massar. Lausmassar som er akkumulert på sjøbotn sidan siste istid må derimot takast omsyn til. Vi har ikkje data på massane der. Med bakgrunn i at sunda mellom alle øyane og holmane i området har ei tilnærma nord-sør orientering, er det forventa at det i perioden etter at isen forsvann derfrå etter siste istid har vore relativ høge havstraumar gjennom sunda. Det vil igjen sei at det i stor grad kun er avsett materiale med kornfraksjonar større enn siltpartiklar. I tillegg er det å forvente at det vil vere mykje skjellfragment som er blanda i lausmassane. Etter at sundet

mellom Årebrottet og Nikøy, samt sundet nord i opsjonsområde 2 vart fylt inn i samband med vegbygginga tilbake i tid, kan det vere akkumulert finkornafraksjonar som silt og leire. Uansett, så har tilgangen på lausmassar vore svært begrensa i den relativt korte tidsperioden dette gjeld, så det er å anta at tjukkelsen på tilførde massar er svært tynn.

Stadbundne- og tilførde massar som har porerom vil kunne påførast eit poretrykk, både under tilførde fyllmassar og i dei tilførde massane. Laus- og fyllassar som ligg under havnivå vil innehalde porar, der porøsiteten vil variere avhengig av kva massar som vert lagt ned, og som til ei kvar tid vil vere metta av vatn. Dette må takast omsyn til når fyllingane eventuelt vert vidare belasta etter at dei er lagde ut. Nedanfor syner Tabell 3 utrekning av totalspenning (σ), poretrykk (u) og effektivspenning (σ') ved valde punkt i grunnen på djup under 2 m, 4 m, 10 m og 15 m. Tyngdetettleiken til tilførde massar er sett til omlag 20 kN/m^3 , ein tyngdetettleik som vil kunne variere noko avhengig av kva massar det her er snakk om. Figur 10 viser eit diagram for normalspenningar og effektivspenninga og området mellom linjene representerer poretrykket. Ein ser at poretrykket aukar proporsjonalt med grunnen/lausmassar over fast fjell.

Tabell 3: Utrekning av totalspenning (σ), poretrykk (u) og effektiv spenning (σ') ved ulike djup (z).

z	σ	u	σ'
0	0	0	0
-2	40	0	40
-4	80	20	60
-10	200	80	120
-15	300	130	170



Figur 10: Diagrammet viser normalspenningar (blå linje) og effektivspenningar (raud linje). Området mellom linjene representerer poretrykket. Poretrykket startar ikkje før under vasstanden ved 2 m djup og det aukar proporsjonalt med djupet i grunnen over fast fjell.

KAPITTEL 2 – TIDLEGARE UNDERSØKINGAR

Sunnfjord Geo Center har ikkje kjennskap til at det er utført tidlegare relevante geologiske undersøkingar i området. Om slik informasjon er tilgjengeleg bør det takast omsyn til i det vidare arbeidet for dei undersøkte områda.

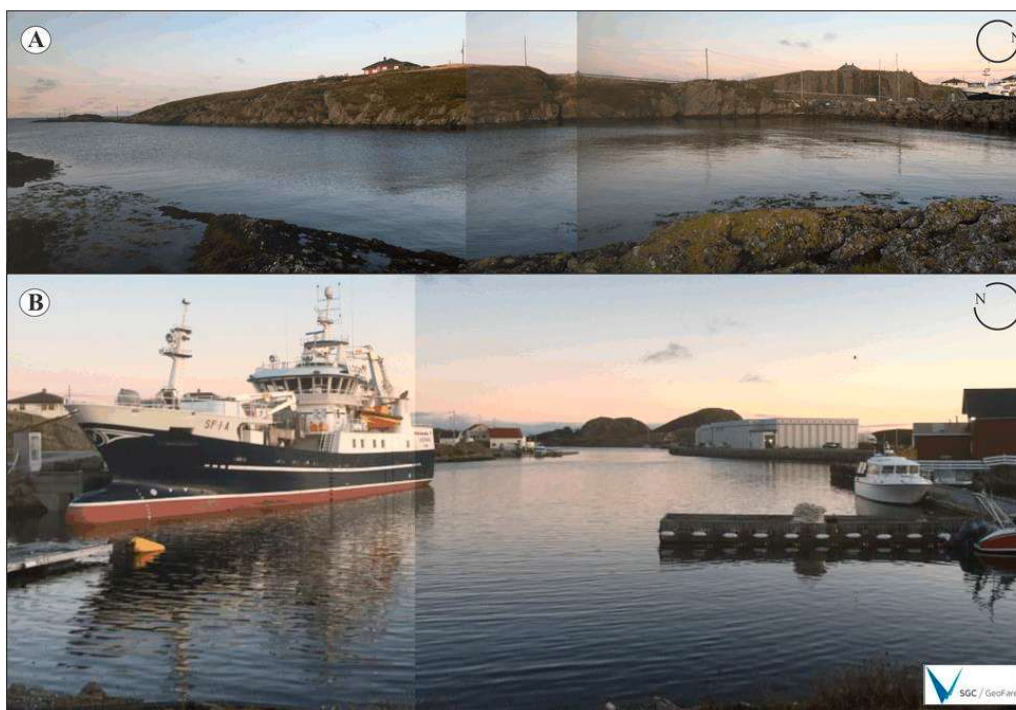
KAPITTEL 3 – FELTOBSERVASJONAR

SGC gjennomførte feltarbeide og synfaring i området den 18.10.2017. Arbeidet med datainnsamling vart utført av Einar Alsaker og Anders Haaland. Vi hadde òg samtalar med personar som har kjennskap til forholda på Bulandet, blant andre Lars Grepstad. Grepstad er dykkar og gav oss verdifull informasjon om botnforholda i sundet mellom øyane, innan dei aktuelle områda. Vi har ikkje utført sonderboringar i dei avsette lausmassane på sjøbotnen, då det ikkje er ein del av prosjektet på det noverande stadiet i den vidare prosessen.

Dette kan vi bekrefte gjennom, Gjennom vårt feltarbeide la vi vekt på å undersøke lausmassar der det var mogleg. Vi observerte sandige jordmassar, utan spor av leire eller andre finkorna fraksjonar. Med bakgrunn i observasjonar, tilgang til lausmassar i nærområdet, straumtilhøva mellom holmar og øyar i nærområdet, finn vi det lite truleg at det er avsett større volum med finkorna sediment.

3.1 Omdråde 1, sundet mellom Nikøy (sør) og Årebrottet

I sundet mellom søraustlege området på Nikøy og holmane på Årebrottet er det lagt ei fylling med ein veg mellom dei to områda. Nord på Årebrottet ligg eit industriområde/Fiskemottak. Vegen over sundet blei truleg bygd for 40-50 år sidan (sjå Figur 11, sjå òg Figur 1b). Fyllinga den ligg på er bygd opp av lokale massar, med jamnstore steinblokker på ca. 1m³ som bølgevern mot sør (Figur 12). Lengda på vegen, og breidda på sundet her er ca. 60 m. Den største breidda på sundet i posisjonen ved sørlegaste enden på den planlagde fyllingsfoten er om lag 75 m.

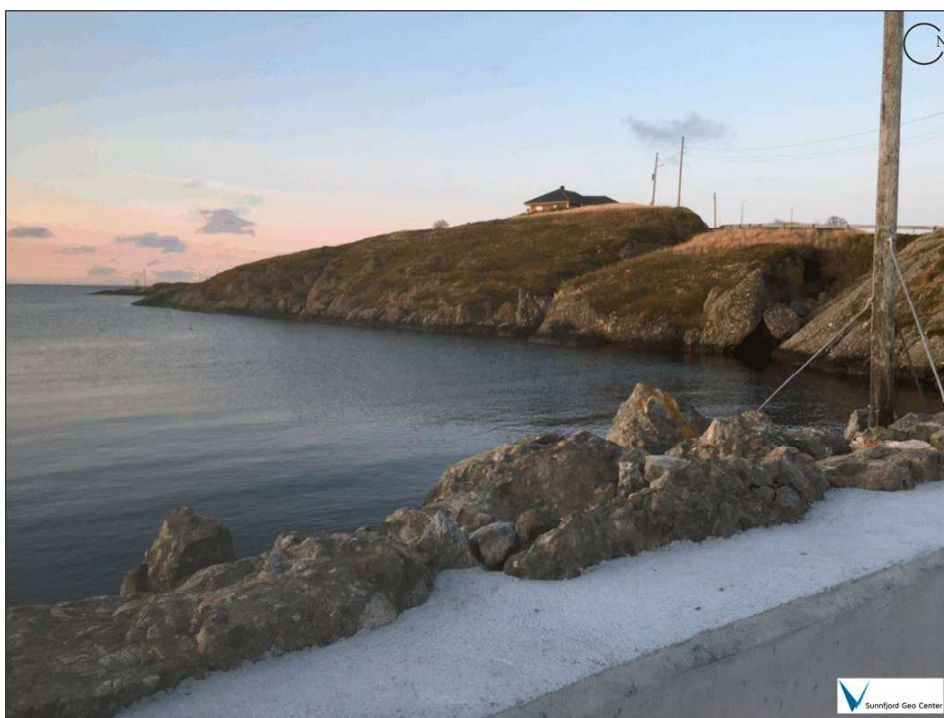


Figur 11: Bilde A viser sundet mellom Årebrottet og søraust på Nikøy med vegfyllinga som kryssar over fyllinga. Bildet er samansett, og tatt frå holmane sør for Årebrottet, og vestover mot Nikøy. Bilde B (samansett) viser bukta og hamna i Bulandet, nord for vegfyllinga. Til høgre ligg fiskemottaket i området.

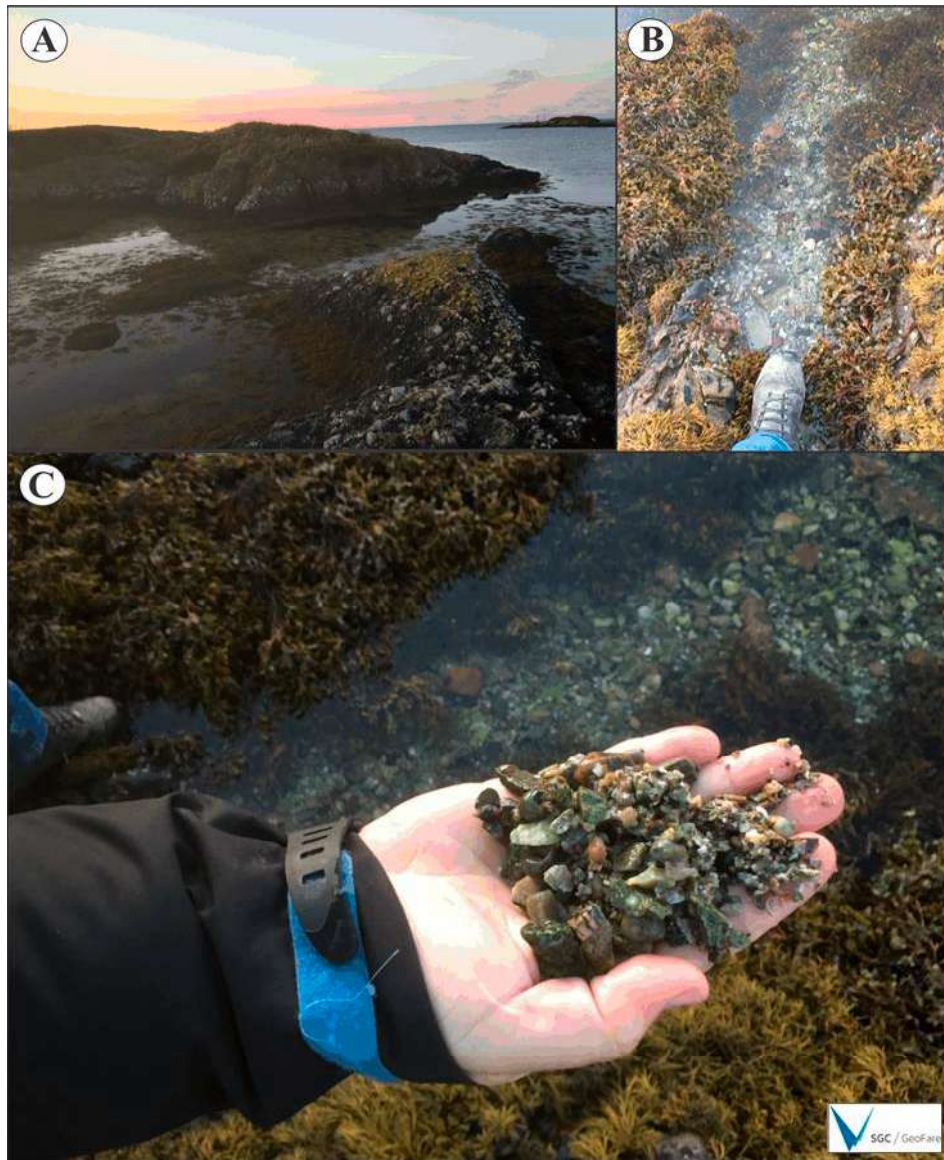


Figur 12: Bilda viser vegfyllinga mellom Nikøy i vest og Årebrottet. Bildet er tatt frå Årebrottet. Fyllinga er bygd opp av massar henta frå området. Blokkene som ligg langs fyllinga mot sør fungerer som eit vern mot bølgeaktivitet, og har størrelsar på rundt 1m^3 .

Langs sundet mot vest, mot Nikøy, går fjellhammaren på det høgste 10 m tilnærma vertikalt ned sjøen (Figur 13). På austsida er sundet avgrensa av fleire holmar sørover frå Årebrottet, med største høgder mellom 3,5-4 m. Vestsida av holmane ligg slakt ned mot sjøen, med grunne små sund mellom disse (Figur 14a). På botnen i sunda her kunne vi observere grov grus. Samansetninga på gruskorna kunne bestemmast, og er erosjonsprodukt frå dei omkringliggande holmane (Figur 14).



Figur 13: Bildet er tatt frå vegfyllinga mot sør, og viser fjellet som står steilt ned i sjøen, i sundet avgrensa av sørlegaste delen av Nikøy mot vest.

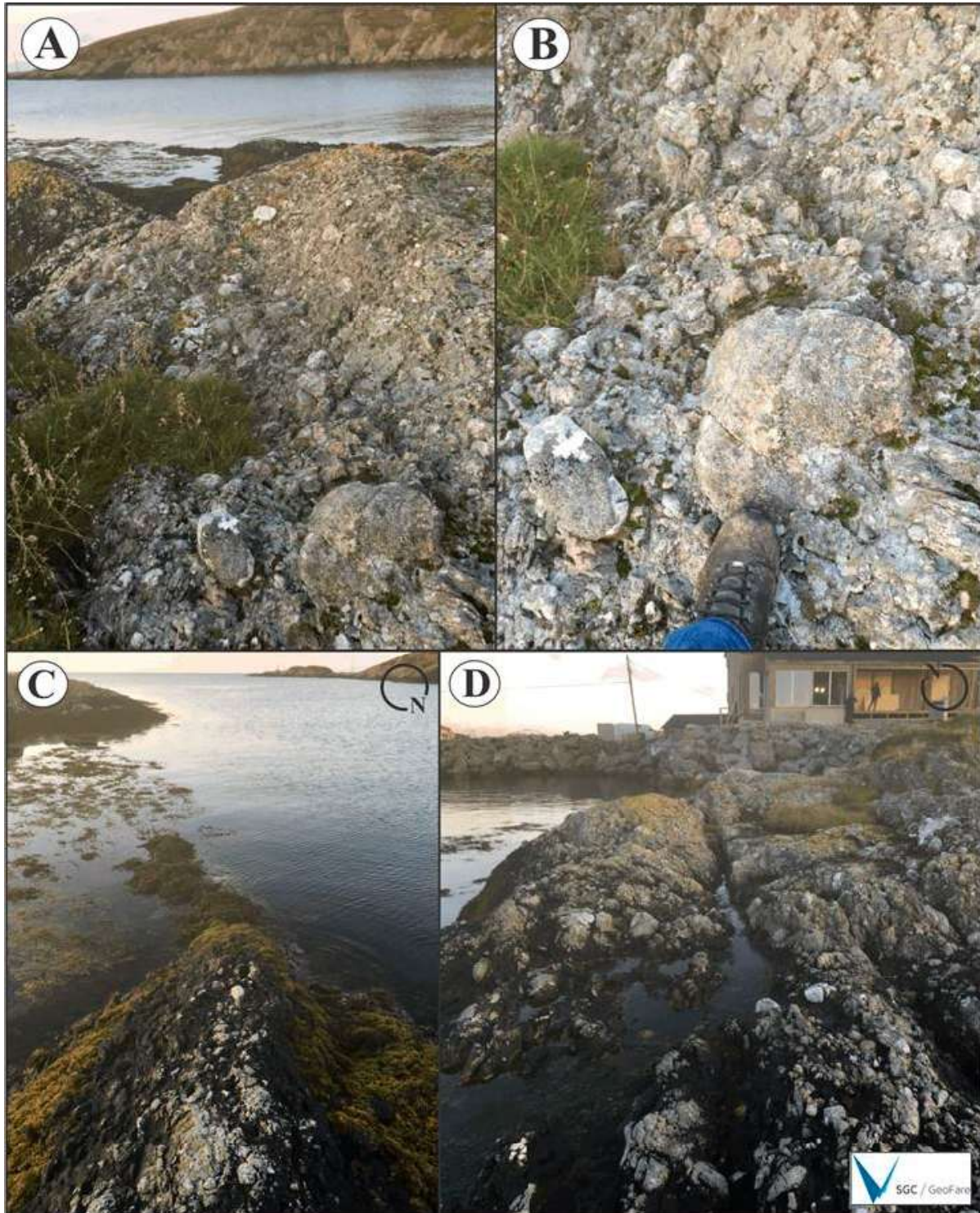


Figur 14: Bilda er tatt på holmane ved Årebrottet. Bilde A er tatt mot sør og viser det grunne sundet mellom dei to største holmane. Bilda B og –C viser lausmassane som ligg i sunda, med kornfraksjonar definert som grov til svært grov grus. Vi kunne òg bestemme kva bergart grusen er erosjonsprodukt frå.

I området finn vi sedimentære bergartar, hovudsakeleg som eit polymikt konglomerat med varierende bollestørrelsar (Figur 15). Dominerande klaststørrelsar ligg på 5 til 10 cm, men klastar rundt ca. 30 cm vart påviste. Samansetninga av klastane varierer avhengig av kvar kjeldeområde desse opprinneleg vart erodert og transportert frå, ein prosess som pågjekk i undre Devon (ca. 405–380 mill. år sidan). Her kan nemnast grønsteinar og gabbro, granitt og granittisk gneis som dominerande bergartar i klastane. Rundingsgraden på klastane tilseier at transportlengda kan vere nokså stor. Enkelte få sandsteinslag kunne påvisast, men då som lag opptil 0,5 m tjukke. Desse viser at lagninga i bergartane her står tilnærma vertikalt, med ei orientering ca. NV-SA.

Vi kunne observere nokre nord-sør orienterte forkastningar. Desse er parallelle med sundet mellom Nikøy og Årebrottet, som truleg er større forkastningssonar som kuttar gjennom

området. Nord-sør orienterte forkastningar langs kysten vart danna under ein ekstensjonsfase i perm (ca. 300 mill. år sidan) og vart seinare reaktiverte under strekningsfasar i øvre Trias (ca. 225 mill. år sidan) og øvre Jura (ca. 150 mill. år sidan). I denne perioden var òg Øygarden forkastningssone aktiv, ei større forkastningssone som ligg nokre få kilometer vest for øyane i Bulandet. Registrert jordskjelvaktivitet gir indikasjonar på at denne framleis er delvis aktiv.



Figur 15: Bilda viser bergarten i området, ein sedimentær bergart avsett i undre Devon, og dominert av eit polymikt konglomerat. Mindre forkastningar (bilde D) ligg parallelt med sundet, som er ei av mange nord-sør orienterte forkastningssoner som kryssar Bulandet.

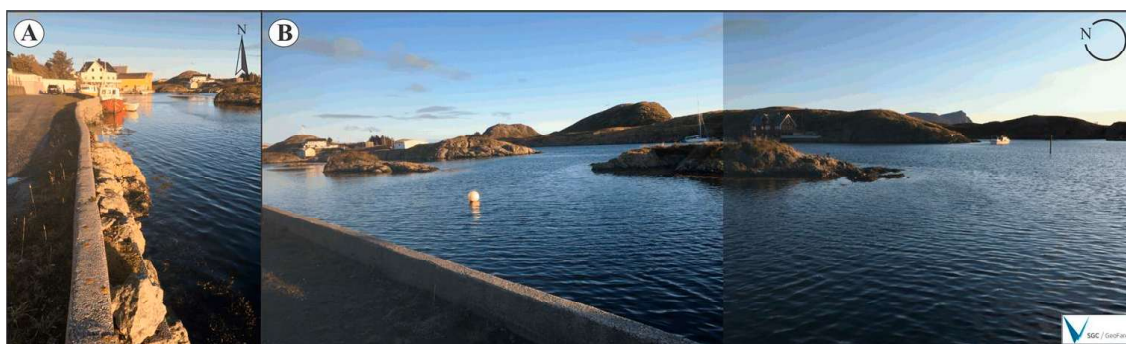
Før vegen mellom Nikøy og Årebrottet blei bygd, var det god gjennomstrøyming i sundet mellom dei to områda. Vi ser ikkje spor av finkorna avsettingar på land, og det er lite truleg på grunn av tidlegare straumtilhøve, at det er akkumulert finkorna fraksjonar i sundet mellom øyane. I tillegg har det vore, og er lite tilgang til finkorna erosjonsprodukt i området.

