

Normatic Eiendom AS

► Detaljregulering Nordøyrane i Nordfjordeid

Vurdering av områdestabilitet etter NVE-veileder 1/2019.

Oppdragsnr.: 52105401 Dokumentnr.: 52105401-RIG-R01 Versjon: C05 Dato: 2023-01-11



Oppdragsgiver: Normatic Eiendom AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Hans Inge Solheim
Rådgiver: Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde
Oppdragsleder: Johannes Myrmel
Fagansvarlig: Beate Kvalsund
Andre nøkkelpersoner: Tommy Haugen Søjdis

C05	2023-01-11	Rapport til uavhengig kvalitetssikring.	BeKva	ToHSo	JohM
C04	2022-11-17	Rapport til uavhengig kvalitetssikring.	BeKva	SirHau	JohM
C03	2022-10-25	Rev. etter tilbakemelding fra Multiconsult.	BeKva	ToHSo	JohM
C02	2022-10-05	Presisering etter innledende møte med uavh. kvalitetssikrer.	BeKva	ToHSo	JohM
C01	2022-09-26	Første utkast rapport.	BeKva	ToHSo	JohM
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Sammen drag

Norconsult har utført en utredning av områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019 for planlagt utbygging på Nordøyrane på Nordfjardeid i forbindelse med planomtale og ROS-analyse.

Innenfor planområdet planlegger Normatic Eiendom AS utbygging av kombinert nærings- og boligbygg. Planområdet ligger på en eksisterende fylling i sjø. Foreløpig planlagt utbygging omfatter flere bygg på mellom 3-5 etasjer. Eksisterende fylling skal ikke utvides i areal, men benyttes slik den foreligger i dag. I konseptet er det lagt til grunn at grunnplanet etableres på dagens terrengnivå, men først etasje etableres på nivå for stormflo (kt. +5,8), med oppfylling av terrenget inn mot denne etasjen. Terrenngreperne omfatter derfor noe fylling rundt bygg.

Planområdet ligger på en eksisterende fylling i sjø og originalt avsatt elvedelta. Planområdet er flatt og ligger mellom kt. +1,9 og +2,5.

Fra dagens strandlinje og ut til marbakken er det ca. 70 m. Terrenget skråner med en helling på omtrent 1:11 fra fyllingen og ut til marbakken. Marbakken har en helning på omtrent 1:5 på sitt bratteste. Sjøbunnen blir slakere fra omtrent kt. -40 og danner en slags renneformasjon mellom det som kan tenkes å være to berghamre på fjordbunnen.

Grunnundersøkelsene i planområdet har i hovedsak påvist et topplag av fyllmasser av grus, sand og silt. Fyllmassene kan betegnes som humusholdige. Under fyllmassene finnes det først et lag av sandig silt / siltig sand, deretter et lag av siltig leire. I enkelte sjikt kan leira karakteriseres som kvikk eller sprøbruddmateriale. Under leira finner vi et fastere lag av antatt sand / grus og morene over berg.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten er over sikkerhetskravet for udrenert- og drenert analyse som er gitt i NVE veileder 1/2019. Lavest beregnet sikkerhet i udrenert analyse er på 1,90 og for drenert analyse 2,88.

Som følge av områdestabilitetsvurderingen er det foreslått en ny faresone i det aktuelle området. Faresonen er klassifisert til:

- Faregrad: middels
- Konsekvensklasse: meget alvorlig
- Risikoklasse: 4

Innhold

1	Innledning	6
2	Grunnlag	7
3	Topografi	7
4	Grunnforhold	9
4.1	Grunnvannstand og havnivå	9
5	Myndighetskrav	12
6	Vurdering områdestabilitet	13
6.1	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.	15
6.1.1	Mulige løsneområder	16
6.1.2	Eksisterende løsne- og utløpsområder	16
7	Lagdeling og poretrykk	18
7.1	Lagdeling	18
7.2	Poretrykk	18
8	Stabilitetsberegninger	19
8.1	Beregningsverktøy	19
8.2	Materialparametere	19
8.2.1	Overkonsolideringsgrad (OCR)	19
8.2.2	Skjærstyrkeprofil	21
8.2.3	Friksjonsvinkel	21
8.3	Last	21
8.4	Sikkerhetskrav for tiltakskategori K4	21
8.5	Resultat	21
9	Vurdering av skredmekanisme, løsne- og utløpsområder	22
9.1	Skredmekanisme og løsneområde	22
9.2	Utløpsområder	22
10	Klassifisering av faresone	23
10.1	Faregradsklassifisering	23
10.2	Konsekvensklassifisering	24
10.3	Risikoklasse	24
11	Oppsummering / konklusjon	25
12	Referanser	26

Tegning	Revisjon	Innhold	Format	Målestokk
V01	C02	Plankart, aktsomhetsområde	A1	1:1000
V02	C01	Plankart, terrengprofil med grunnundersøkelser	A1	1:1000
V03	C02	Plankart, løsnedområde og aktsomhetsområde	A1	1:1000
V11	C01	Terrengprofil A-A	A1 - forlenget	1:200
V12	C02	Terrengprofil B-B	A1 - forlenget	1:200
V13	C01	Terrengprofil C-C	A1 – forlenget	1:200
V15	C03	Stabilitetsberegning snitt B-B, udrenert analyse	A1 - forlenget	1:250
V16	C02	Stabilitetsberegning snitt B-B, drenert analyse	A1 - forlenget	1:250
V21	C03	Vurdering av b/D-forhold	A1 - forlenget	1:250

Vedlegg	Innhold	Format	Antall
1	Borpunkt 11, tolket CPTU	A4	7
2	Borpunkt NO52, tolket CPTU	A4	8
3	Skjærstyrkeprofil for stabilitetsberegning	A4	1

1 Innledning

Normatic Eiendom AS planlegger utbygging av kombinert nærings- og boligbygg på Nordøyrane i Nordfjordeid, Stad kommune, Vestland fylke. Norconsult AS skal utarbeide detaljregulering med tilhørende planomtale og ROS-analyse. Denne rapporten omhandler vurdering av områdestabilitet for skisserte planer.

Planområdet ligger på en eksisterende fylling i sjø. Foreløpig planlagt utbygging omfatter flere bygg på mellom 3-5 etasjer. I konseptet er det lagt til grunn at nederste etasje (dekke/golv) etableres på nivå for stormflo, med oppfylling av terrenget inn mot denne etasjen. Terrenginngrepene omfatter derfor en god del fylling rundt bygg. Eksisterende fylling skal ikke utvides i areal, men benyttes slik den foreligger i dag. For illustrasjoner se figur 1 og 2.



Figur 1 Utklipp fra ARKI arkitektar sin konseptanalyse



Figur 2 Utklipp fra ARKI arkitektar sin konseptanalyse

2 Grunnlag

Følgende dokumenter er lagt til grunn for vurderingene i denne rapporten.

- ARKI arkitektar «Konseptanalyse» [1]
- Normatic gnr/bnr 43/115 Geotekniske grunnundersøkelser, Norconsult AS [2]
- Eid VGS Geoteknisk vurderingsnotat, Norconsult AS [3]
- Moengården Eid Supplerende grunnundersøkelser, Norconsult AS [4]
- Prestelva – Myroldhaug Utredning av kvikkleiresone, Norconsult AS [5]
- Nordøyrane industrifelt – Geotekniske forundersøkelser, Grøner [6]
- Nordøyrane industrifelt – Vurdering av stabilitetsforholdene, Grøner [7]

I tillegg så er det hentet inn land- og sjøkart [8].

3 Topografi

Planområdet ligger på en eksisterende fylling i sjø og originalt avsatt elvedelta. Fyllingen ble etablert på slutten av 1980-tallet. Liknende fyllinger har også i nyere tid blitt etablert lengre sør for planområdet, se figurer under for historikk.

Planområdet er flatt og ligger på mellom kt. +1,9 og +2,5.

Nord for planområdet er terrenget flatt i ca. 60-80 m før landskapet stiger i et skrånende terreng opp mot høyereliggende fjellsider. Mot nordøst og Eid VGS er det en større terrasse der terrenget ligger på omtrent kt. +14.