I dei grunne sunda mellom holmane kunne vi observere grov grus, som er tolka til å vere erosjonsprodukt etter bølgeaktivitet over svært lang tid. Det er å anta at på dei djupare partia i sundet kan det vere akkumulert noko finkorna fraksjonar, men då i svært liten grad. Det er vidare å anta at dei mest finkorna fraksjonane (silt og leire) blei transportert vekk på grunn av straumar gjennom sundet, før fyllinga og vegen vart bygd. Det er truleg at det kan vere relativt stor ansamling av skjelsand på sjøbotnen, som er akkumulert i perioden etter at innlandsisen trekte seg tilbake frå området etter siste istid for ca. 12.000 år sidan.

Dette vart bekrefta av Lars Grepstad som har eit stort antal dykk i området. Kor tjukke lausmassar det er frå sjøbotnen og ned til fast fjell er vanskeleg å anslå utan ei sonderboring til fast fjell. Tilgangen til erosjonsprodukt, samt akkumulasjonstilhøva i området, tilseier at det er relativt tynne lausmassar i sundet. Vidare vil skjelfragment som blandar seg i sanden, relativt fort løyse seg opp og sanden vil på grunn av kalk som vert utfelt medføre ein relativ rask kompaksjon av dei kalkholdige lausmassane.

3.2 Opsjonsområde 1; Fylling for næringsområde ved Nikøy Eigedom AS

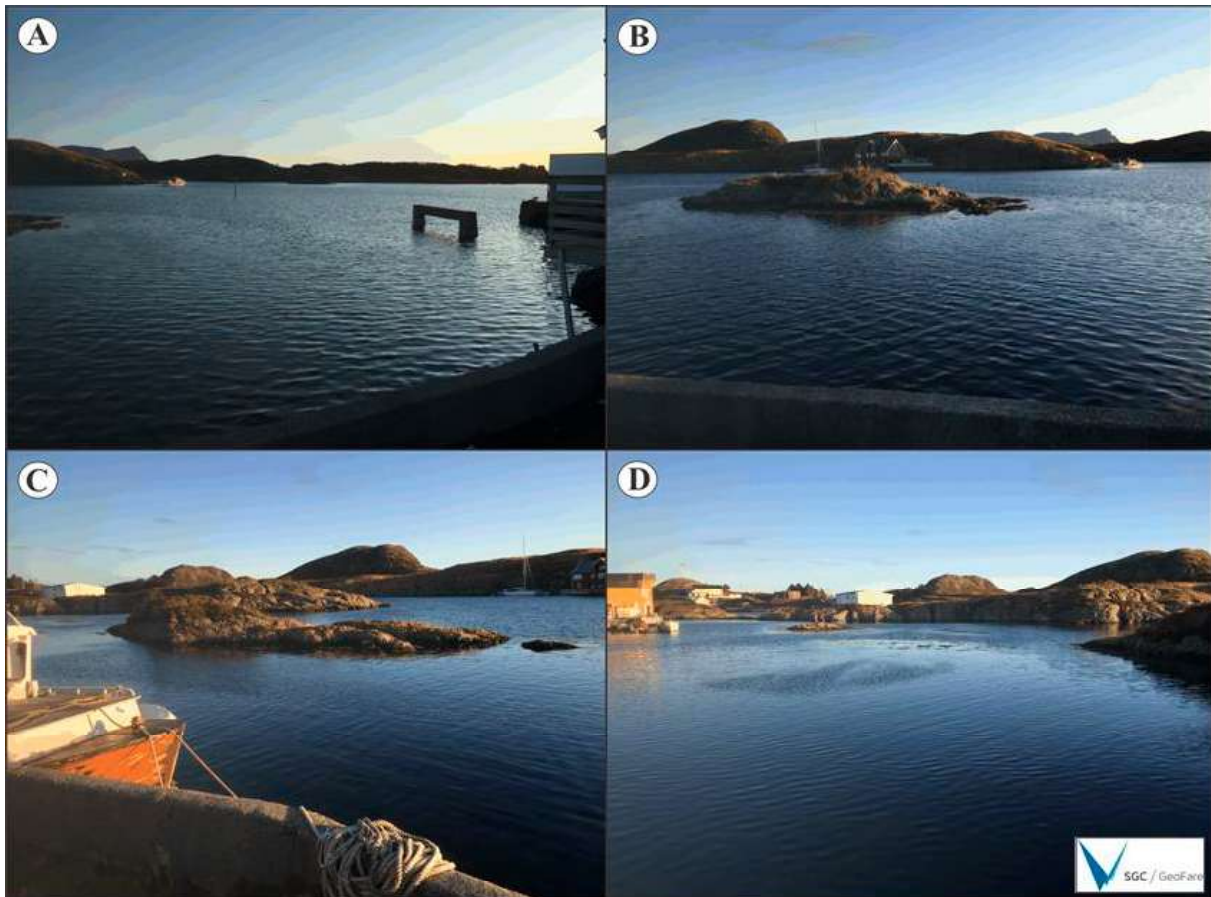
Opsjonsområde 1 ligg i sjøen ved kaianlegget rett nord for Butikken i Bulandet (sjå Figur 1c). Her skal det etter planen leggst ned ei fylling mellom eksisterande kaianlegg og to holmar. Desse to ligg ca. 30 m frå land/kaianlegget mot aust (Figur 16). Området ligg i forlenginga av sundet sør på Nikøy, mot nord. På grunn av at sundet dei siste ca. 50 år har vore avsperra av vegfyllinga mellom Årebrottet og Nikøy, er ikkje området her påverka av strøymingar frå dette sundet no. Uansett, går det straumar gjennom Hovedsundet og vidare gjennom blant andre Fedøysundet, slik at det i dag er meir strømming her enn det er lenger sør. Det er lite truleg at det òg her er akkumulert finkorna materiale på sjøbotnen, med kornfraksjonar mindre en silt. Det er å forvente at lausmassane på sjøbotnen er sand/grus med eit høgt innhald av skjelsand.



Figur 16: Bilda viser opsjonsområde 1, der bilde A (tatt mot nord) viser grensa mellom kaionrådet og vegen nord for denne, og vestlege delen av denne. Bilde B (samansett) viser dei to holmane som skal avgrense fyllinga mot aust. Holmen lengst til venstre er den nordlegaste av dei to holmane, og vist mot nordaust, medan høgre delen av bildet viser den sørlege holmen meir mot aust.

Dei geologiske tilhøva, bergartar i området, lausmassar, og botntilhøve er tilnærma likt det vi har beskrevet i Kapittel 1.4 og i Kapittel 3.1. Etter planen skal fyllinga leggst frå kaianlegget nær butikken i sør, nordover mot, og i mellom dei to holmane ca. 30 m frå land. Slik vi har forstått det skal fyllinga avsluttast nord for den nordlegaste av dei to holmane (Figur 17).

Vassdjupna utanfor vegen/kaiområdet langs vestlege kanten av fyllinga er om lag 3 m. Frå land og austover til koten på -10 m, er det ein avstand på omlag 100 m (sjå Figur 3). Det vil igjen sei at frå fyllingsfoten mot aust er det mellom 60 og 70 m til vassdjupna når 10 m. Slik vi kan bedømme det er hellinga på sjøbotnen nokså jamn. Langs fyllingsfoten mot nord er relativt grunt, med vassdjupne mindre enn 1,5 m dei fleste stadane (Figur 17).

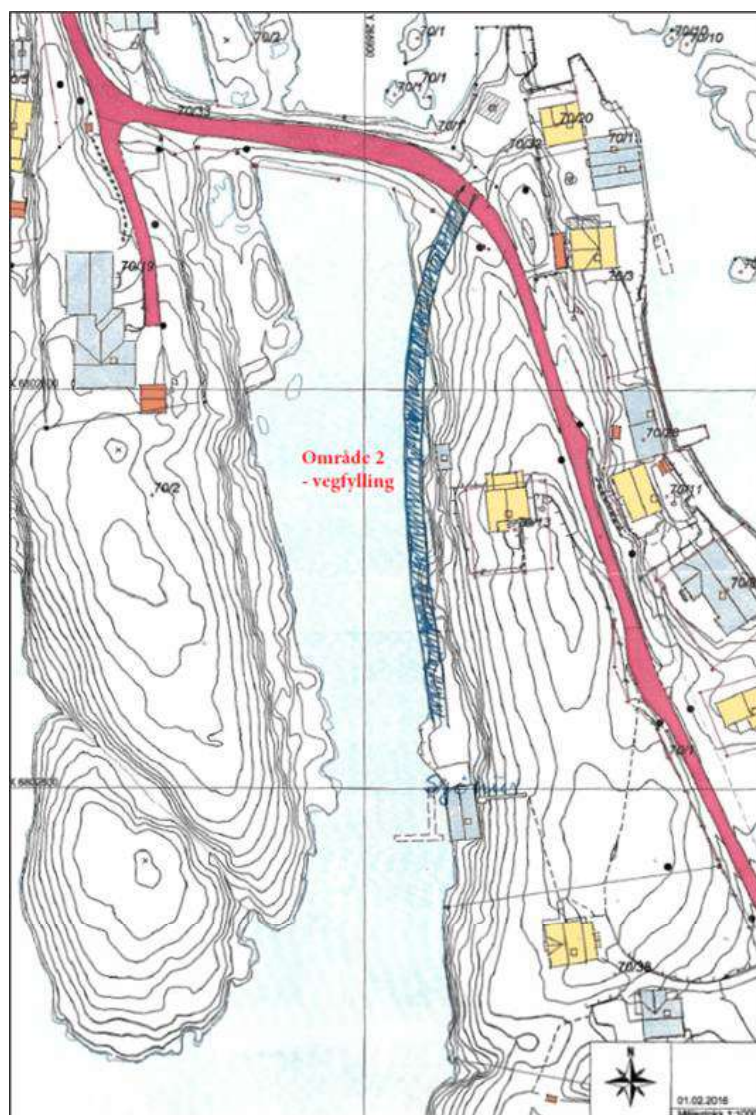


Figur 17: Bilda viser opsjonsområde 1, der bilde A (tatt mot søraust) viser nordlege delen av kaiområdet ved butikken. Bilde B (tatt mot aust) viser den sørlegaste av dei to holmane, medan bilde C (tatt mot nordaust) viser den nordlegaste holmen. Bilde D (tatt mot nord) viser bukta nord for den nordlege holmen, og nordlege grensa der fyllinga vil komme. Vassdjupna i dette området er relativt grunt.

3.3 Opsjonsområde 2; Veg på fylling på gbnr. 70/1

Her er det planlagt å legge ei fylling i ein posisjon om lag frå hovudvegen over sundet nord på Nikøy, langs austsida av bukta, sørover i ei lengd på ca. 150 m (sjå Figur 18 og Figur 19). Breidda på toppen av fylling har vi ikkje eksakt mål på, men denne må vere noko breiare enn sjølve vegbana. Sundet varierer i breidd frå ca. 45 m på det breiaste til ca. 20 m i området der den sørlege enden av fyllinga vil komme. Vassdjupna innan dei aktuelle delane av bukta er grunnare enn ca. 5 m, og svært grunn lengst nord i denne. Den innerste delen, ca. 60 m er på

draft registrert med vassdjupne under 0,5 m (sjå Figur 3). Næraste område med vassdjupne større en 10 m ligg sør for alle øyane og holmane i området, sør for Nikøy i ein avstand på ca. 950 m.



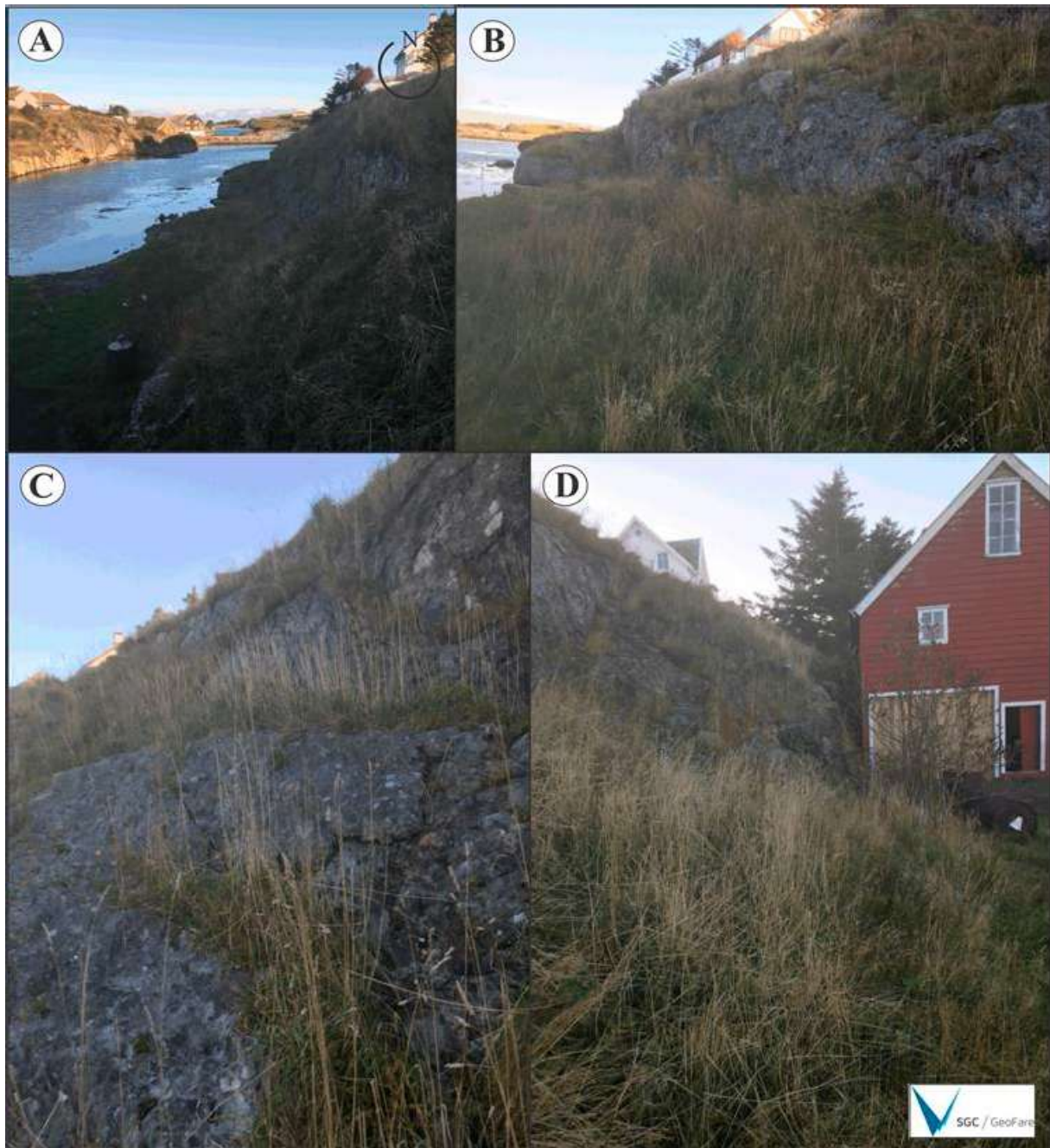
Figur 18: kartet viser den planlagde plasseringa av vegtrasèen, langs austsida av bukta, nord på Nikøy. Området ligg godt isolert frå havstrømmar. Vassdjupna er ikkje djupare enn ca. 5 m lengst sør, og berre 0,5 m i dei nordlegaste delane av bukta. Breidda varierer frå ca. 45 m på det breiaste, til ca. 25 m lengst sør der enden på vegen vil komme.

Dei geologiske tilhøva, bergartar og lausmassar i området er tilnærma lik den vi har beskrevet i Kapittel 1.4 og i Kapittel 3.1. Botntilhøva her antar vi er nokså like dei vi har beskrevet i dei to andre områda, men her kan det vere meir finkorna materiale. Dette fordi denne bukta ligg meir beskytta frå sterk vassgjennomstrøyming, slik at finkorna materiale kan ha hatt moglegheit til å akkumulere over tid. Samstundes er det her som dei andre stadane, nokså begrensa med sedimenttransport på grunn av lite tilgang til erosjonsmateriale. Det er å anta at det på grunn av begrensa tilgang til sediment er eit relativt tynt lausmassedekke på sjøbotnen, og at lausmassane inneheld ein relativt stor andel av skjelsand.

Langs austsida av sundet der fyllinga skal ligge, går fjellet nesten vertikalt opp frå sjøen enkelte stadar, opp til ei høgd på toppen 13 m o.h. Dei vertikale partia er om lag 5-8 m høge. Lengst mot sør (siste 60 m) fortset denne steile fjellveggen, men her er det ei tillegg fleire hyller oppover frå sjøen (Figur 19 og Figur 20). Vi kan ikkje observere lause parti som tilseier at det er fare for steinsprang, ned mot sjøen/fyllinga. Vi observerte heller ikkje steinblokker som var utrasa. Vi vil likevel anbefale at ei skredfarevurdering langs fjellhamrane her vert gjennomført etter at anlegget er ferdigstilt.



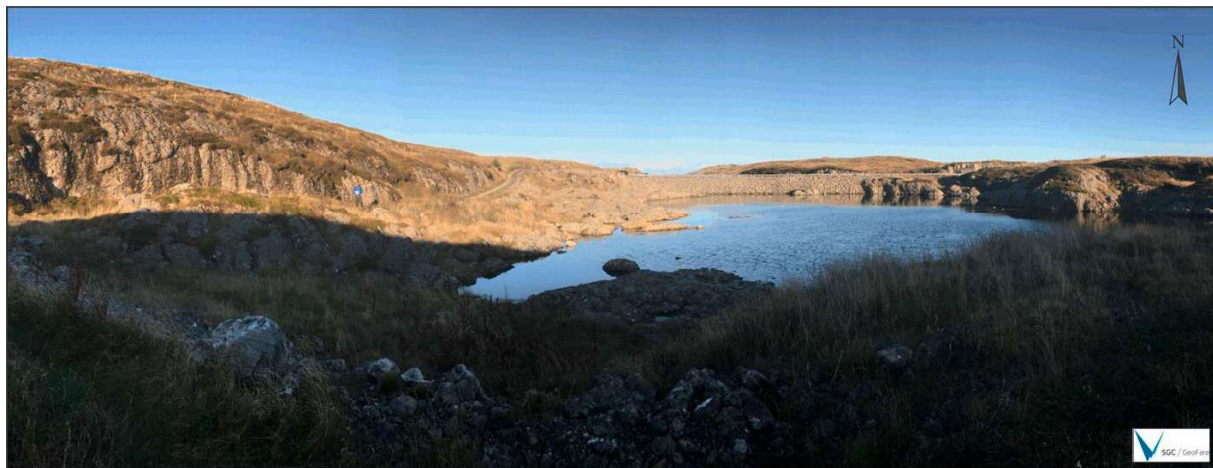
Figur 19: Bilda viser opsjonsområde 2, der bilde A (tatt mot nord) viser nordlege delen av bukta der vegen skal ligge langs austsida av bukta. Bildet er tatt om lag der enden på vegen og fyllinga kjem til å ligge. Bilda B og – C er tatt (mot sør) frå hovudvegen som kryssar sundet over til Nikøy i nord. Den innerste delen av bukta er registrert med eit vassdjup på ca. 0,5 m.



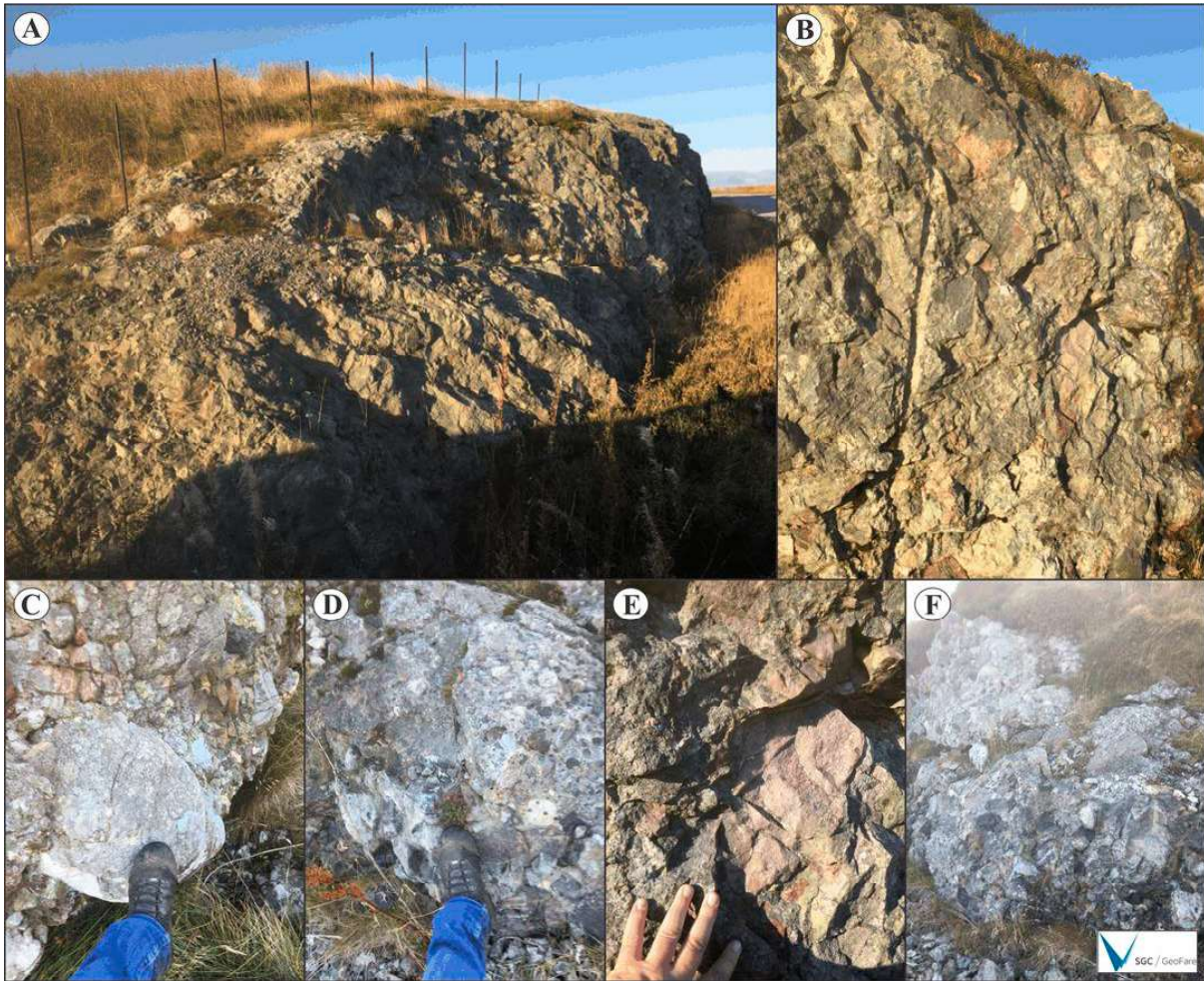
Figur 20: Bilda viser den bratte, stadvis vertikale fjellveggen som langs austsida av bukta, der vegen/fyllinga skal ligge. Stadvis ser vi at fjellet ligg som hyller skrått ned mot sjøen, mot nord. Dei siste 60 metrane av vegen mot sør, vil denne kunne ligge på desse hyllene. Enkelte stader kan vi observere sprekker i fjellet (bilde C), men det er ikkje registrert nedfall under fjellfoten.