Fra dagens strandlinje og ut til marbakken er det mellom ca. 65 - 75 m. Terrenget skråner med en helling på omtrent 1:11 fra fyllingen og ut til marbakken. Marbakken har en helning på omtrent 1:5 på sitt bratteste. Sjøbunnen blir slakere fra omtrent kt. -40 og danner en slags renneformasjon mellom det som kan tenkes å være to berghamre på fjordbunnen.

Kartgrunnlag på sjø er hentet fra dybdedata.no og har batymetri filter på 50 m og er fra 2015. Kommunen har ikke nyere innmåling av sjøbunn i området. Underveis i oppdraget ble det registrert at det fantes sjøbunndata fra 2017 på hoydedata.no. Dette terrenget er sammenlignet med det som er benyttet i stabilitetsberegninger. Sammenligningen viser at det er små forskjeller mellom benyttet terreng fra 2015 og det nyere fra 2017.



Figur 3 Flybilde datert 1966 hentet fra «www.norgebilder.no»



Figur 4 Flybilde datert 2019 og antatt omtrentlig årstall for ferdigstilling av fyllinger i sjø. Bildet er hentet fra «www.norgebilder.no»

4 Grunnforhold

I 2020 ble det gjennomført grunnundersøkelser i planområdet. I tillegg er det tidligere gjennomført grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger nær planområdet som også har relevans. Dette er tatt med i betraktning ved tolking av grunnforholdene i planområdet.

Grunnundersøkelsene i planområdet har i hovedsak påvist et topplag av fyllmasser av grus, sand og silt. Fyllmassene kan betegnes som humusholdige. Under fyllmassene finnes det først et lag av sandig silt / siltig sand (deltaavsetning), deretter et lag av siltig leire. I enkelte sjikt kan leira karakteriseres som kvikk eller sprøbruddmateriale. Kvikkleire er leire som har en omrørt skjærfasthet mindre eller lik 0,5 kPa. Sprøbruddmateriale har en omrørt skjærfasthet på mindre enn 2 kPa. Under den siltige leira finner vi et fastere lag av antatt sand / grus og morene over berg.

Tykkelsen på lagene av løsmasser varierer. Fyllmasser som er lagt ut på gammel deltaavsetning i fjorden er ca. 4 m tykk. Underliggende elvedelta av sand og silt har en tykkelse på mellom 0-14 m. Laget er nesten fraværende lengst i nord, men øker i tykkelse mot dagens strandlinje i vest / sørvest. Den siltige leira har en tykkelse på mellom ca. 7-15 m.

Berg er påvist i de 4 nordligste posisjonene i planområdet. Her ligger berget på en dybde på mellom 24-29 m. I alle andre posisjoner ligger berget dypere enn 30 m under terreng.

Det er ikke utført grunnundersøkelser i sjøen utenfor planområdet.