3.4 Område for masseuttak, Engelvågen nord på Gjørøy

SGC undersøkte området nord på Gjørøy (sjå Figur 1a), lokasjonen der massane til fyllingane skal takast ut (Figur 21). Heile det undersøkte området består av sedimentære bergartar, der avsetningane består utelukkande av konglomerat (Figur 22). Bollematerialet i konglomeratet varierer i størrelse, men er dominert av klastestørrelsar på ca. 10-15 cm. Største observerte klastar er opptil ca. 70 cm langs lengste akse (Figur 22c).

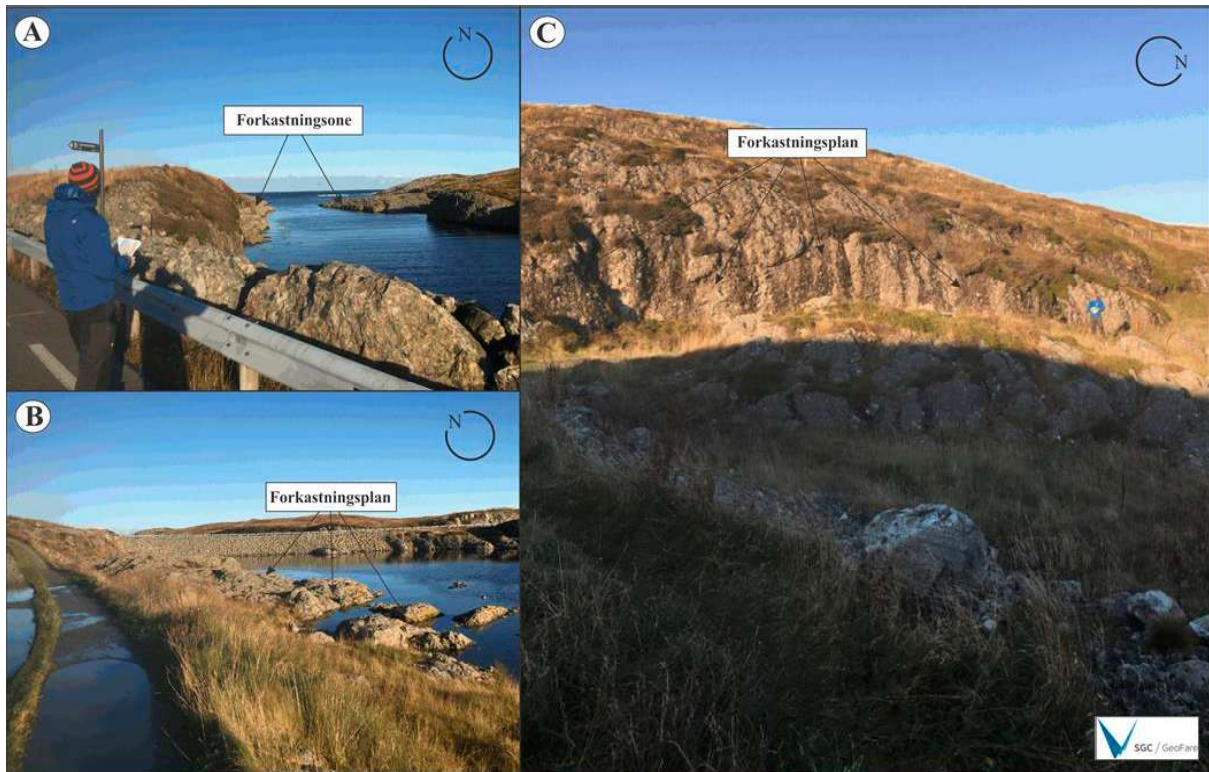


Figur 21: Oversiktsbildet viser området nord på Gjørøy der massane til fyllingane skal hentast. Området skal òg opparbeidast som ein industritomt.



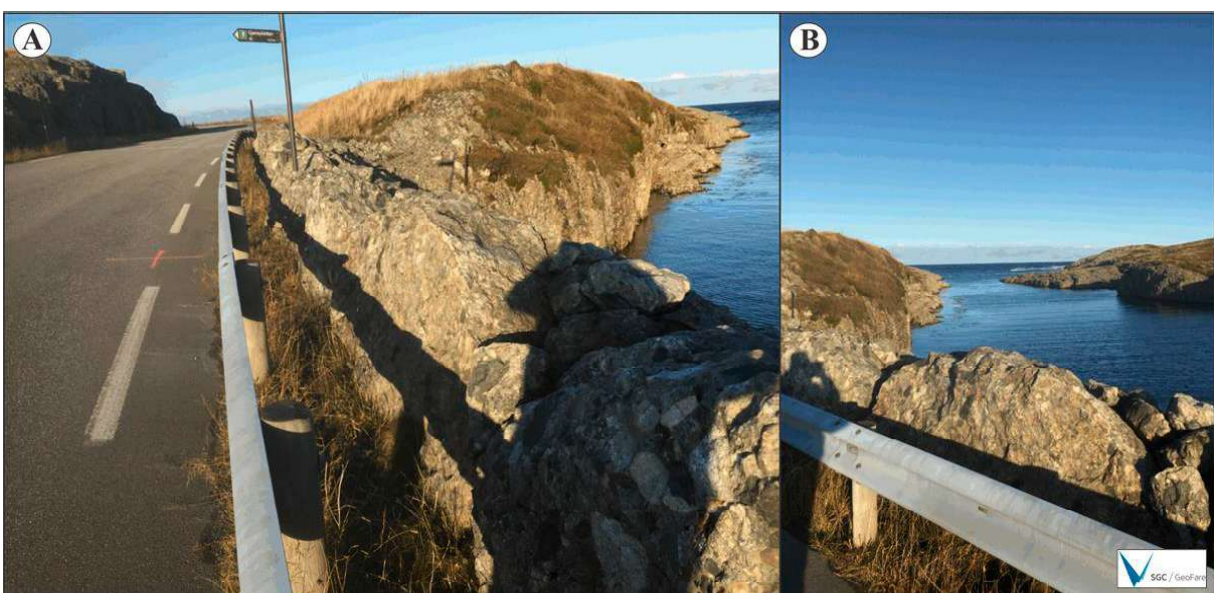
Figur 22: Bilda viser bergarten som dominerer i området. Konglomeratbollane viser variasjon i størrelse opptil ca. 70 cm langs lengste akse (bilde c). Den dominerande bollestørrelsen ligg mellom 10 og 15 cm, der alle bollane er godt runda.

Det ikkje observert utprega sprekksoner eller forkastningar i området, men morfologien i området, samt retninga på sundet i Engelvågen tilseier at sunda i området er definerte av forkastningar (Figur 23). Sunda som har ei orientering i nordleg retning (NNV-SSA) er forgreiningar i eit større forkastingsystem utvikla i Perm alder, for om lag 300 mill. år sidan. Forkastningane har seinare vorte reaktiverte gjennom fleire periodar med strekning og landheving, siste gong truleg etter at innlandsisen forsvann for om lag 10.000 år sidan.



Figur 23: Bilda viser forkastningar vi kunne observere i området (bilde a). Vågen nord for vegen er tolka som ei forkastningssone som definerer bredda på sundet. Lenger sør i området ser vi igjen forkastninga som definerer vestsida av sona (bilde c). Ned mot bukta observerte vi i av forkastningane i sona som går langs med sjøkanten (bilde b).

Fyllinga i vegen som kryssar over Engelvågen er plastra som vern mot bølgeaktiviteten (Figur 24), med blokker på 1-1,5 m³. Dette er blokker som er tatt ut lokalt. Blokkstørrelsen som her er brukt som plastring, vil sette ein standard for plastringane langs fyllingane på Nikøy, og spesielt fyllingsfoten lengst sør på Nikøy som vil vere mest utsett for bølgeaktiviteten frå det opne havområdet mot sør.



Figur 24: Bilda viser plastringa langs nordsida av vegfyllinga. Blokkene her har ein størrelse mellom 1-1,5 m³, og vernar vegen mot bølger som sler inn mot fyllinga.

KAPITTEL 4 – SONEAVGRENSING, KLASSIFISERING OG STABILITETSVURDERINGAR

4.1 Soneavgrensing og klassifisering

I dette kapittelet brukar vi metoden som er utarbeidd av NVE; *Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner* (Schanche og Haugen 2014). For å avgrense faresoner skal ein definere maksimalt antatt losneområde i høve utbreiing av kvikkleire, topografi, fjellforløp og liknande.

I området er det ikkje påvist finkorna lausmassar over havnivå. Øyane i Bulandet har generelt sett eit svært tynt humus-/lausmassedekke. Det er heller ikkje kartlagt finkorna fraksjonar som silt og leire (NGU-kart, sjå Figur 7). Bratte hellingar i området er i områda rundt dei større øyane, der det i hovudsak er bart fjell ned mot sjøen. Det er heller ikkje områder der det er observert større bekkar eller elvar som kan forårsake flaumskred eller flaum. Vi konkluderer med at det ikkje er områder inn mot dei undersøkte areala der det er fare for lausmasseskred.

Bergartane i området er svært harde og motstandsdyktige mot erosjon og mekanisk forvitring. I dei undersøkte områda er det nokre steile fjellveggar, men med relativt lite oppsprekking. Graden av oppsprekking i tillegg til relieffet tilseier at faren for steinsprang er svært liten. Ved arbeid i, og opparbeiding av nye fjellskjeringar, bør ein likevel undersøke om det er soner som bør sikrast, etter at arbeid i områda er avslutta.

Vi konkluderer med at undersøkingsområdet ligg utanfor faresone for områdeskred. Dermed fell også faregradsklassifiseringa ut.

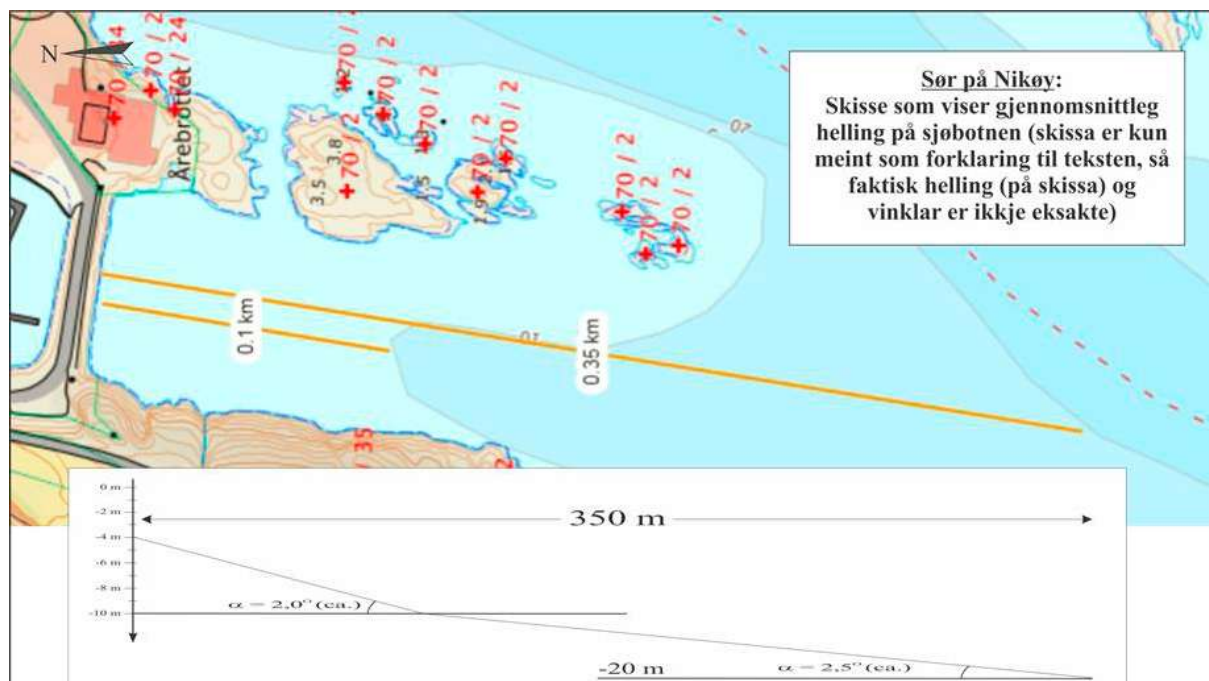
4.2 Grunntrykk og vurdering av stabilitet

Den geotekniske vurderinga skal avklare om stabiliteten i grunnen innan dei aktuelle områda er god nok til å tole utfyllinga av massar, tilført frå Kystverket si mudring og sprengsteinmassar frå Engelvågen, nord på Gjørøy. Det skal vidare vurderast om det er fare for sig, og at stabiliteten i fyllinga kan vere god nok for etablering av områda som framtidig næringsareal. Tilslutt skal det vurderast om fyllinga sør på Nikøy vil kunne påverke vegfyllinga som blir avgrensinga mot nord.

I Kapittel 1.4.2. gjer vi ei vurdering av kva type lausmassar som er forventa, og påvist i områda der fyllingane skal leggest ut. Uansett så kan vi ikkje med sikkerheit sei kva kornfraksjonar og kva tjuknad det er på lausmassane, før det er utført sonderboring i områda. Vi kan gjennomføre vurderingar basert på at vår kjennskap til området, er tilstrekkeleg å bruke som bakgrunn for å sei noko om stabiliteten.

For å kunne gjere ein overordna vurdering må vi vurdere topografien på sjøbotnen, at denne ikkje har bratte kantar i nærleiken av fyllingsfoten langs alle kantane av fyllingane. Ser vi på fyllinga sør på Nikøy, så hellar sjøbotnen svakt mot sør frå vegfyllinga der djupna anslagsvis er ca. 4-5 m, til eit område litt sør for den planlagde fyllingsfoten der djupnekoten er på -10 m (sjå Kapittel 1.2 og Figur 3). -20 m-koten ligg om lag 240 m sør for dette området igjen. Utrekna finn vi ein gjennomsnittleg hellingsgradient frå vegen/fyllinga til enden av den nye

fyllinga på ca. $2,1^\circ$, og ei helling vidare til -20 m-koten på ca. $2,4^\circ$. Gjennomsnittleg helling frå vegen og til -20 m-koten ca. 350 m lenger sør er ca. $2,6^\circ$. Det viser at det i området der fyllingsfoten skal plasserast er svært slak helling, og at foten i fyllinga vil vere stabil med omsyn til skråningsgradienten. Vi kan konkludere med at det ikkje vil vere fare for utglidingar som ei årsak av tilførde tyngder (Figur 25).

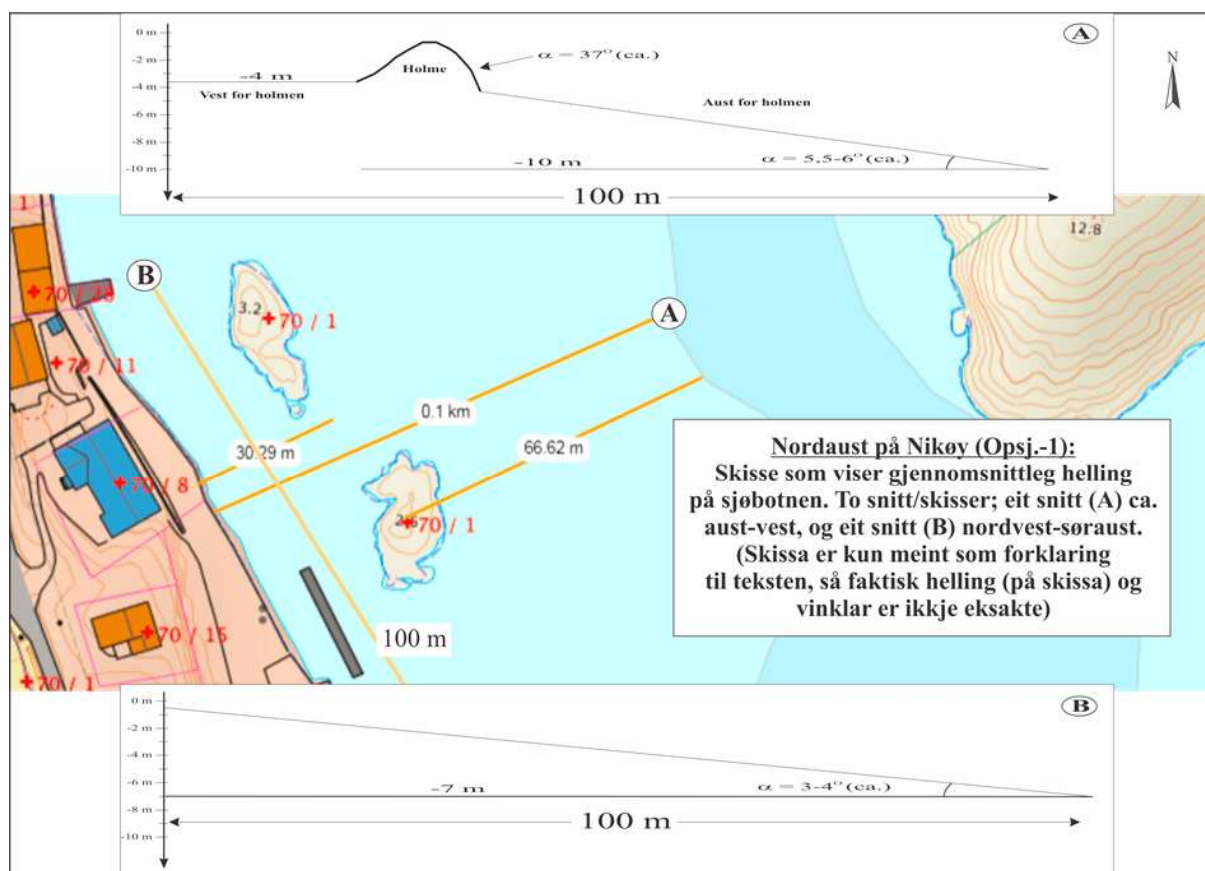


Figur 25: Skissa viser gjennomsnittleg hellingsgradient langs sjøbotnen frå vegfyllinga og til -10 m-koten (ca. 2°), og vidare til -20 m-koten (ca. $2,5^\circ$). Verken skissa eller berekningane er eksakte, men berekna v.h.a. trigonometri ut frå omtrentlege djupner, hellingar og avstandar i kartet. Kartkjelde: Statens kartverk..

Ser vi på området (Opsjonsområde 1) nord for butikken i Bulandet er botntilhøva fram til dei to holmane i aust, ein nokså flat botn med ei djupn på om lag 3-4 m. Sjøbotn stig opp mot holmane i aust. Den er nokså jamt hellande flate mot kaia i sør, og med nokså lågt relieff. Hellinga er berekna med ein vinkel mellom 3° og 4° frå nordvest mot søraust. sjå (Kapittel 1.2 og Figur 3). Avstanden til fyllingskanten frå kaia mot aust er om lag 30 m, medan kanten til -10 m-koten ligg ca. 100 m aust for kaiområdet, og ca. 65 m aust for fyllingsfoten. Gjennomsnittleg helling på sjøbotnen fram til fyllingsfoten er ikkje relevant i aust-vestretning då denne har ei skålform. Fyllingskanten frå holmane og austover mot -10 m-koten er på gjennomsnittleg på ca. 8° , og vil vere brattast inn mot holmane. Delar vi avstanden frå fyllingsfoten ved holmane, der djupna er på ca. 1 m på det grunnaste, og går bratt ned til om lag 4 m i løpet av ei lengd på 5 m, gir det ei helling på ca. 37° frå holmen, og ei gjennomsnittleg helling på dei siste 60 m fram til -10 m-koten på ca. $5,5^\circ$ - 6° (Figur 26).

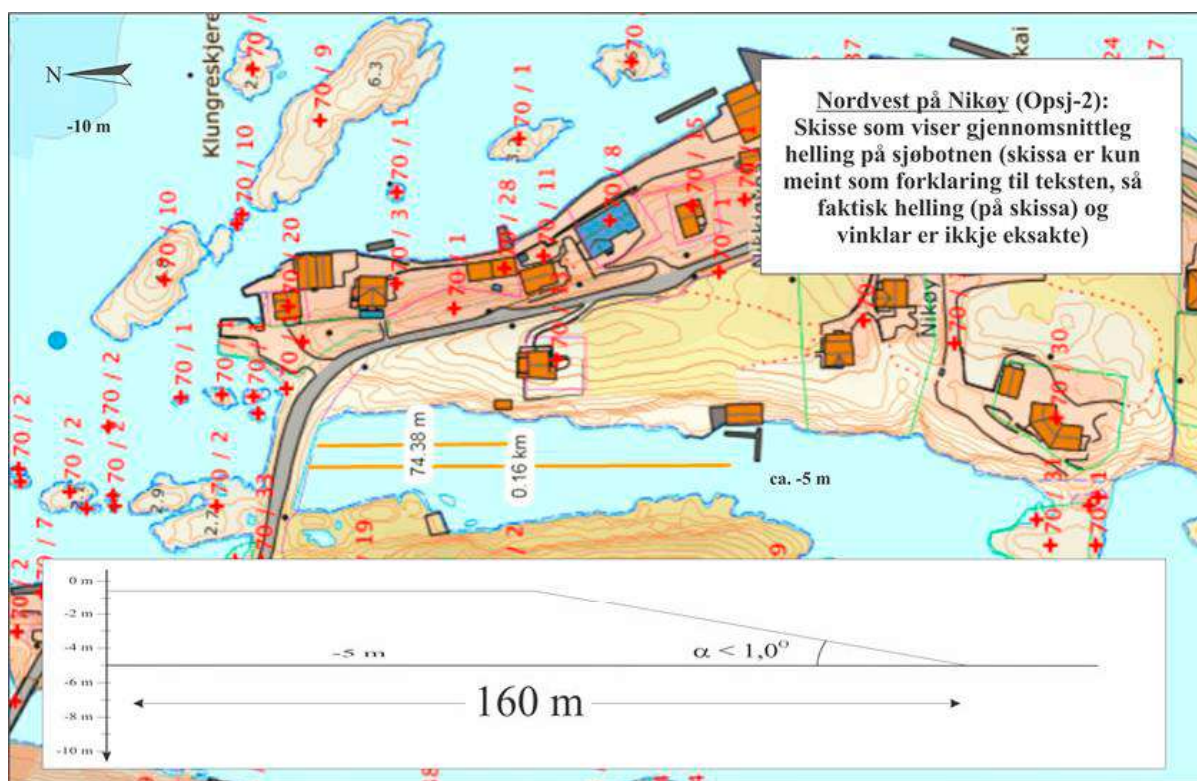
Med omsyn til hellingsgradienten frå holmane, austover til sjøbotnen flatar ut, kan det vere fare for ustabilitet i fyllingskanten. Dette kan kompensast ved at fyllingsfoten anten ligg vest for holmane, eller at den ligg så langt ute at foten og kanten ligg stabilt på grunn av lavare relieff på botnen (Figur 26). Generelt sett kan fyllingsfoten plasserast slik at det ikkje

vil vere fare for utgliding på grunn av hellinga på sjøbotnen. Om dei rette omsyna vert tatt, vil det ikkje vere fare for utglidingar som ei årsak av tilførde tyngder og hellinga på sjøbotnen.



Figur 26: Skissa viser gjennomsnittleg hellingsgradient langs sjøbotnen frå kaiområdet i vest og til -10 m-koten. Mellom kaia og holmane er sjøbotnen nokså flat, og stig oppover inn mot holmane (snitt A). Frå flata vest for holmane og austover til -10 m-koten er det ei berekna helling på 5,5°-6°. Helling rett aust for holmane er nokså bratt, mellom 40° og 35°. Langs snitt B har vi berekna ein gradient med helling på ca. 3°-4°. Verken skissa eller berekningane er eksakte, men berekna v.h.a. trigonometri ut frå omtrentlege djupner, hellingar og avstandar i kartet. (Kjelde www.Norgeskart.no).

Vågen nordvest på Nikøy (Opsjonsområde 2) er eit svært grunt og trangt sund (sjå Kapittel 1.2 og Figur 3). Her har nok truleg at akkumulasjonen av finkorna materiale over tid har vore større enn for dei andre to områda. Det kan forklarast ved at straumen i sundet har vore relativt lav på grunn av at denne ligg meir isolert. Likevel er det å anta at akkumulasjonen er relativt lav, då tilgangen til lausmateriale i området generelt sett er nokså begrensa sjølv over lange tidsrom. Djupna i sundet lengst nord, er oppgitt til 0,5 m, som går frå vegfyllinga og ca. 75 m mot sør. Ei djupne på -10 m ser vi først sør for alle øyane i denne delen av Bulandet. Sidan vi ikkje har tilgang til eksakt djup, brukar vi ei djupne på ca. 5 m i ein avstand på ca. 160 m sør for vegfyllinga, eller ca. 85 m sør for området der vassdjupna er på ca. 0,5 m. Vi bereknar at hellinga på sjøbotnen i dette området er under 1° (Figur 27). Det viser at det i dette området, som for dei andre to, kan fyllast nye massar inn, og at det ikkje vil vere fare for utglidingar som ei årsak av tilførde tyngder.



Figur 27: Skissa viser gjennomsnittleg hellingsgradient langs sjøbotnen frå vegfyllinga og til eit djup på ca. -5 m. Første delen (ca. 75 m, har eit oppgitt djup på om lag -0,5m. Dei siste ca. 85 metrane har ei berekna helling på mindre enn 1° lang sjøbotnen. Verken skissa eller berekningane er eksakte, men berekna v.h.a. trigonometri ut frå omtrentlege djupner, hellingar og avstandar i kartet. Kartjelde: Statens kartverk.

For vurderingar rundt stabilitet, tar vi utgangspunkt i at det truleg er relativt tynne stadbundne massar på sjøbotnen, og at desse generelt sett har ein kornfraksjon større enn finkorna sand. Her kan det vere lokale variasjonar, styrt av kor isolert eller ope områda er for strøymingar gjennom dei aktuelle sunda. Vi utfører vidare vurderingar og berekningar for kvart av områda.

Området sør på Nikøy utgjer eit areal på ca. 10.000 m². Mot vest grensar arealet mot sørlegaste delane av Nikøy, mot nord grensar den mot vegfyllinga over sundet til Årebrottet, og mot aust ligg den mot fleire holmar som ligg ut mot Nikøyosen. Det vil sei at fyllinga ligg open kun mot sør, der fyllingsforten på det djupaste vil ligge på eit djup mellom -10 m og -12 m.

Slik vi vurderer planane skal det i området samlast opp lausmassar som skal deponerast frå mudringa Kystverket har på planen å gjennomføre i Hovdesundet. Vi må anta at desse massane kan ha kornfraksjonar ned mot størrelsen på silt. Desse vil kunne legge seg stabilt i indre delar (nord) av bukta, der dei ikkje vert, eller vert lite påverka av strøymingar i sjøen. For å halde desse på plass må det lagast ein fyllingsfot mot sør som held massane på plass. Alternativt kan det lagast fleire dammar som vert fylte, med steinmassar som sperre sørover. På den måten vil ein kunne halde finkorna fraksjonar innelukka i desse småbassenga som vert bygde. Tilslutt legg ein alt igjen med fyllmassar av skotstein på toppen (sjå Kapittel 7).

Steinmassar som vert tilførde over den massane som Kystverket har lagt ned, må ein forvente vil bli påverka av sig på grunn av tilførde tyngd. Fyllinga bør difor overbelastast for at

innsiget i dei finkorna massane skal avta raskare. Ein kan då forvente at den største innsynkinga vil avta etter ca. 1,5 til 2 år (Rørvik 1982, Rørvik 1983). Siget i dei stadbundne massane er forventa å vere mindre dramatisk, då dette er forventa å vere massar som er delvis kompakterte gjennom mange år med strømmingar, oppløysing av skjellfragment med påfølgande kalsittsementering, samt lite tilførsel av nytt materiale.

Det vil vidare vere svært viktig at fyllingskanten som ligg mot open sjø, eller ope hav vert plastra slik at fyllinga kan motstå ekstreme vêr- og bølgetilhøve. Her kan plastringa langs vegen nord på Gjørøy vere retningsgjevande med omsyn til blokkstørrelse. Plastringa her er gjort etter dei retningslinjene Statens Vegvesen brukar på sine anlegg. Tilsvarande vil plastringa langs sørsida av eksisterande vegfylling mellom Nikøy og Årebrottet gje ein peikepinn på blokkstørrelsen brukt som plastring. Her er det viktig å påpeike at alle konstruksjonar i sjø; fyllingar, moloar o.s.v., må dimensjonerast for å tole belastningar dei vert utsette for (Norconsult 2015). Her vert det òg stillast stilt krav til kva materiale som kan ligge i kjerna, og kva materiale som ikkje bør ligge i ei kjerne (sjå Kapittel 7).

I Opsjonsområde 1 er fyllinga ca. 3000 m², og botntilhøva nokså lik med omsyn på straumtilhøve og lausmassar på sjøbotnen, som dei vi har beskreve i bukta lenger sør. Vêrtilhøva i dette område er ikkje forventa å vere tilsvarande ekstreme her, som lenger sør på Nikøy, då havbølger ikkje vil stå rett mot fyllinga. Det betyr at plastringa langs kantane av fyllinga ikkje treng å dimensjonerast tilsvarande som lenger sør. Likevel må fyllingskanten kunne tåle bølger inntil ein viss størrelse. SGC vil difor anbefale at tilnærma lik blokkstørrelse vert brukt på alle fyllingskantane, med samanlikning frå fyllinga sør på Nikøy. Det vil gje gode og svært stabile kantar/fot langs fyllinga.

Fyllingskanten mot søraust vil ligge på ein relativt lavvinkla sjøbotn. Mot aust bør fyllinga ligge inn mot holmane, der austlegaste delen ikkje ligg aust for ryggen definert av desse. Kjem vi aust for ryggen kan ein forvente nokså bratt helling ned mot eit djup på 4-6 m, og fyllingsfoten bør difor ligge tilsvarande langt mot aust. Her vil planane for kor langt aust toppen på fyllinga skal gå vere retningsgjevande for kor foten av fyllinga skal plasserast. Ligg foten lengst aust må det forventast at arealet på topp fylling vil kunne bli mellom 5000 m² og 5500 m².

I Opsjonsområde 2 kan det vere meir finkorna massar då denne bukta ligg, og har lagt i eit område meir isolert frå strøymingar gjennom buktene. I tillegg er denne bukta no heilt avsperra mot nord, aust og vest. Det vil heller ikkje vere fare for utrasingar mot sør, då sjøbotnen er svært lavvinkla. Tjukkare lag av lausmasse er forventa på sjøbotnen, og difor må ein forvente at tilførde massar vil synke meir inn i eksisterande sediment. Dette kan kompensast for, ved at det først vert tilført meir masse enn det som skal til for å lage vegfyllinga, som er forventa å ha eit areal på 1500 m². Ei slik forbelastning vil medføre at konsolideringa vi gå fortare, og ein opparbeider stabilitet mot innsynking over ein relativt kort tidsperiode, generelt på 1,5-2 år (Rørvik 1982 og 1983).

På grunn av hellingar på sjøbotnen først og fremst, og at sannsynet for at det er leire / silt i området som minimal, vurderer vi stabiliteten med omsyn til utrasing i alle tre områda, som svært god. Litt innsynking kan forventast, men den kan motverkast ved å forbelaste fyllingane over ein periode 1,5-2 år. Alternativt kan det settast måleinstrument på fyllingane som vil

kunne gje opplysningar om når ei innsynking har stoppa opp, og ein eventuell byggeprosess kan starte.

Vi tar utgangspunkt i volum på tilførde massar, samt vurderingar rundt plastringa og fyllingsfoten til fyllinga på søre Nikøy. Vidare brukar vi skjønn på andre vektorer som vil utøve trykk mot grunnen, Frå våre berekningar vil fylgjande vektorer vere retningsgjevande:

- Fyllmassane sør på Nikøy dekkjer totalt eit areal på ca. 10.000 m², med eit berekna volum på ca. 100.000 m³. I tillegg kjem dei andre areala, som er noko mindre.
- Naturstein skal leggjast langs kantane av fyllingane, som utgjer ei lengd langs toppen, og djupne på (lengd/største djup):
 - 1) Sør på Nikøy: 75-80 m / ca. 12 m
 - 2) Opsjonsområde 1: 150-200 m (dette avheng kor fyllingskanten vert lagt i forhold til djup og holmane i området) / mellom ca. 4 m og 7m.
 - 3) Opsjonsområde 2: ca. 160 m / mellom 0,5 m og ca. 5 m

Høgda på fyllingane er styrt av maksimal framtidig forventa havnivå, som er gitt for forventa stormflo i samsvar med normalen i år 2000, med nominelt årleg sannsyn på returnivå i år 2100 på 211 cm (1/20), 224 cm (1/200) og 232 cm (1/1000) i Bulandet (sjå Tabell 2). Det vil sei at største høgda over havnivå på fyllingane bør ligg minst 232 cm over middel havnivå. Då er det kun tatt høgde for havnivåendringar og maks stormflo. Vidare veit vi at ei stormflo gjerne er knytt til periodar med sterke lågtrykk, som igjen er forbunde med uvêr. Bølgehøgder inn mot fyllingane, og spesielt den sør på Nikøy, må takast inn i betraktninga når endeleg høgde på fyllingar og bølgevern skal bestemmast.

Muren langs fyllinga sør på Nikøy vil vere ca. 80 m lang tvers over sundet, og ha ei høgde på ca. 12 m opp til havnivå. I tillegg kjem påslag for stormflo (232 cm), samt ei gitt bølgehøgde på toppen av dette. Bølgehøgder har vi ikkje data på, men det må takas med i den endelege planlegginga med omsyn til høgde.

Nedanfor syner Tabell 4 ei oversikt over fordeling av laster, fordelt på berekna areal. Her tar vi utgangspunkt i største høgde som grunntrykk fordelt pr. m². Vektorer som då vert gitt vil stort vere mykje høgare enn det reelle grunntrykket. Verdier for vektorer er henta frå tabellar, der eigenvektor gir grunnlag for grunntrykk i våre stabilitetsvurderingar.

Tabell 4: Oversikt over laster fordelt på berekna areal. Verdiane er ikkje eksakte, men eit anslag tatt utfrå berekna areal. Eigenvekt på massar; fyllmassar av skotstein, og massar frå mudring er sett til 2500kN/m³, noko som truleg er høgt for dei mudra massane.

Lokasjon	Volum	Areal	Vekt (kN)	Vektfordeling (kN/m ²)
Nikøy (sør)	100.000 m ³	10.000 m ²	2451663 kN	245,17 kN/m ²
Opsjonsområde 1	15.000 m ³	3.000 m ²	367750 kN	122,58 kN/m ²
Opsjonsområde 1	27.500 m ³	5.500 m ²	674207 kN	122,58 kN/m ²
Opsjonsområde 2	4.500 m ³	1.500 m ²	110325 kN	73,55 kN/m ²

Tabell 5: Oversikt over laster fordelt på berekna areal langs kantane av fyllmassane. For fyllinga på Nikøy antar vi at det ligg ein veg langs fyllingskanten. Verdiane er ikkje eksakte, men eit anslag tatt utfrå berekna areal. Eigenvekt på massar; fyllmassar av skotstein er sett til 2500kN/m^3 .

Lokasjon	Lengde/ Største høgde (frå sjøbotnen)	Areal (breidd på toppen)	Største vekt mot sjøbotnen (kg/m^2)	Største trykk mot sjøbotnen (kN/m^2)
Nikøy (sør)	80 m / 15 m	400 m^2 (5 m)	37.500 kg/m^2	$367,75\text{ kN/m}^2$
Opsjonsområde 1	150 m / 7 m	300 m^2 (2 m)	17.500 kg/m^2	$171,62\text{ kN/m}^2$
Opsjonsområde 1	200 m / 10 m	400 m^2 (2 m)	25.000 kg/m^2	$245,17\text{ kN/m}^2$
Opsjonsområde 2	160 m / 8 m	320 m^2 (2m)	20.000 kg/m^2	$196,13\text{ kN/m}^2$

Ved å bruke den berekna totalvekta kjem vi ut med eit høgste grunntrykk på $367,75\text{ kN/m}^2$. Dette kan vere noko høgt i og med at vi ikkje har oversikta på alle variablane. At vi har for høge verdier er positivt med tanke på stabilitetsvurderinga.

Korrelert med resultat frå tidlegare arbeid i området (Kapittel 2), samt data frå vårt område (Kapittel 4.1) kan vi med stort sannsyn anta at vi ikkje har leire i området der dei nye fyllingane skal byggast ut. For å kunne sei dette med sikkerheit, må det sonderborast til fast fjell.

Utfrå korleis dei fyllingane i dei tre områda er plassert i forhold til støtte mot fast land (holmar, øyar, og eksisterande vegfyllingar), samt hellinga på sjøbotnen, ser vi ikkje at det vil kunne vere risiko for utglidingar under fyllmassane. Det vil kunne vere ein viss risiko for innsynking. Kor stor innsynking som vil kunne inntreffe er vanskeleg å sei. Basert på at lausmassane vi har beskrevet frå området i hovudsak er friksjonsmassar, og at desse er relativt tynne, vil det vere begrensa innsynking i dei stadbundne massane.

Om det vert deponert mudra massar frå Hovdesundet i sundet sør på Nikøy, vil innsynking her vere styrt av kor mykje massar som vert deponert. Det vil òg vere styrt av korleis deponibassenget vert tillaga (sjå forslag i Kapittel 7).

Vegfyllinga mellom Nikøy og Årebrottet vert ikkje påverka av fyllinga mot sør, anna enn at den nye fyllinga vil ligge i kontakt med denne. Den nye fyllinga vil ikkje kunne påføre horisontalt press (trykk) mot denne, større enn det den vert utsett for i dag. Vegfyllinga er allereie godt stabilisert over lang tid, og det vil vere svært små, nye krefter som vil kunne påverke den. Vi vil anbefale at vegfyllinga vert liggande slik den er i dag. Vi kan heller ikkje sjå at det vil vere behov for å gjere framtidige endringar med den.

Sidan vi ikkje har data på lausmassane, om det er finkorna massar i grunnen, kan vi heller ikkje gje vurderingar på skjerstyrker og materialkoeffisientar, slik det er beskrevet av

Schanche & Haugen (2014). Vi vil likevel på generelt grunnlag kunne sei noko om brotstyrken i lausmassar med ulike kornfraksjonar. Her må det òg takast i betraktning at næraste brattkant på sjøbotnen ligg meir enn 100 m vekk frå foten av fyllinga sør på Nikøy (sjå Figur 25), noko som viser at det er god avstand områder der det kan vere fare for ustabilitet.

Verdiane som er brukte er frå siltig leire (Tabell 6), som er finare kornfraksjonar enn det vi har registrert og antar er å finne innan dei aktuelle områda, der finaste kornfraksjon er antatt å vere veldig fin sand. Sedimenta som er vist i tabellen har liten til ingen sprøbrotegenskapar. Øvste maksimale grunntrykk for stein og blokk (og morenemateriale) er vanleg å sette til 800 kN/m², for sand og grus er det 500 kN/m² medan for silt og (fast) leire ligg det rundt 300 kN/m² (Bolton 1986: Tabell 2).

Tabell 6: Tabellen viser øvste maksimale grunntrykk som er vanleg å sette til dei ulike kornstorleikane. Basert på Bolton, 1986.

Kornstorleikar	Øvste maksimale grunntrykk
Stein og blokk	800 kN/m ²
Sand og grus	500 kN/m ²
Silt og leire	300 kN/m ²

Det er påvist lausmassar (gjennom observasjonar/tolkningar) i området med fraksjonar av svært fin- til fin sand og grovare. Her er det å forvente eit høgt innhald av skjelfragment. Desse vil relativt raskt medføre kalsittutfelling og sementering, slik at lausmassane vert/er relativt godt konsoliderte.

Tilgangen til sediment, samt vurderingar av akkumulasjonstilhøva, tilseier at sannsynet for finkorna materiale er minimal. Likevel kan ein ikkje utelukke moglegheita for at lommar av silt og leire kan forekomme i områder der havstraumar inne i sundet er svake. Eventuelle lommar som dette av silt og leire vil ikkje utgjere noko fare for områdeskred, men eventuelt lokale settingar ved påførde belastningar.

Dette er i eit område der porene i underlaget er konstant vassmetta noko som også påverkar stabiliteten. For å legge seg på den sikre sida er det dermed viktig å ikkje ha for høgt fundamenttrykk, noko vi ser kan vere kritisk langs enkelt lokale punkt der fyllingane er på tjukkaste. Dette kan kompensast ved forbelastning, overbelastning over eit tidsrom på 1,5 til 2 år, før fyllingane vert endeleg planerte. Sidan vi viser til at det ikkje vil vere fare for områdeskred, er det kun innsynking over eit gitt tidsrom som er å forvente.

Underlaget består truleg av gode friksjonsmassar som skal tole eit grunntrykk større enn 300 kN/m² og 500 kN/m². Likevel må ein ta atterhald om det kan forekomme lommar av silt og leire, og set difor maksimale fundamenttrykk til 300 kN/m². Dette vil kunne vere eit problem langs delar av fyllinga lengst sør i sundet mellom Nikøy og Årebrottet, der grunntrykket er forventa å kunne gå over 360 kN/m². Det høge grunntrykket kan motverkast og sikrast ved at plastringa dette gjeld for, d.v.s. fyllinga sør på Nikøy, har ei helling mindre enn 1:1,3-1:1,4 som er kravet for fyllingar i sjø (Norconsult 2013). Dermed vil foten på fyllinga komme

lenger ut mot sør, og vil ha ein stabiliserande effekt på heile fyllingskanten, og heile underlaget under den tjukkaste delen av fyllinga. Ved ein lavare hellingsvinkel vil òg plastringa ha betre effekt med omsyn til bølgeaktiviteten som er forventa mot plastringa, og heile fyllinga vil oppnå den naudsynte stabiliteten.