4.1 Grunnvannstand og havnivå

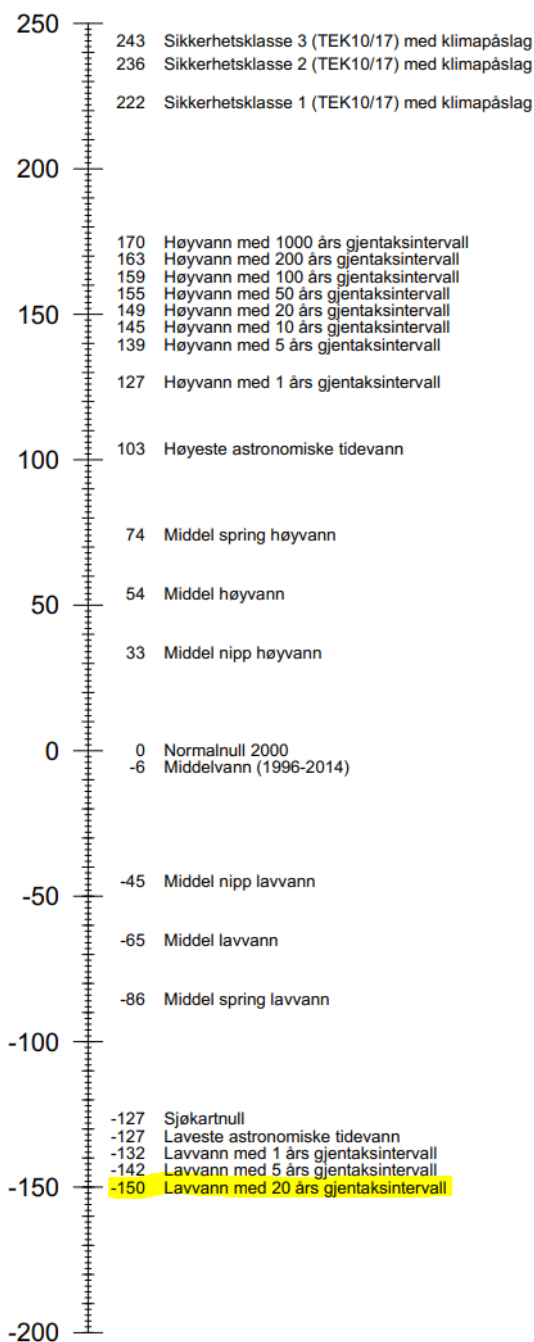
Det er ikke satt ned målere for å registrere grunnvannsnivå eller poretrykk. Grunnvannsnivå antas å følge nivået i fjorden. Poretrykket antas å ha en hydrostatisk fordeling med dybden.

Havnivå for området er hetet fra Kartverket «Se Havnivå» [9] for Nordfjordeid.

N61°54,7' E5°59,1'
 Nivåskisse

NORDFJORDEID

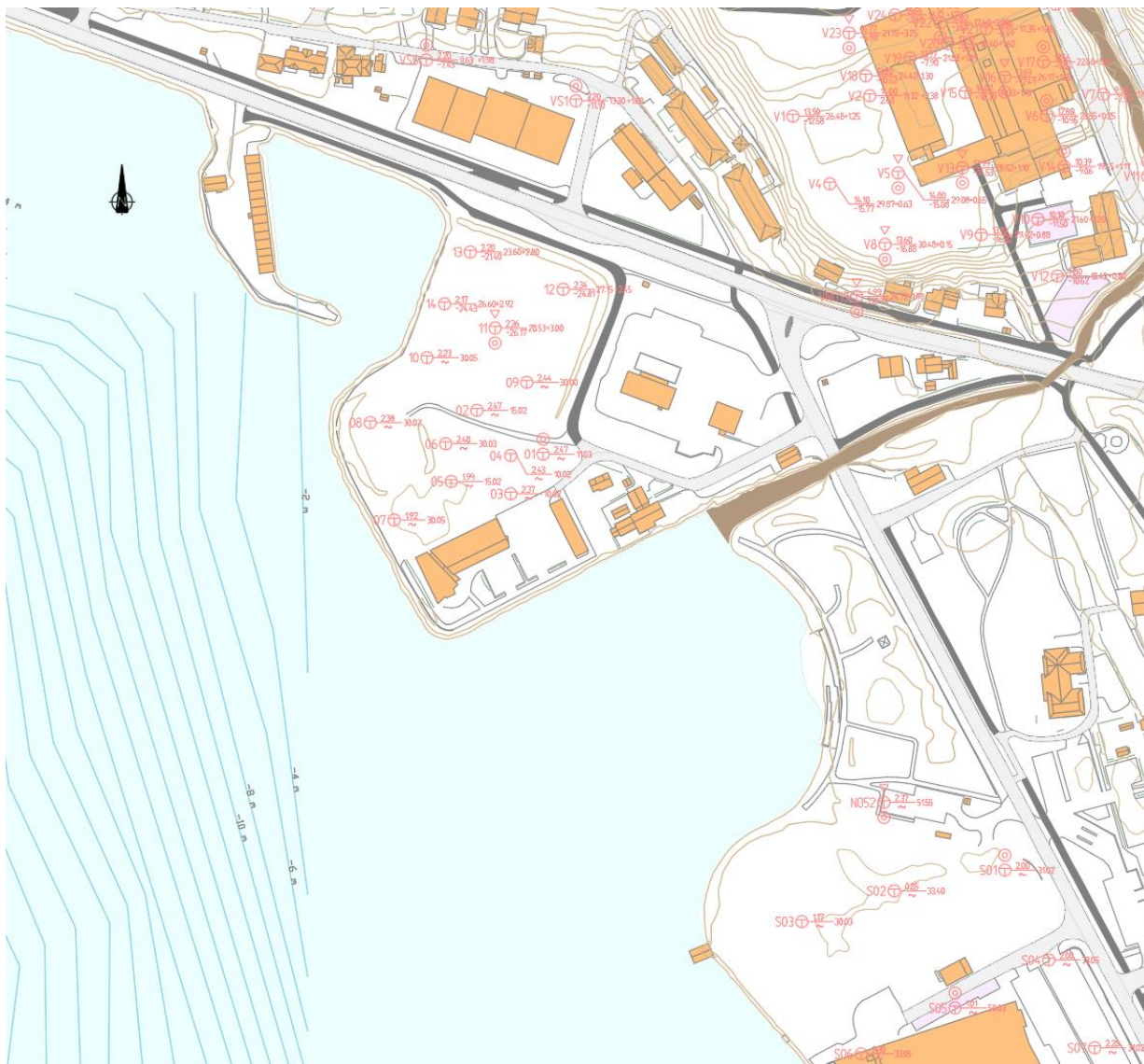
Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Måløy, justert med faktor 1,02.