KAPITTEL 5 – SIKKERHEITSKRAV FOR PLANLAGTE TILTAK

Sikkerheitskrav avheng av kva slag tiltaksklasse ein har og sonen si faregrad (Schanche og Haugen 2014). Fyllingane fell innanfor tiltaksklasse K1/K2 som gjelder for tiltak som medfører terrenginngrep og anlegg av begrensa størrelse, eller K3/K4 dersom det skal byggast større anlegg på fyllingane.

I Kapittel 4 konkluderer vi med at tiltaket ligg utanfor faresone for områdeskred dermed utgår faregrad og sikkerheitskrav.

KAPITTEL 6 – VURDERING AV GEOTEKNISK KATEGORI OG PÅLITELEGHEITSKLASSE

Kva type anlegg (kai, bygningar, o.s.v) som skal byggast i området er avgjerande for vurderingar som går på kategori pålitelegheitsklasse, der ein må gjere vurderingar som går på vidare kontroll av geoteknisk arbeid (Direktoratet for byggkvalitet, 2015: Tabell 7, -8, og -9). Vurderingar er gjennomført med bakgrunn av skildringar frå tabell Na.Al (901) i Eurokode 0, om rettleiande klassifisering av tiltak i pålitelegheitsklassar, der desse legg grunnlag for om vidare kontroll av ein tredjepart er naudsynt eller ikkje (Direktoratet for byggkvalitet, 2015).

Ifølge norsk standard om geoteknikk skal kontroll av prosjektering omfatte påvising av at det er gjort kvalifiserte undersøkingar for å bestemme kategori- og pålitelegheitsklasse. Pålitelegheitsklassane skildrar sikkerheitskrav som må iverksetjast. Det skal ligge til grunn at føresetnadar i prosjekteringa som er representative for forholda på byggeplassen, og at rapportering skjer i henhold til geoteknisk kategori. § 14-2; obligatoriske krav om uavhengig kontroll skal vise at det er gjort kvalifiserte undersøkingar for å bestemme geoteknisk kategori og fastsetting av pålitelegheitsklasse (Direktoratet for byggkvalitet, 2015). Kontrollkravet for utføring er avgrensa til at geotekniske oppgåver er gjennomført og dokumentert.

Tabell 7, -8, og -9 viser kva krav som vert stilte til kategori- og pålitelegheitsklassane, kva krav som gjeld for ulike kategoriar bygg med tilstøytande risikoar.

Tabell 7: Utdrag frå tabell NA.Al (901) i Eurokode 0, Ref. 21 om rettleiande klassifisering av tiltak i pålitelegheitsklassar.

Rettleiande eksemplar for klassifisering av byggverk, konstruksjonar og konstruksjonsdelar	Pålitelegheitsklasse (CC/RC)			
	1	2	3	4
Kai- og hamneanlegg.		X	(X)	
Grunn- og fundamenteringsarbeid (og undergrunnsanlegg) ved enkle og oversiktlege grunnforhold.	X	(X)		
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid.	X			

Tabell 8: Geoteknisk kategori, konsekvens- og kontrollklassar, Ref. 21 og 22. For kompliserte byggverk/prosjekt (geoteknisk kategori 3) bør utvida kontroll utførast av uavhengige føretak. I øvrige tilfelle kan kontrollen utførast som utvida kollegakontroll.

Konsekvens- / pålitelegheits-klasse	Tilhøyrande geoteknisk kategori	Tilhøyrande kontrollklasse	Beskriving	Eksempel på bygg og anlegg
CC1 / RC1	1	B (Begrensa)	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlege økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar	Landbruksbygningar og liknande, der menneske ikkje oppheld seg (f.eks. lagerbygningar)

CC2 / RC2	2	N (Normal)	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelege økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar	Boligar og kontorbygg, offentlege bygningar der konsekvensane av brudd er betydelege (for eks. et kontorbygg)
CC3 / RC3	3	U ¹ (Utvida)	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar	Tribuner, kjøpesenter, offentlege bygningar der konsekvensane av brudd er store (for eks. ein konserthall)

Tabell 9: Kontrollklassar etter tabell NA.A1 (902), Eurokode 0, Ref. 21.

Pålitelegheitsklasse (CC /RC)	Kontrollklasse
1	B (Begrensa)
2	N (Normal)
3	U (Utvida)
4	Skal spesifiserast

Dei aktuelle fyllingane kan passe inn i same beskrivinga som *kai og hamneanlegg*, og/eller *grunn- og fundamenteringsarbeid (og undergrunnsanlegg) ved enkle og oversiktlege grunnforhold*. Utifrå Eurokode 0 plasserast dermed anlegget omsynsvis i konsekvensklasse **CC2** og **CC1** i stabilitetsvurderingar (Ref. 21 om rettleiande klassifisering av tiltak i pålitelegheitsklassar). Konsekvensklasse CC2 tilhøyrer kontrollklasse N (Normal); middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelege økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar. CC1 tilhøyrer kontrollklasse 1 (Begrensa); liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlege økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvensar.

Utifrå desse kvalifiseringane er det krav for normal kontroll av geoteknisk vurdering. Her er det ikkje krav om ein tredjeparts kontroll. SGC vil følge denne klassen og anbefaler kun begrensa til normal kontroll av anlegget, som tilseier at internkontroll er tilstrekkeleg.

KAPITTEL 7 – FORSLAG TIL SIKRINGSTILTAK

Gjennom stabilitetsvurderingane basert på tilgjengeleg data, har vi vist at grunnen under fyllingane, er stabile utan at det vert gjort større tiltak. Vi vil likevel anbefale at alle fyllingane vert forbelasta ved å tilføre meir massar enn det som skal brukast til å planere området. Alternativt kan ein bruke andre formar for belastningar. Dette for at innsynkinga i det øverste ukonsoliderte laget på sjøbotnen skal gå raskare. Lausmassane på sjøbotnen er forventa å vere tynt, med ein kornfraksjon grovare enn fin sand. I tillegg er det forventa at det gjennom tid har vore relativt rask konsolidering på grunn av høgt innhald skjellfragment. Skjellfragment inneheld kalk som vil løyse seg opp forholdsvis raskt, og medføre kalsittsementering.

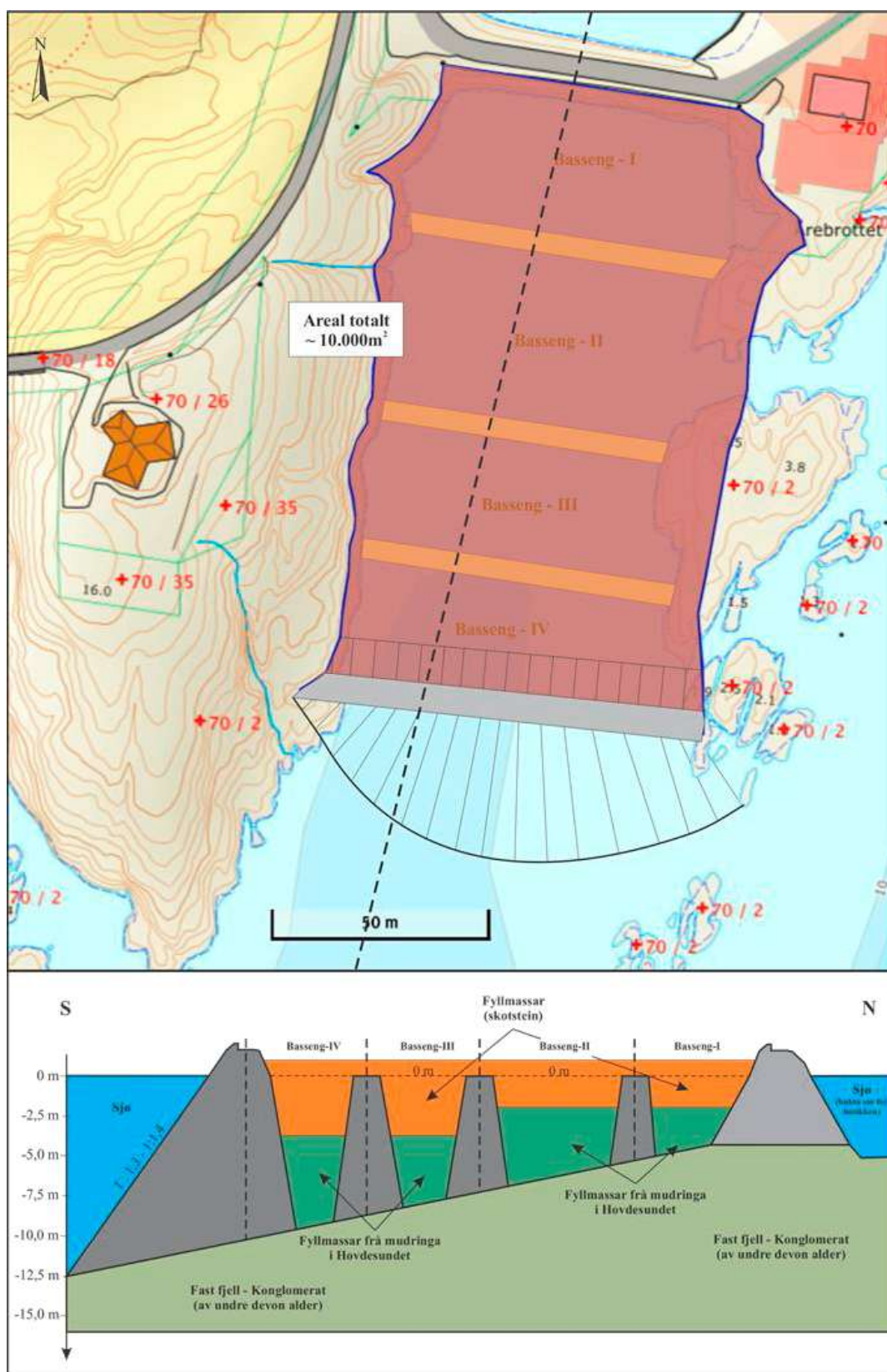
Massane som Kystverket skal mudre opp i Hovdesundet skal etter planen deponerast i sundet mellom Nikøy og Årebrottet. Vi har ikkje oversikt over kor stort volum som etter planen skal deponerast, vi veit heller ikkje kva kornfraksjonar massane vil innehalde. For at massane skal ligge stabilt vil vi anbefale at det vert tillaga mindre basseng i vågen (Figur 28), der massane vert lagt ned. Størrelsen på kvart basseng, samt kor mykje masse som skal leggst ned, vert det ikkje stilt krav til. Uansett, bør ikkje massane vere tjukkare enn at dei ligg godt under middel havnivå, og at det vert tilført steinmassar over kvart basseng etter kvart som desse vert fylt opp. Det betyr at kvart basseng må avgrensast av steinfyllingar som vil tåle trykket frå dei deponerte massane. Kvart basseng bør overbelastast ved at det vert tilført meir masse enn det som trengs for utplaneringa av topp-nivået på fyllinga. Her er det viktig å påpeike at alle konstruksjonar i sjø; fyllingar, moloar o.s.v., må dimensjonerast for å tole belastningar dei vert utsette for (Norconsult 2013). Her vert det òg stillast stilt krav til kva materiale som kan ligge i kjerna, og kva materiale som ikkje bør ligge i ei kjerne.

Kanten på alle fyllingane bør avsluttast med ei plastring som skal tole belastningar frå bølger, med ein energi som tilsvargar ei 100-årsbølge. Størrelsen og energien på bølger vil vere avhengig av om området vender mot ope hav, eller ikkje. I isolerte områder med omsyn til ope hav, vil størrelsen og energien på bølger naturleg vere lavare enn i områder som ligg avskjerma mot store bølger.

Blokkene som skal brukast som plastring må ikkje vere skifrige eller oppsprukne. Blokker som er godt egna som plastring vil vere av bergartar som gabbro, gneis, granitt og liknande. Konglomeratet som er tenkt brukt til fyllingane, vil òg vere godt eigna som blokker til plastringa. Desse har høg eigenvekt (ca. 2.600 kg/m³), vil kunne vere massive utan sprekker. Som skotstein vil dei kunne takas ut som kantete blokker med eigna størrelsar.

Kjernemassar i fyllingskanten mot sjø må ikkje innehalde (Norconsult 2013); leire, silt jord eller aske. Dei må heller ikkje innehalde metall, forureinande massar eller anna finstoff. Sprengstein og betongrestar kan brukast i kjerna. Det same kan sand, elvegrus og rullestein, men vi reknar det som lite truleg at dette er aktuelle massar til bruk i området.

Det er viktig at materialet som vert brukt til plastring vert lagt opp slik at straum og bølger ikkje kan rive laus delar av materialet som skal verne fyllingane. Skal vi utarbeide meir detaljar med omsyn til krav og føringar for bygging av fyllingskantar som her er aktuelt, må dette utarbeidast som eit eige prosjekt i forkant av oppstart.



Figur 28: Figurer viser forslag til korleis fyllinga i sundet mellom Nikøy og Årebrottet kan byggast opp, då med omsyn til at delar av fyllinga skal innehalde mudra massar frå Hovdesundet.. Det er å anbefale at det vert tillaga fleire basseng som vert fylte av muddermasse før en legg fyllmassar av skotstein over. Størrelsen på bassenga må vurderast under utbygginga. Plastringa lengst sør på fyllinga bør ha ei helling på 1:1,3 – 1:1,4, og vere tilpassa å kunne tåle energien frå ei 100-årsbølge.

Våre vurderingar tilseier at dei svakaste delane i lausmassane under anlegget kan tole eit grunntrykk på 300 kN/m^2 . For å ikkje overbelaste eventuelle finkorna soner i sedimentpakken, men som ikkje er påvist, anbefalar vi at grunnen ikkje vert belasta med trykk som overstig 300 kN/m^2 . I samsvar med våre generelle vurderingar vil det likevel vere ein del høgre enn det faktiske trykket grunnen skal utsettast for, med unntak av dei tjukkaste delane i den ytterste delen av muren/plastringa der høgste trykk kan komme opp i 370 kN/m^2 (sjå Kapittel 4.2, Tabell 5). Vi antar at lausmassar under fyllingskanten vil vere stadbundne massar, med ein forholdsvis grov kornfraksjon. I tillegg vil foten dekke eit så stort areal på sjøbotnen at denne vil ha ein stabiliserande effekt. Før anlegget startar opp, bør det utarbeidast ein detaljert plan på opparbeidinga av plastringa langs kanten av fyllinga lengst sør i bukta mellom Nikøy og Årebrottet (j.fr. langs sørlege delen av 'Basseng-VI', i Figur 28).

Steinfylling og murar vil kunne synke litt inn i massane. Den største innsynkinga vil då føregå i tida rett etter at fyllinga er lagt ned, men vil kunne forvente å ha litt sig i massane inntil 1,5 til 2 år (Rørvik 1982 og Rørvik 1983). Fyllinga kan forbelastast ved at det vert lagt ut meir masse enn det som trengs for å kompaktere underlaget raskare. Køyning med anleggsmaskiner på området vil òg medføre at innsynkinga går raskare og dermed vil grunnen stabilisere seg over kortare tid.

Foten på plastringane må vere tillaga slik at det ikkje er fare for utgliding langs denne, og ha ei anbefalt helling i sjø på 1:1,3 – 1:1,4. Det bør difor lagast ein fot under muren, som er brei og stabil nok til at heile muren ligg stabilt etter at anlegget er ferdig.

Det er viktig å understreke at nemnde tilrådingar berre er forslag frå SGC si side, og endeleg avgjersle på val og dimensjonering av tryggingstiltak bør gjerast av aktørar som har spesialkompetanse på dette. SGC har imidlertid sentral godkjenning for prosjektering i tiltaksklasse 3 (Direktoratet for byggkvalitet) og våre forslag kan i utgangspunktet leggst til grunn for utforming og dimensjonering av eventuelle sikringstiltak. Dersom oppdragsgjevar ellerbyggingsentreprenør av ulike årsaker vil gå for alternative tiltak bør dette likevel baserast på dei geologiske forholda i området, som vi har dokumentert i vårt faresonekart. Vår vurdering av grunnen er gjort med utgangspunkt i noverande, naturgjevne forhold. Eventuelle menneskelege inngrep i området i framtida kan endre desse og då vil også graden av stabilitet kunne bli endra. All utbygging, sjølv sagt inkludert eventuell utbygging av dei føreslåtte sikringstiltaka i seg sjølv, bør difor skje i samråd med kvalifisert personell.

KAPITTEL 8 – KONKLUSJON

Sunnfjord Geo Center si vurdering av grunnforholda ved tre aktuelle fyllingsområder i Bulandet er vurdert. Dette gjeld for området i sundet mellom Nikøy og Årebrottet lengst sør på Nikøy, i eit område rett nord for butikken i Bulandet (midt på Nikøy), samt eit område lengst nordvest på Nikøy der det skal leggest ei sjøfylling i samband med bygging av ein 60 m lang veg. Alle fyllmassane skal hentast frå eit uttak i Engelvågen, lengst nord på Gjørøy. I tillegg skal Kystverket etter planen legge mudra massar frå Hovdesundet i eit tenkt deponi i sundet mellom Nikøy og Årebrottet.

Volumet av lausmassar i sunda mellom øyane er med bakgrunn i; straum- og akkumulerings-tilhøva, tilgang til lausmassar, samt tilgangen til erosjonsprodukt frå dei serdeles harde bergartane i Bulandet, tolka til å vere svært begrensa. I tillegg er det mykje skjelsand på sjøbotnen, noko som medfører ei relativt kort konsolideringstid i dei avsette lausmassane. Det er ikkje gjennomført sonderboringar til fast fjell på dette stadiet i prosjektet. Med utgangspunkt i tilgangen til lausmassar, og tilhøva med omsyn til akkumulering forventar vi at laga av lausmassar på sjøbotnen er relativt tynne.

Om lag heile Bulandet ligg under marin grense, men det er ikkje påvist spor etter leire eller andre finkorna fraksjonar, på land nokon stadar på Nikøy. Det er heller ikkje kartlagt anna lausmasse enn eit svært tynt humusdekke i heile Bulandet.

Hellingane på sjøbotnen i dei tre undersøkte områda er lav, og overstig ikkje 7° i områder som ligg grunnare enn -20 m-koten. Tatt i betraktning hellinga, antatt volum og tilstanden på lausmassane, er det ikkje fare for utløyssing av områdeskred i samband med utlegging av fyllmassane i dei tre områda.

Utfrå våre berekningar av grunntrykk mot sjøbotnen har vi brukt eigenveka til skotstein (ca. 2.500 kg/m³) som referanse for maksimale tyngder som kan bli påført lausmassar på sjøbotnen. Tjukkaste berekna masse ligg langs delar av kanten på fyllinga lengst sør på Nikøy, der det er antatt ei høgde frå toppen av fyllinga og ned på sjøbotnen på ca. 15 m. Høgste forventa trykk kan utgjere ca. 370 kN/m². Vi set høgste toleranse på brotstyrke i lausmassane på 300 kN/m². Forskjellen her kan kompensast ved at foten av fyllinga vil dekke eit relativt stort areal og sjøbotnen er relativt flat (mindre enn 5°), noko som vil stabilisere for høgre trykk i kjerna av fyllingsmuren.

Fyllinga langs sørlege delen av Nikøy skal delvis fyllast med mudra massar frå Hovdesundet. Her vil vi tilrå at fyllingsarealet vert delt opp i mindre basseng som gradvis vert attfylt av mudra massar og skotstein.

Fyllinga rett nord for butikken på Nikøy, vert avgrensa mot aust av to holmar. Det vil vere viktig at fyllingsforten ligg vest for ryggen som er definert av holmane. Kjem fyllinga aust for ryggen, vil det krevje at fyllingsforten ligg så langt vest at den ligg på dei flate delane av sjøbotnen, på eit djup på ca. 4-5 m. Sjøbotnen har ei berekna helling mot sør på 3°-4°, og djupna varierer frå ca. 0,5 m til ca. 4 m. Det er ikkje fare for utrasingar som fylgje av tilførde vektorer i området.

Vegfyllinga som skal leggest langs austsida av bukta lengst nordvest på Nikøy, har ei lengd på ca. 60 m. Vegfyllinga ligg mot fast land/fjell mot aust, og i sjø mot vest. Vassdjupet er

svært grunt i heile området, og oppgitt til å ver 0,5 m middeldjup i ei lengde på ca. 30 m langs vegtrasèen. Deretter auka djupna til eit maksimalt djup ca. 5 m. Det er ingen bratte kantar som kan medføre utrasingar, nokon stader i området der vegfyllinga skal leggst ned.

Fyllingskantane og plastringa bør leggst av steinblokker henta ut frå konglomeratet ein finn i Bulandet. Dette er ein bergart med relativt høg eigenvekt, høg hardleik, samt at den er massiv og lite oppsprukken. Blokkene i plastringa langs fyllingskanten lengst sør på Nikøy, må leggst slik at bølger ikkje får tak i noko av materialet som vert brukt. Plastringa må òg vere tilpassa bølger med energi forventa i ei 100-årsbølge som treff fyllinga.

Der det er lausmassar på sjøbotnen kan det forventast at det vil oppstå sig som eit resultat av tilførsel av tunge massar. Dei tilførde massane vil ha størst innsynking i ein periode på inntil 2 år. Innsynkingshastigheita kan aukast ved at det vert køyrt på større volum steinmasse enn det som er planlagt. I tillegg vil bruk av anleggsmaskiner på fyllingane vere med på å auke hastigheita for innsynking. Skal det settast bygningar på fyllingane, bør det òg lagast til målepunkt der eventuelle innsynkingar vert registrerte.

REFERANSAR

- Bolton, M. D. 1986: *The strength and dilatancy of sands – Gèotechnique* 36, No. 1.65-78.
- Emdal, A. 2016: *Forelesningsnotater EVU-kurs, Geoteknikk 1 BA 6063*. Faggruppe for Geoteknikk. Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet. Trondheim.
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB), 2016: *Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. DSB temarapport; ISBN 978-82-7768-389-8
- Høeg, K., Karlsrud, K. og Lied, K. 2014: *SKRED - Skredfare og Sikringstiltak*. Norges Geotekniske Institutt, Universitetsforlaget.
- Lothe, A.E., 2013: Prosedyrer for plastring av moloer.
- Dokument utarbeidd av Norconsult AS, Dok. nr. 2013-05-31
- Ramberg, I.B., Bryhni, I., Nøttvedt, A. og Rangnes, K. 2013 (red.): *Landet blir til – Norges geologi*. 2. utgåve. Trondheim. Norsk Geologisk Forening, s. 656.
- Rørvik, T. 1982: *Geoteknikk 1 – Jordartenes fysiske egenskaper*. Universitetsforlaget.
- Rørvik, T. 1983: *Geoteknikk II – Jordtrykk. Stabilitet*. Universitetsforlaget.
- Schanche, S. og Haugen, E. E. 2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred –NVE, Veileder nr. 7. Web-publikasjon: www.nve.no. ISSN: 1501 – 0678.
- Simpson, M.J.R., Nilsen, J.E.Ø., Ravndal, O.R., Breili, K., Sand, H., Kierulf, H.P., Steffen, H., Jansen, E., Carson, M., Vestøl, O. 2015: *Sea level change for Norway – Past and present observations and projections to 2100*. Miljødirektoratet. NCCS report no. 1/2015.

Internettider:

Kart, satellittbileter og topografiske profil:

Statens kartverk,	http://www.norgeskart.no
	http://www.kartverket.no/sehavniva
Det Norske Kartselskap AS,	http://www.atlas.no
Gulesider Sjøkart	http://www.kart.gulesider.no
Høgdedata	http://hoydedata.no/laserinnsyn

Geologiske og klimatiske data:

Norges geologiske undersøkelse,	http://www.ngu.no
Norges Geotekniske Institutt,	http://www.skredkart.ngi.no
Norges vassdrags- og energidirektorat,	http://www.skredatlas.no
Meteorologisk institutt,	http://www.met.no
	http://www.senorge.no

Miljøverndepartementet

Føreskrifter:

Direktoratet for byggkvalitet,

<http://www.yr.no>

<http://www.regjeringen.no/nn/dep/md>

<http://www.lovdata.no>

Geotekniske sikringsmetodar:

Igs NORGE, GSK, NGF

Geosyntia

<http://www.ignorge/geosyntetguiden>

<http://www.geosyntia.no>

VEDLEGG

VEDLEGG I – SJEKKLISTE

Tabell V1: Sjekkliste for alle element som grunnundersøkningsrapporten skal innehalde og ulike krav som setjast til dei ulike element.

Sjekkliste	Beskriving	Krav	Gjennomført
Bakgrunn for prosjektet	Kva skal gjennomførast og kven er tiltakshavar	Tiltaksklassifisering i høve tabell 5,2 i <i>sikkerhet mot kvikkleire</i> (NVE, 2014). K0-K4.	Ja
Generell områdebeskriving	Generell geologisk beskriving av området inkludert topografi, hydrologi, vegetasjon	Skal innehalde detaljerte geologiske vurderingar	Ja
Berggrunnsgeologi	Beskriving av berggrunnstypar både regionalt og lokalt i undersøkingsområdet presentert ved hjelp av berggrunnskart	Om naudsynt skal det gjerast ei detaljert vurdering av berggrunnen, og eventuelle deformasjons-/sprekkesoner i denne. Det er viktig dersom eit bygg skal pelast til fast fjell	Ja
Lausmassegeologi og kart over marin grense	Beskriving av lausmassar regionalt og lokalt i undersøkingsområdet presentert ved hjelp av lausmassekart.	Innan området lokalt skal det presenterast ei detaljert kvartærgeologisk beskriving	Ja
Klima	Klimastatistikk og klimaprognosar	Skal vere med om bygget kan bli påverka av framtidige klimaendringar	Ja
Havnivåendringar	Tabell for prognosar for framtidige havnivåendringar	Skal vere med dersom bygget kan bli påverka av eventuelle endringar i framtidig havnivå	Ja
Aktsemdkart og tidlegare leirskredhendingar	Dette finn ein på atlas.nve.no		Ja
Poretrykk (μ)	Beskriving av poretrykk og utrekning av poretrykk	Må vurderast i kvart enkelt prosjekt	Ja
Synfaring	Observasjonar som må gjerast er: type lausmassar, type fjell, kvar ligg fast fjell og generelt om miljøet/terrenget i området	Om naudsynt skal det vere to geologar i felt	Ja
Prøveinnsamling	Om naudsynt foreta sonderboring med påfølgande analyser. Om ein har tilstrekkeleg data kan det vurderast om boring er naudsynt	Skal ha tilstrekkeleg informasjon om sedimenta (jordartane) i ei eventuell tomt	Nei (Foreløpige vurderingar utfrå kartlegging og annan relevant informasjon frå området)
Gjennomgang av tidlegare		Boredata, resultat frå	

grunnundersøkingar		geoteknisk lab og stabilitetsberekningar.	Nei (Det er ikkje utført slike vurderingar for områda)
Soneavgrensing og Faregradsklassifisering	Soneavgrensing: avgrensing av losneområde og utløpsområde. For klassifisering av faregrad lav, middels eller høg nyttar ein tabell for evaluering av faregrad, fra ref. /2/. i <i>Sikkerhet mot kvikkleireskred</i> (NVE).		Ja
Sikkerheitskrav for planlagte tiltak	Avhenger av tiltaksklasse og faregrad	Sjå tabell 5,2 i <i>Sikkerhet mot kvikkleire</i> (NVE)	Nei (Ikkje naudsynt når området er utanfor faresone for områdeskred)
Grunnlag for stabilitetsvurderingar	Kritisk snitt og vurdering av moglege skredmekanismar. Tolking av lagdeling. Grunnvasstand og poretrykksforhold. Tolking av materialparameter inkl. td.: - Kvalitet på undersøkingane - Tolking av felt- og laboratorieforsøk - ADP-forhold og kompatibilitets-prinsipp.		Nei (Ikkje naudsynt når området er utanfor faresone for områdeskred)
Stabilitetsvurderingar	Stabilitetsberekningar av dagens sikkerhet og vurderingar av desse (drenert og udrenert). Vurdering av sikkerheitsbehov. Stabilitetsberekningar eller evt. sikringstiltak. Volumoverslag av evt. sikringstiltak.		Ja (For stabiliteten i grunnen under anlegget)
Avgrensing av utløpsområde	Avgrensing av sannsynleg utløpsområde med grunnlag i losneområdet sin utstrekning, vurdering av moglege skredmekanismer og topografi (markerast med ulike skravur frå losneområdet).		Nei (Ikkje naudsynt når området er utanfor faresone for områdeskred)

VEDLEGG II – SEDIMENTEIGENSKAPAR

Sedimentklassifisering

Bereevna til undergrunnen varierer og avhenger av kva material undergrunnen består av. I tillegg spelar ovanpåliggande vekt, areal til ovanpåliggande vekt, terrenghelling og poretrykk (Rørvik, 1982) òg ei viktig rolle. Er undergrunnen av hardt, fast fjell er bereevna som regel god. Er undergrunnen av lausmassar (sediment) kan bereevna variere frå svært god til svært dårlig.

Sediment består av mineral- og bergartskorn og er eit resultat av vitra eller erodert bergart. Nedbryting av bergartar kan skje mekanisk: frostsprenging, rotsprenging, isbreerosjon, vasstranport etc. Eller kjemisk: til dømes at surt vatn renn inn i sprekker og løyser opp bergarten (Rørvik, 1982). Ein kan korrellere sedimentpakkar til høgareliggande bergartskjelde. Er det til dømes eit granittområde i høgareliggande området, vil sedimenta bestå av granittkorn, kvarts og feltspat og glimmer (Rørvik, 1982). Dess lenger transport av sediment, dess meir nedbrote, runda og sortert vert dei, og dess høgare vert det totale innhaldet av kvarts. Det siste fordi andre mineral enn kvarts brytast lettare ned.

Det er vanleg å klassifisere bergartar og sediment etter kva slags miljø avsetningane er danna: sjø, elv, myr, osv. Dei byggtekniske eigenskapane avhenger av grad av kornstorleik og mengdefordeling av enkelte kornstoleikar (Rørvik, 1982). Nedanfor er ein tabell som viser kornstorleikfordeling der leire er klassifisert som den minste storleiken med $< 0,002$ mm, medan blokk er størst med >600 mm. Desse kornstorleikane vert delt inn i *friksjonssediment* og *kohesjonssediment* (Rørvik, 1982).

Tabell V2: Tabellen syner ei oversikt over kornstorleikar som definerer type sediment: leire, silt, sand, grus eller blokk.

Namn	Grad	Kornstorleik i mm
Blokk		>600
Stein		600-60
Grus	Grov	60-20
	Middels	20-6
	Fin	6-2
Sand	Grov	2-0,6
	Middels	0,6-0,2
	Fin	0,2-0,06
Silt	Grov	0,06-0,02
	Middels	0,02-0,006
	Fin	0,006-0,002
Leire		$<0,002$

Friksjonssediment

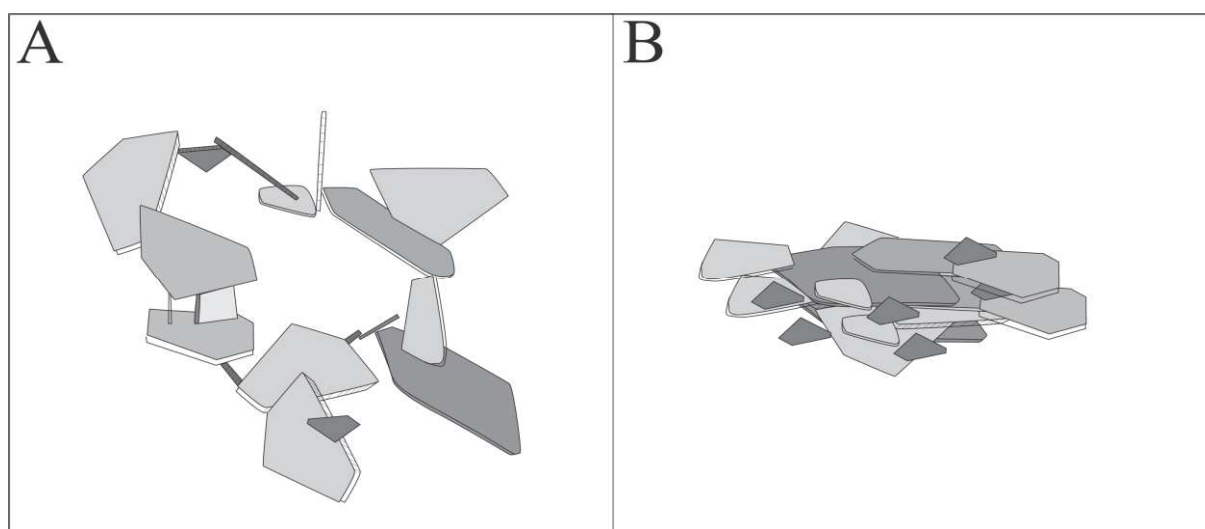
Friksjonssediment er ofte klassifisert som sediment med kornstorleikar mellom sand og blokk. Desse sedimenta har stor friksjon mellom flatene til korna (Rørvik, 1982) og skråningar av slike sediment vil vanlegvis vere stabile på lågare enn 45° til 37° hellingsvinkel (Høeg m.fl., 2014). Dette er ofte sediment med høg permeabilitet, der væsker har lett for å strøyme igjennom, og det er liten sjanse for at det bygger seg opp eit poreovertrykk, noko som gjev

god stabilitet (Høeg m.fl., 2014). Friksjonssediment er mindre skredutsett enn kohesjonssediment (Høeg m.fl., 2014) og utgjør ofte eit godt underlag å bygge på (Rørvik, 1982).

Kohesjonssediment

Silt/leire-fraksjonen høyrer til denne kategorien og er sediment der korna er så små at dei ikkje vil henge ved hjelp av friksjon, men likevel klistrar seg inntil einannan ved ei slags sementering (Rørvik, 1982). Dersom ein masse har meir enn 15 % leirinnhald er det på fagspråket klassifisert som *leire*, er det under 15 % er det klassifisert som *silt* (Høeg m.fl., 2014). Kohesjonssediment er sediment med lav permeabilitet som gjere at det lett bygger seg opp eit porevasstrykk som svekkar stabiliteten. Kohesjonssediment er derfor meir skredutsett enn friksjonssediment (Høeg m.fl., 2014) og vurderast ofte som dårlege underlag å bygge på (Rørvik, 1982). Spesielt ein masse med dominans av *marin leire* må behandlast med ekstra varsemd då denne typen sediment har potensial til å verte kvikk.

Ein skil mellom to typar leireavsetningar: marin (sjø) og lakustrin (ferskvatn). Marin leire er sjøavsetningar frå då det relative havnivå stod mykje høgare enn i dag. Partiklane er finkorna glimmer og kloritt som har slått seg saman i grupper der saltionane frå sjøvatnet binder gruppene saman. Desse bindingane dannar eit opent kornskjelett med store porer og høgt innhald av sjøvatn, ein såkalla korthusstruktur (Figur V1-A). I ferskvassleire er leirpartiklane sedimentert enkeltvis, og har eit tettpakka kornskjelett (Figur V-1B). Denne type avsetning er mykje meir stabil (Høeg m.fl., 2014). Kvikkleire er marin leire som har mista skjerstyrken fullstendig (NGF, 1982). I områder med marin leire kan store, hurtiggåande skred initierast utan forvarsel. Dette er skred som òg kan forkomme i terreng med svært lav gradient. Kvikkleire oppstår ved at det skjer ei langsam utvasking av saltet i den marine leira over tid. Då reduserast bindingskreftene (som er saltiona) mellom leirpartiklane og kornstrukturen vert mindre stabil. Når det då for eksempel blir tilført trykk vil 'korthusstrukturen' klappe saman og leirpartiklane vil flyte i eige porevatn (Høeg m.fl., 2014).



Figur V1: Figuren viser **A)** Skjematisk kornstruktur for marin leire. **B)** Skjematisk kornstruktur for leire avsatt i ferskvatn. Modifisert frå Høeg m.fl., 2014.

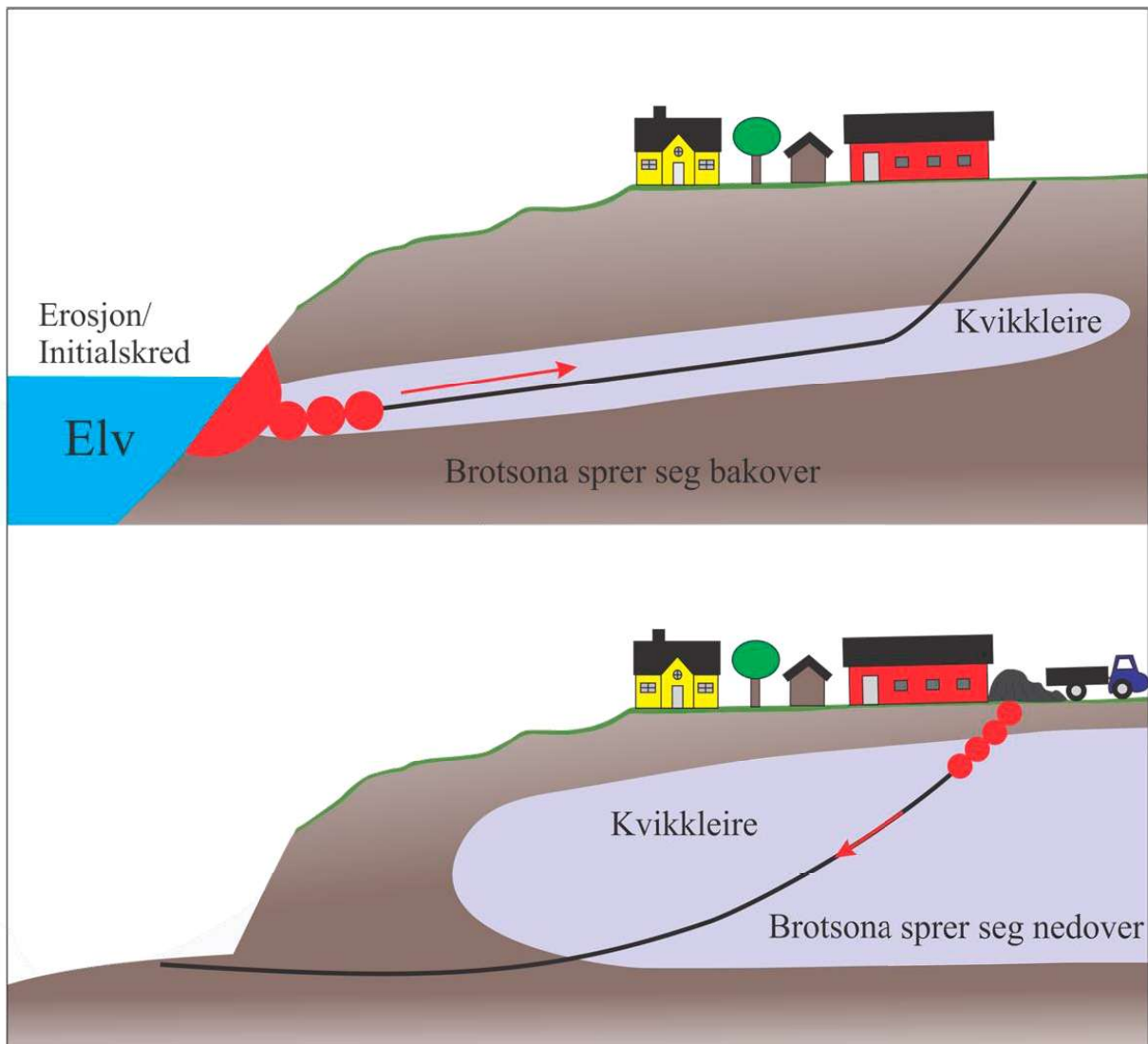
Dersom den marine leira er isolert, til dømes er avsett i eit basseng definert av fast fjell har ikkje leira fluktveg og utrasing er ingen fare. Er heller ikkje leira utsett for vassdrenering slik at saltet vert beholdt i massen er det òg mindre sjanse for utrasing.

Dess større innhald av silt i kohesjonssedimentet, dess sterkare og meir stabil er massen. I industrien er omgrepet *tørskorpeleire* nytta for leire som har høgt innhald av silt og som er uttørka, er oppsprekt og har ei relativt god bereevne. Risikoen rundt denne type sediment er at det er god drenering av regnvatn i sprekkene. Dette kan føre til oppbløyting og nedsetjing av skjerfastheita (styrken i sedimenta) og auke i poretrykket, som bidreg til dei drivande kreftene i brotutviklinga.

Skredfare ved kohesjonssediment

I NVE sin rettleiar nr. 7, *Sikkerhet mot kvikkleireskred* (Schanche og Haugen, 2014) er det utarbeidd ei god oversikt over ulike typar skred som kan oppstå ved leireavsetningar. Lokalskred er eit skred som skjer lokalt ein stad og utviklar seg ikkje over eit stort område, ofte ikkje i tilknytning til kohesjonssediment. Områdeskred er skred som kan ha stor utbreiing som oppstår i materiale med låg omrørd skjerfastheit (kvikkleire). For å få utløyst store kvikkleireskred må dei bratte skråningane ofte vere høgare enn ti meter. Små skred kan utløysast ved mindre skråningshøgder. I nokre tilfelle kan skred òg gå i områder utan bratte skråningar ved eit slakt hellande terreng brattare enn ca. 1:15 (Schanche og Haugen, 2014).

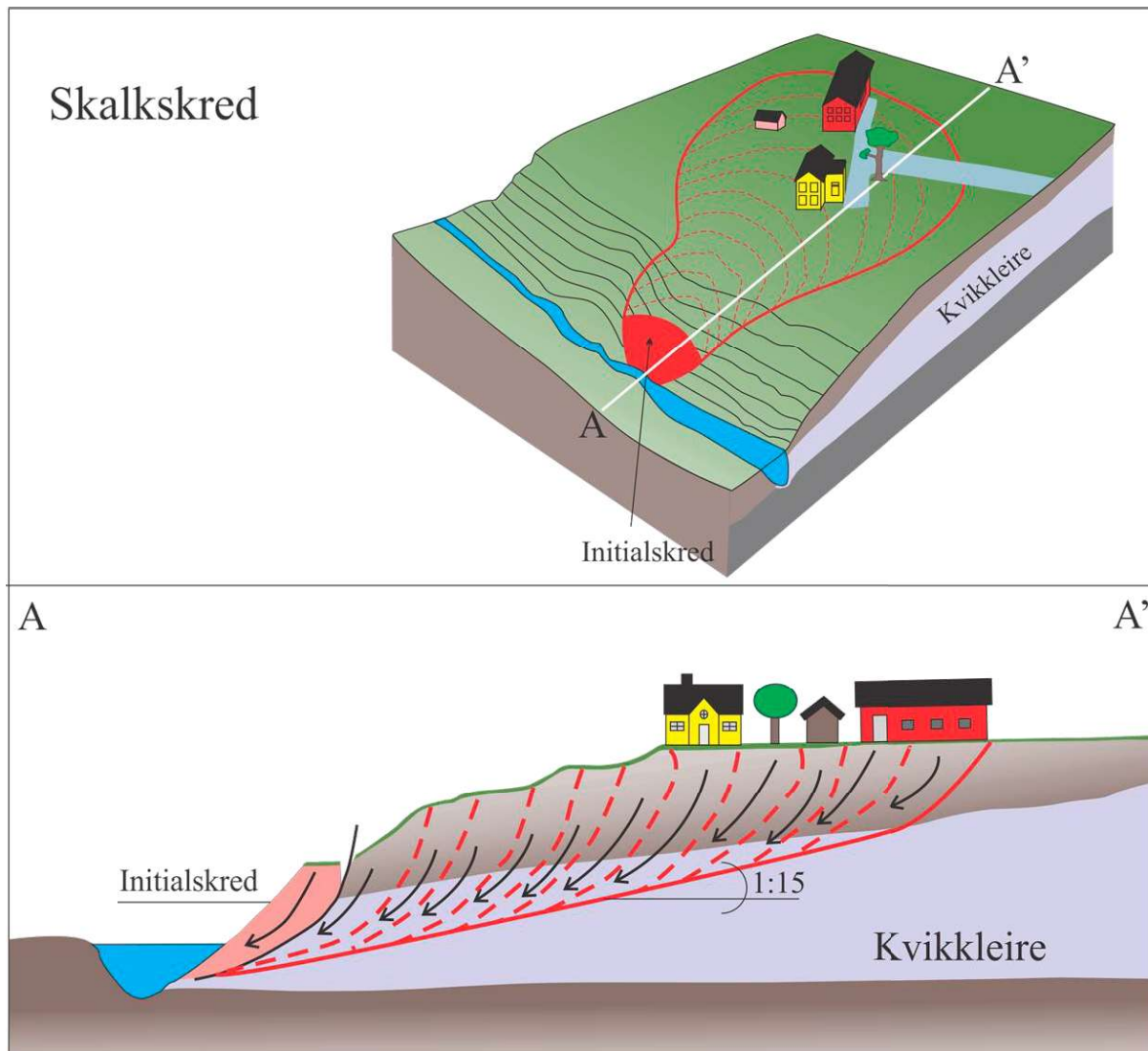
Kvikkleireskred er ofte forbunde med *progressive skred*, der eit initialskred (lite lokalskred) utviklar seg til områdeskred ved tilstøytande kvikkleire. Dette kan utvikle seg anten til flakskred eller skalkskred. Utløysande årsaker for at eit kvikkleireskred skjer kan vere menneskelege inngrep som grave- og byggearbeid, eller naturlege inngrep som elveerosjon, mykje nedbør, jordskjelv etc. Figur V2 under syner øvst eit flaksskred som utviklar seg frå eit initialskred danna av elveerosjon, der tilstøytande marin leire dannar ei glidesone for utrasing. Nedst vert glidesona for flaksredet utvikla grunna påført vekt frå massar som vert dumpa av ein lastebil.



Figur V2: Øvst: Eit områdeskred vert sett i gang ved at eit lokalskred (initialskred danna av ei elv) utviklar seg til ei områdeskred der glideflata vert utvikla i eit marin leirelag. Nedst: Områdeskred ver utvikla ved at den marine leira får tilført ny last som fører til at den naturlege stabiliteten vert svekka og ei glidesone i ein marint leirelag vert utvikla. Raude områder indikerar stadar der utglidinga vert initiert.

Skalkskred

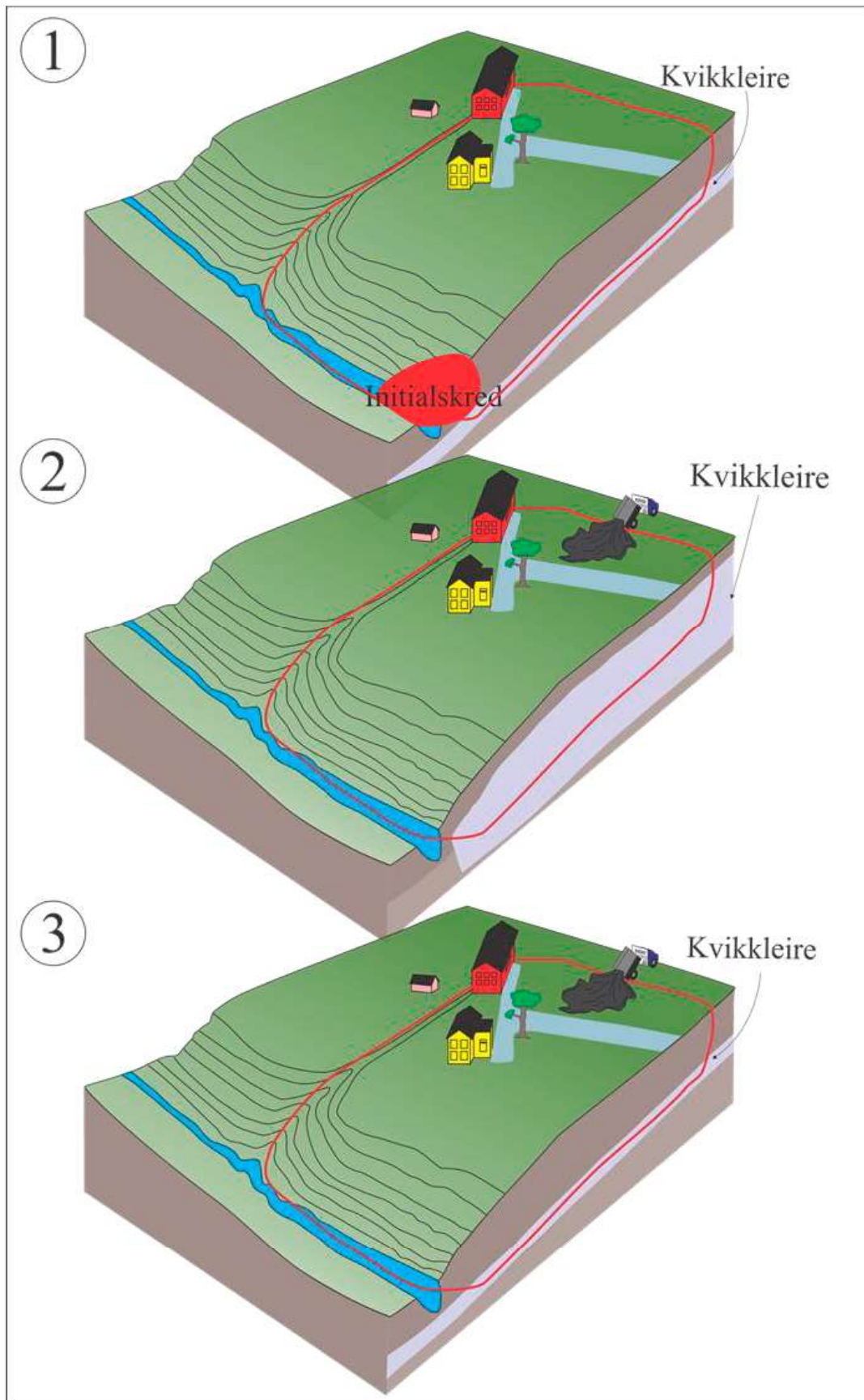
Eit skalkskred vert framstilt ved at jordmassar glir ut av skredgropa, blir flytande og renner vekk. Då forsvinn støtta til neste jordmasse og ein ny skalk glir ut. Såleis rasar skalk for skalk ut i ein bakoverretta (retrogressiv) retning. Dersom ikkje jordmassane hadde blitt flytande ville det kun hendt eit lokalskred, for då ville skredmassane demmast opp framfor skråningsfoten. Skalkskred får ofte ei pæreforma skredgrop (Figur V3).



Figur V3: Eit retrogressivt skalkskred initiert av ei eroderande elv i framkanten og som progressivt jobbar seg bakover skalk for skalk (modifisert frå Schanche og Haugen, 2014).

Bakoverretta og framoverretta flakskred

Flakskred oppstår der heile laget over ei glideflate rasar ut som eit flak i eit tilnærma monolittisk stykke. Desse kan vere både bakoverretta eller framoverretta (Figur V4). Bakoverretta flakskred vert initiert ved skråningsfoten og utviklar seg sidevegs i skredmaterialet bakover (Figur V4-1). Desse type skred skjer vanlegvis i leirhaldige sediment der det er helling og innverknad frå sidekrefter. Ved framoverretta flakskred vert brotet initiert i bakkant og beveger progressivt framover (Figur V4-2 og -3). Overbelastning fører til reduksjon i skjerfastheita som forplanta seg langs eit kritisk glideplan. Slik som figurane viser, kan dette forekomme både ved grunn med stor mektigheit av kvikkleire (2), eller ved liten mektigheit av kvikkleire der gliding skjer langs eit sjikt (3: Schanche og Haugen, 2014).



Figur V4: Figuren viser bakoverretta og framoverretta flaskred som kan oppstå enten ved menneskeleg- eller naturleg aktivitet med tilstøytande marin leire som vert omrørt og kvikk (modifisert frå Schanche og Haugen, 2014).

VEDLEGG III – GRUNNENS BEREEVNE

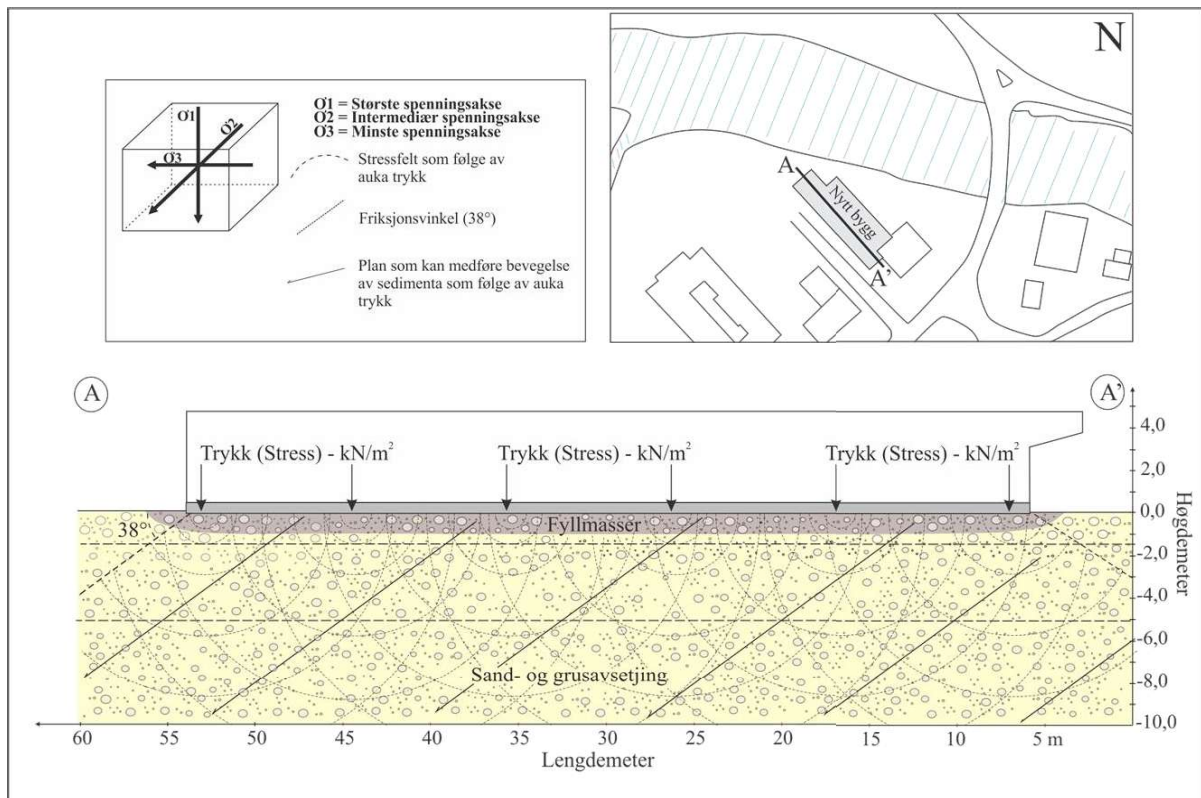
Spenningar

Vi skal i dette kapitlet snakke om spenningar i jorda, og endringar i spenning som kan oppstå ved menneskeleg aktivitet eller naturlege inngrep. To hovudspenningar kan verke på eit plan i jorda: *normalspenning* og *skjerspenning*. Desse komponentane kan anten førekomme aleine eller som kombinasjonar. Dei ulike spenningsforholda verkar i tre retningar, i eit tredimensjonalt rom:

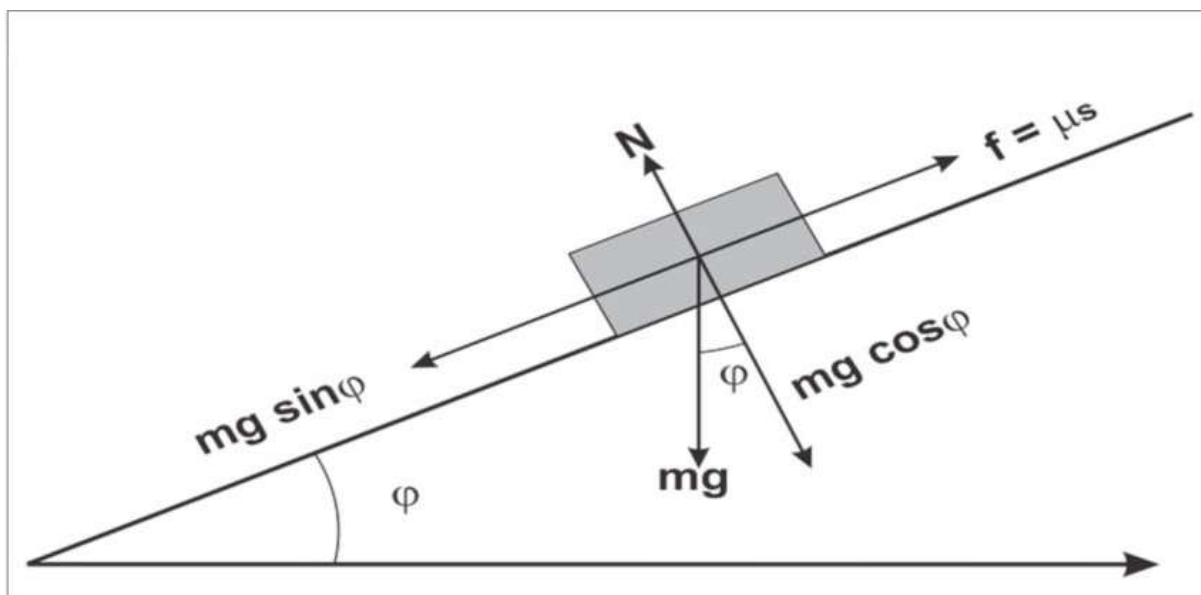
- σ_1 er definert som den største spenningsretninga
- σ_2 er definert som den intermediære (midtre) spenningsretninga
- σ_3 er definert som den minste spenningsretninga

Dersom hovudspenningane er like store, $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$, har vi ein isotrop spenningstilstand. Då vil det ikkje eksistere skjerspenningar i jorda. Gass og væske vil alltid ha isotrop spenningstilstand. Er hovudspenningane ulike, har vi ein anisotrop spenningstilstand, og det vil eksistere skjerspenningar. Kornsjelettet i jorda har evna til å ta opp både normal- og skjerspenningar. At kornskjelettet i tillegg kan ha skjerspenningar er grunnen til at jord kan ligge i skråningar, medan vatn vil berre renne vekk. Storleiken på skjerspenningar som kan tillatast er igjen avhengig av materialets styrke. Utrasingar eller sig på grunn ytre påverknad er eit resultat av endringar i dei interne spenningsforholda i sedimenta (Figur V5). Auka last, aukar spenninga på σ_1 som òg fører til auke i dei horisontale retningane. Oppstår det stor forskjell mellom σ_2 og σ_3 (dei horisontale retningane) kan dette føre til at det først dannar seg brotsoner som etter kvart utviklar seg til brotplan, der brotplanet alltid går parallelt med σ_2 . Brota som då utviklar seg har ein klart definert morfologi, og vert kalla konjugerte brot (Figur V5). Spesielt i områder med skråande morfologi er det potensial for å få stor skilnad mellom σ_2 og σ_3 og slike brot kan oppstå. Figur V5 viser skjematisk spenningsbølger frå lasta til eit bygg som vil forplante seg i dei underliggende lag. Pilene representerer σ_1 , medan σ_2 og σ_3 vil stå normalt på σ_1 . Det underliggende laget har ein friksjonsvinkel som er definert av kornstørrelse og porøsiteten i lausmassane. Friksjonsvinkelen vil definere ei grense for kor langt trykkbølgene vil påverke sedimentpakken i horisontale retningar under eit bygg.

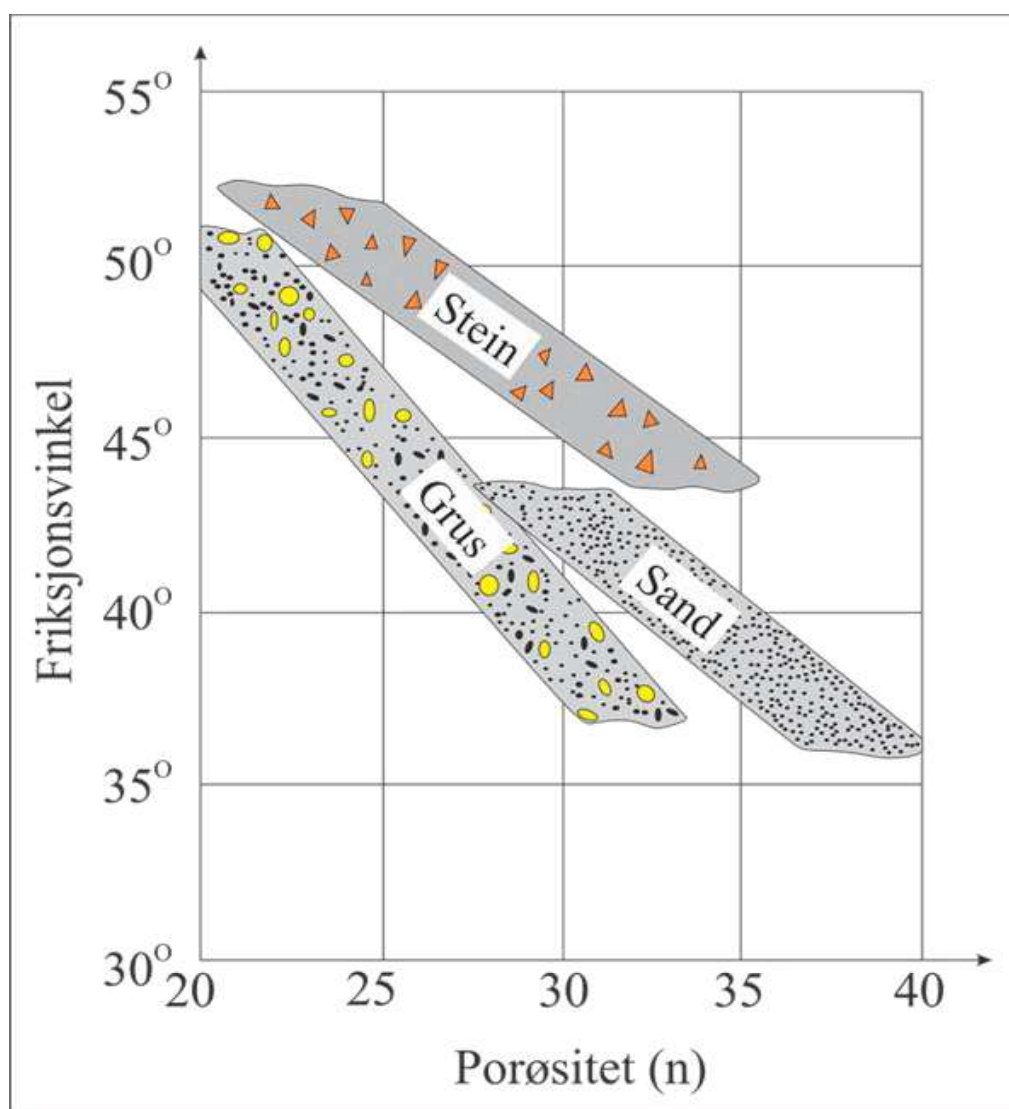
Ulike material (ulik kornstorleik og porøsitet) har ulik friksjonskoeffisient og gjev dermed ulik brotvinkel. Fast fjell har høg friksjonsmotstand med ein friksjonsvinkel mellom 75°-60°. Friksjonsvinkelen i lausmateriale er vesentleg mindre og det er lave kriterier for at brot skal skje. Rørvik (1982) definerer eit friksjonsdiagram der steinfyllingar med porøsitet på 20-36 % har ein friksjonsvinkel på 44-53° (Figur V7). Grus med porøsitet på 20-34 % har ein friksjonsvinkel på 37-51°, og sand med porøsitet mellom 23-40 % har ein friksjonsvinkel på 36-44°. For leire kan den ligge rundt 20-30° (i kvikkleire kan denne nærme seg 0°). Leire har i tillegg svært lav ruheit langs brotplanet, altså liten friksjonsmotstand langs brotplan.



Figur V5: Figuren viser skjematisk spenningsbølger frå lasta til eit bygg som vil forplante seg i dei underliggande lag. Pilene representerer σ_1 , medan σ_2 og σ_3 vil ligge normalt på σ_1 . Det underliggande laget har ein definert friksjonsvinkel på 38° som bestemmer kor langt spenningsbølgene vil påverke laget i horisontal retning. Konjugerte brot er representert ved litt brattare helling enn friksjonsvinkelen.



Figur V6: Figuren viser prinsippet for friksjonskoeffisienten, som er avgjerande for rørsle langs ei brotflate.



Figur V7: Figuren viser friskjonsvinklar i lausmasse. Vinklane er styrt av type lausmasse (jordart) og porøsiteten i massane. Som ein kan sjå ut av figuren er det stein eller skotstein som er mest stabil med tanke på utrasingsvinkelen i massane (modifisert frå Rørvik, 1982).

Poretrykk

Når vatn eller andre typar fluid strøymar igjennom poreromma i undergrunnen oppstår det poretrykk. Porerom er definert som holrom mellom sandkorn i eit sediment (jordart), der permeabilitet definerer forbindelsen mellom kvart porerom, og avgjer kor lett veske strøymar mellom dei (Høeg m.fl., 2014). Høg permeabilitet gjev ofte lavt poretrykk. Ved høg permeabilitet er poretrykket lik det hydrostatiske trykket (vekta av overliggande vassøyle) og vatn kan strøyme fritt til overflata (Rørvik, 1982). Sand og grus er typisk porøse og permeable jordartar. Lav permeabilitet gjev ofte høgt poretrykk. Spesielt vert det overtrykk i periodar med høg vasstilførsel (t.d. nedbør). I eit miljø over ei tenkt vassflate, er det lite sannsynleg at laga er vassmetta. Då aukar porevasstrykket i periodar når tilsig av vatn er større enn utstrøyminga. Om tilsiget vert større enn det massane kan drenere ut, vil sedimenta verte ustabile og sjansen for brot er større. Dette er òg avhengig av terrengform, der det ved ujamn terrengform er større sannsyn for brot enn ved flat terrengform. Påførast tyngde på massane

vil det skje poretrykkendringar ved at poreromma blir trykt saman og redusert, det betyr igjen at brot kan bli initiert i periodar med mindre tilførsel av vatn. Sandmassar er vanlegvis så permeable at eventuelle poreovertrykk raskt utliknast og poretrykkendringa vil ikkje vere varig.

Skal ein rekne ut poretrykket ved eit bestemt punkt i underlaget (A, Figur V8), er visse parametrar nødvendige (Rørvik, 1983);

- tyngdetettleik av vatn, γ_w (10 kN/m³)
- lengde frå punkt og opp til terrengoverflata (z)
- lengde frå punkt og opp til grunnvasstanden (z_w)
- tyngdetettleik (γ) av sedimentet ved punktet

Tyngdetettleik (γ) i sediment er definert som tyngde per volumeinig, $\gamma = \frac{mg}{V}$ [N/m³].

Tyngdetettleiken i sediment avhenger av porøsiteten, og har eit vanleg variasjonsområde i Noreg mellom 17 og 23 kN/m³, der lågast er for blaut leire og høgast er for fast grus (Rørvik, 1982). For dei fleste blandingsjordartar i uforstyrta tilstand er verdien 20 kN/m³, og etter utgraving kan γ reduserast til 13-15 kN/m³. På Figur V8 er det satt ein tyngdetettleik på 19 kN/m³ over grunnvasspeilet og 21 kN/m³ under grunnvasspeilet. Den er naturleg nok større i våte sediment. For å rekne totalspenninga (σ) i sedimenta ved punkt A multipliserer ein tyngdetettleiken til sedimenta med avstanden mellom det bestemte punkt og terrengoverflata: $\sigma = \gamma * z$. Poretrykket (μ) er ein variabel og kan reknast ut ved å multiplisere avstanden mellom det bestemte punktet og grunnvasstanden med tyngdetettleiken til vatn: $\mu = 10 \text{ kN/m}^3 * z_w$. Effektivspenning (σ'), vert rekna ut ved å trekke poretrykket ifrå totalspenninga: $\sigma' = \sigma - \mu$ (Rørvik, 1982). Nedanfor er det synt utrekningar for totalspenning, poretrykk og effektivspenning når grunnvasstanden ligg ved -1 meter, avstanden mellom punktet A og terrengoverflata er 2 m, og tyngdetettleiken til materialet i punkt A er 19 kN/m³.

$$\text{Totalspenning } (\sigma) = \gamma * z \rightarrow (19 \text{ kN/m}^3 * 2 \text{ m}) = 38 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Poretrykk } (\mu) = 10 \text{ kN/m}^3 * z_w \rightarrow 10 \text{ kN/m}^3 * 1 \text{ m} = 10 \text{ kN/m}^2$$

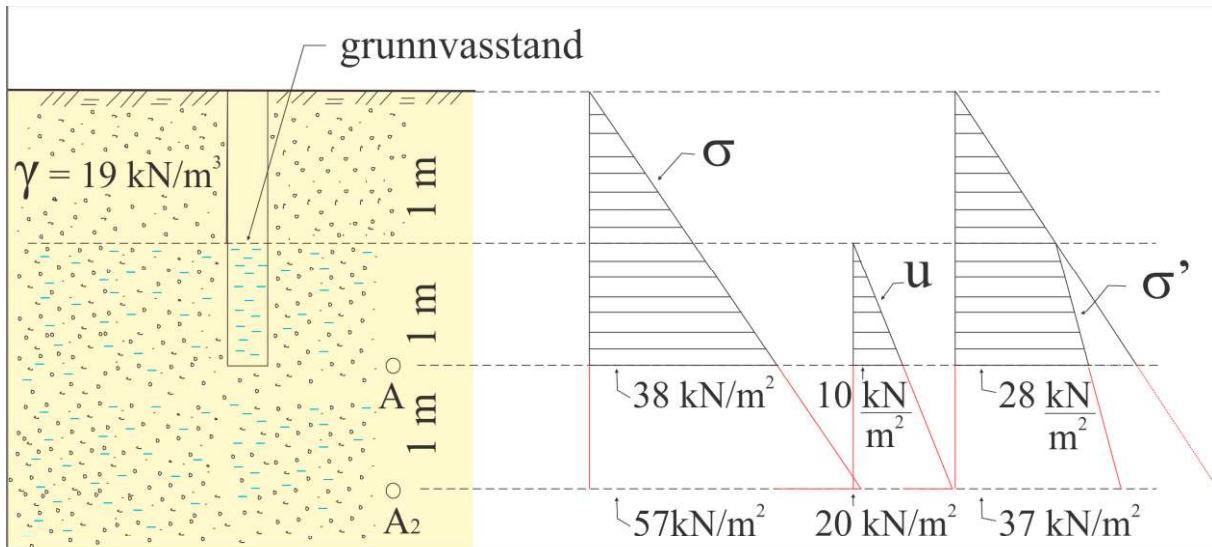
$$\text{Effektiv spenning } (\sigma') = \sigma - \mu \rightarrow 38 \text{ kN/m}^2 - 10 \text{ kN/m}^2 = 28 \text{ kN/m}^2$$

Der terrenget er flatt, får ein ei hydrostatisk poretrykkfordeling, der poretrykket aukar proporsjonalt med djupna. 1 meter lengre ned, ved punkt A' (Figur V8), vil totalspenninga, poretrykket og effektivspenninga auke:

$$\text{Totalspenning } (\sigma) = \gamma * z \rightarrow (19 \text{ kN/m}^3 * 3 \text{ m}) = 57 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Poretrykk } (\mu) = 10 \text{ kN/m}^3 * z_w \rightarrow 10 \text{ kN/m}^3 * 2 \text{ m} = 20 \text{ kN/m}^2$$

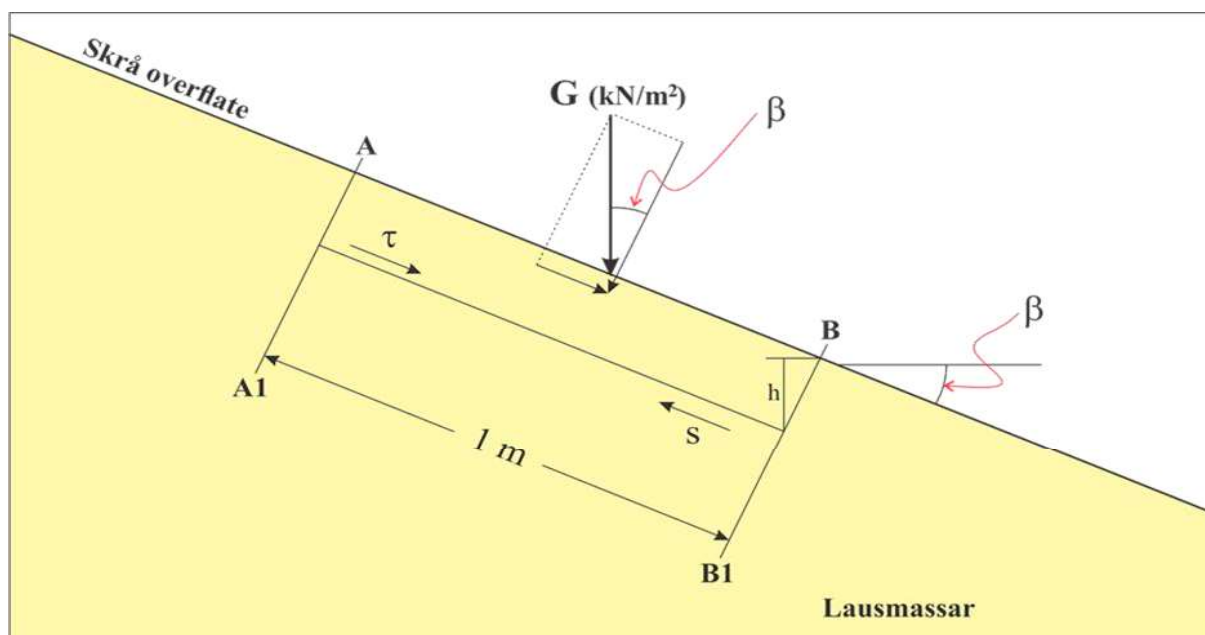
$$\text{Effektiv spenning } (\sigma') = \sigma - \mu \rightarrow 57 \text{ kN/m}^2 - 20 \text{ kN/m}^2 = 37 \text{ kN/m}^2$$



Figur V8: Figuren viser skjematisk parametrane som trengs til å rekne ut totalspenning (σ), porevasstrykk (u) og den effektive spenning (σ') i punktet A og A2. Tyngdetettleiken (γ) er 19 kN/m^3 . Ved punkt A får ein då ei totalspenning (σ) på 38 kN/m^2 , porevasstrykk (u) vert 10 kN/m^2 og dermed får ein ei effektivspenning (σ') på 28 kN/m^2 . Ved punkt A2 er totalspenninga (σ) 57 kN/m^2 , porevasstrykket (u) er 20 kN/m^2 og effektivspenninga (σ') er 37 kN/m^2 (Modifisert frå Rørvik, 1982).

Skjerfastheit (S_d) og mobilisert skjerspenning (τ)

Skjerfastheita (S_d) er styrken i eit material som verkar mot mobilisering og kan uttrykkast som ein funksjon der $S_d = \rho * \tan \phi$ (der ρ er tettleiken og ϕ er friksjonsvinkelen). Den mobiliserte skjerspenninga (τ) er parameteren som verkar for mobilisering og kan uttrykkast som ein funksjon av $\tau = G * \sin \beta / 1 \text{ m}^2$ (der G er tyngda mot underlaget, β er terrengvinkelen og dette vert dividert på arealflata). Materialkoeffisienten (γ_m) er gitt som er funksjon av skjerfastheita (S_d) dividert på mobilisert skjerspenning (τ): $\gamma_m = S_d / \tau$. Dersom τ er større enn S_d får γ_m ein verdi under 1 og det vil kunne oppstå brot langs den svakaste flata, noko som medfører sig eller utrasing i lausmassane. Forholdet mellom skjerfastheita (S_d) og den mobiliserte skjerspenninga (τ) er lik i alle punkt langs skjerflata (Figur V9).



Figur V9: Prinsippskisse som viser responsen av eit gitt trykk mot ei skrå overflate. Den viser og korleis skjersfastheita (s_d) og mobilisert skjerspenning (τ) verkar mot kvarandre, og er vidare ein funksjon av materialkoeffisienten (γ_m) til sedimenta.

Ein omvendt proporsjonal til materialkoeffisienten (γ_m) er mobiliseringsgraden (f): $f = \frac{\sin \beta}{\cos \beta \cdot \tan \phi}$. Ein ser at mobiliseringsgraden er styrt av to faktorar; terrengvinkelen (β) og friksjonsvinkelen (ϕ) til materialet, og bør definerast som ein variabel. Dersom friksjonsvinkelen er større enn terrengvinkelen ($\phi > \beta$) er materialet stabilt.

Ein lineær samanheng mellom mobilisert skjerspenning og effektiv normalspenning er vist i likninga under, kalla Mohr-Coulombs brotkriterie (Høeg m.fl., 2014):

$$\tau_b = c' + \sigma_b' \tan \phi' \text{ eller } \tau_b = (a' + \sigma_b') \tan \phi'$$

τ_b = mobilisert skjerspenning på brotplan ved brot

c' = kohesjon (sementering mellom jordartspartiklane)

a' = attraksjon (ein tilsynelatande strekkstyrke i materialet)

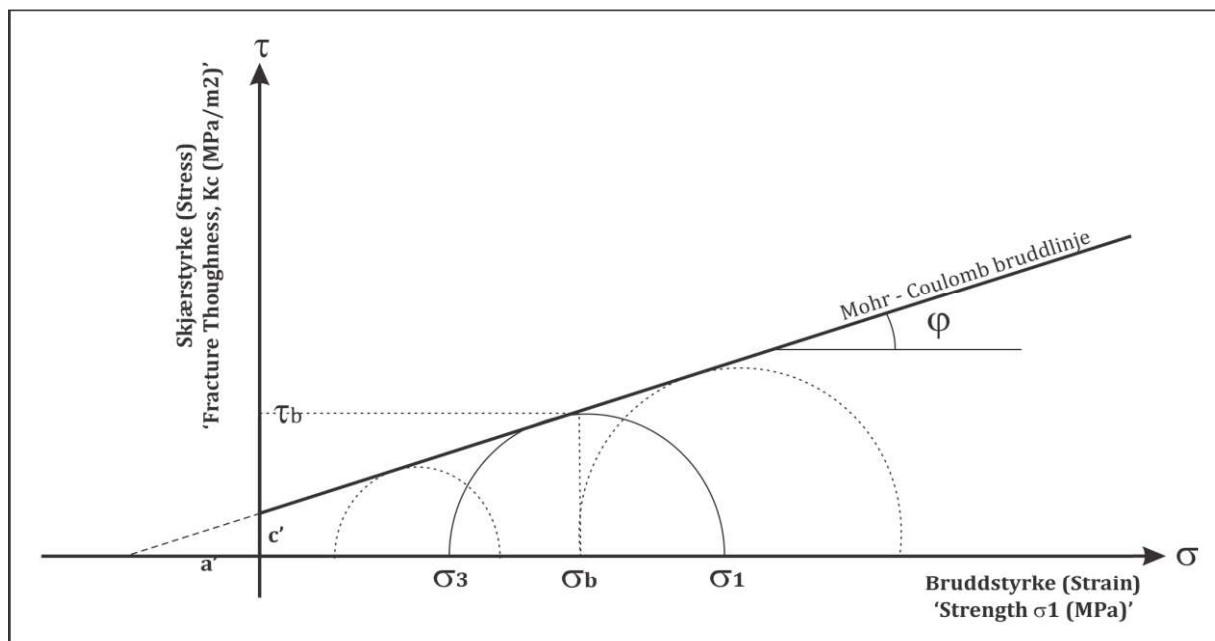
σ_b' = effektiv normalspenning på brotplan ved brot = $\sigma_b - u_b$

σ_b = effektiv normalspenning på brotplan ved brot

u_b = porevasstrykk mot brotplanet i sedimenta (vasstrykk i holrommet mellom sedimentpartiklane)

Attraksjon (a) er den tilsynelatande strekkstyrken i materialet. I friksjonsmateriale som er middels til fast lagra (sand, grus, stein) kan a vere 10-20 kN/m² (Høeg m.fl., 2014). Kohesjon (c) representerer ei form for seimentering (binding) korna seg imellom (Høeg m.fl., 2014). Samanhengen mellom kohesjon (c) og attraksjon (a) er: $c = a \cdot \tan \phi$ eller $a = c / \tan \phi$. Leire er eit typisk sediment som kan få høge verdiar for både a og c . Dersom det ikkje er noko form for attraksjon eller seimentering i materialet ($a = 0$ og $c = 0$) vil formelen for mobilisert skjerspenning på brotplanet ved brot sjå slik ut $\tau_b = \sigma_b' \tan \phi'$. Legg merke til likheita mellom

formelen for mobilisert skjerspenning ved brotplanet og formelen for skjerfastheita ($S_d = \rho * \tan\phi$) diskutert heilt i byrjinga i dette delkapittelet.



Figur V10: Figuren viser Mohr-Coulombs brotkriterium. Den definerer teoriane bak berekningane for materialet sitt 'Yield'-punkt, som igjen definerer materialet sin brotstyrke (τ_b : Høeg m.fl. 2014).

Tabell V3: Tabellen viser ulike utrekningar for dei underliggande sediment i tørr tilstand. Parametrar som vert dekkja er tyngd, terrengvinkel, grunntrykk, friksjonsvinkel, skjerfastheit, mobilisert skjerspenning, materialkoeffisient, mobiliseringsgrad, mobilisert terrengvinkel, mobilisert skjerspenning i brotplan ved brot i punkt A (Figur V5) og mobilisert skjerspenning ved brotplan ved brot i punkt A' (Figur V5).

Parameter	Formel	Kommentar
Tyngd (G)	$m^3 * kg/m^3$	Vekta av bygget.
Terrengvinkel (β)	$\beta = \tan\beta = \frac{\cosh}{\sinh}$	Tilnærma flatt område, ein set terrengvinkelen lik 1°
Grunntrykk (ρ)	$\rho = G \frac{\cos\beta}{1 m2}$	
Friksjons-vinkel (ϕ)	Friksjons-vinkeldiagram (Rørvik, 1982)	For å vere på den sikraste sida vel ein å halde seg til den nedre delen av skalaen.
Skjerfastheit (S_d)	$S_d = \rho * \tan\phi$	
Mobilisert skjerspenning (τ)	$\tau = G \frac{\sin\beta}{1 m2}$	
Material-koeffisient (γ_m)	$\gamma_m = \frac{S_d}{\tau}$	
Mobiliseringsgrad (f)	$f = \frac{\tau}{S_d}$	

Sediment-stabilitet gitt som funksjon av mobiliseringsgrad og material-koeffisient (Rørvik, 1982)	$f < 1$ og $\gamma_m > 1$	For at ein skal ha stabilitet, må f vere mindre enn 1 og γ_m større enn 1 (Rørvik, 1982)
Mobilisert skjerspenning på brotplanet ved brot (τ_b) i punkt A (Figur V5)	$\tau_b = c' + \sigma_b' \tan \phi'$	Sedimenttypen i undersøkingsområdet (sand og grus) har normalt sett ingen kohesjon mellom korna, derfor set ein c' til 0. Utrekningar frå avsnittet om poretrykk fortel oss at ved punkt A er effektiv normalspenning (σ_b) 30 kN/m ² og Poretrykket (μ) er 10 kN/m ²
Mobilisert skjerspenning på brotplanet ved brot (τ_b) i punkt A' (Figur V5)	$\tau_b = c' + \sigma_b' \tan \phi'$	Ved punkt A' er effektiv spenning 41 kN/m ² og poretrykket 20 kN/m ² .

Ruheit

Ruheit i massar som ikkje er i direkte kontakt med eit bygg er ruheita som styrer friksjonsvinkelen i massane. Lav ruheit gjev lav friksjonsvinkel, til dømes leire med mykje vatn får ruheit tilnærma lik 0 og nesten ingen friksjonsvinkel.

Ruheita (r) mellom ein støttekonstruksjon (av betong) og tilstøytande sediment kan definerast som forholdet mellom mobilisert skjerspenning (τ) som er mobilisert langs støtteveggen og skjerfastheita (S_d) i sedimenta (krafta som verkar imot mobilisering). Vi skil mellom positiv og negativ ruheit. Ved positiv ruheit ved ein tenkt betongvegg vil jorda henge seg på veggen. Ved negativ ruheit er relativbevegelsen mellom konstruksjon og jord motsatt retta, då vil jorda løfte konstruksjonen opp. Formelen som nyttast for å rekne ut ruheita ser slik ut:

$$r = \frac{(P_A' + a) \tan \delta}{(P_A' + a) \tan \phi_d} = \frac{\tan \delta}{\tan \phi_d}$$

r = ruheit

P_A = Aktivt jordtrykk

a = attraksjon

δ = friksjonsvinkel mobilisert mellom konstruksjon og jord. Dersom $\delta = 0$ er overflata på konstruksjonen er glatt.

Φ_d = mobilisert friksjonsvinkel $\rightarrow \tan \phi_d = \frac{\tan \phi}{\gamma_m}$

I denne rapporten er det ikkje nødvendig å rekne ut ruheit, då tomte befinn seg på flatt terreng og underliggande sediment har ein relativt høg friksjonsvinkel. Ruheita sin maksimale storleik er å finne i Rørvik sin tabell (1983) nedanfor (tabell V.III-4).

Tabell V4: Tabellen viser ruheit i kontaktflata mellom ulike material.

Overflatebeskaffenheit	Ruheit (r)
Betong direkte mot jord	1
Betong mot forskaling	1/2 - 2/3
Betongflate smurt med asfalt	0
Stålplate	1/2
Tre	1/3 – 1/2

Ruheita mellom bygget sitt fundament og fyllmassane vil i følge tabell V.III-4 gå under *betong direkte mot jord* og vere 1.