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 17. august 2021. Lastet ned: 7. september 2022.

1

Figur 5 Havnivå for Nordfjordeid etter normalnull 2000 [9]



Figur 6 Kartutsnitt der tilgjengelig data og undersøkte posisjoner fra grunnundersøkelser fremgår

5 Myndighetskrav

Vurdering av områdestabilitet er utført med utgangspunkt i krav til sikker byggegrunn som gitt i plan og bygningsloven (pbl § 28-1) og byggteknisk forskrift (TEK17 § 7-1 og § 7-3), ref. [10] og [11]. Metodikk og dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred er gitt i NVE veileder nr. 1 / 2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» ref. [12].

Overordnede vurderinger av fundamenteringsforhold gjøres mht. en fremtidig byggesak der krav i byggesaksforskriften (SAK10) og byggteknisk forskrift (TEK17) skal være oppfylt, hhv. ref. [13] og [11]. I henhold til krav til konstruksjonssikkerhet (TEK17 §10), vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard NS-EN 1990 Eurokode grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [14] og underliggende standarder NS-EN 1991 til NS-EN 1999.

Geoteknisk prosjektering er behandlet i NS-EN 1997-1 Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler [15].

Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger, er gjeldende standard for seismisk dimensjonering i Norge [16].

I samsvar med gjeldende myndighetskrav kan innledende klassifisering som gitt under, trolig benyttes for skisserte tiltak. Norconsult gjør oppmerksom på at det til slutt er ansvarlig prosjekterende, som sammen med tiltakshaver og byggemyndighet, skal bestemme klassifisering for tiltakene.

Tabell 1 Innledende klassifisering av skisserte tiltak

Tema	Kategori	Referanse
Geoteknisk kategori	2	[15]
Pålitelighetsklasse	CC/RC 2	[14]
Tiltaksklasse	2	[13]
Tiltakskategori	K4	[12]
Seismisk klasse	II	[16]

Den innledende klassifiseringen medfører ulike krav til kontroll hos en 3. part. Disse er listet under. Kontroll av prosjektering og utførelse vil først gjøre seg gjeldende ved ev. byggesak. Uavhengig kvalitetssikring av områdestabilitetsvurderingene skal imidlertid være ivaretatt ifm. aktuell detaljregulering. Uavhengig kvalitetssikring skal utføres av et uavhengig foretak med geoteknisk kompetanse.

Tabell 2 Kontrollklasser

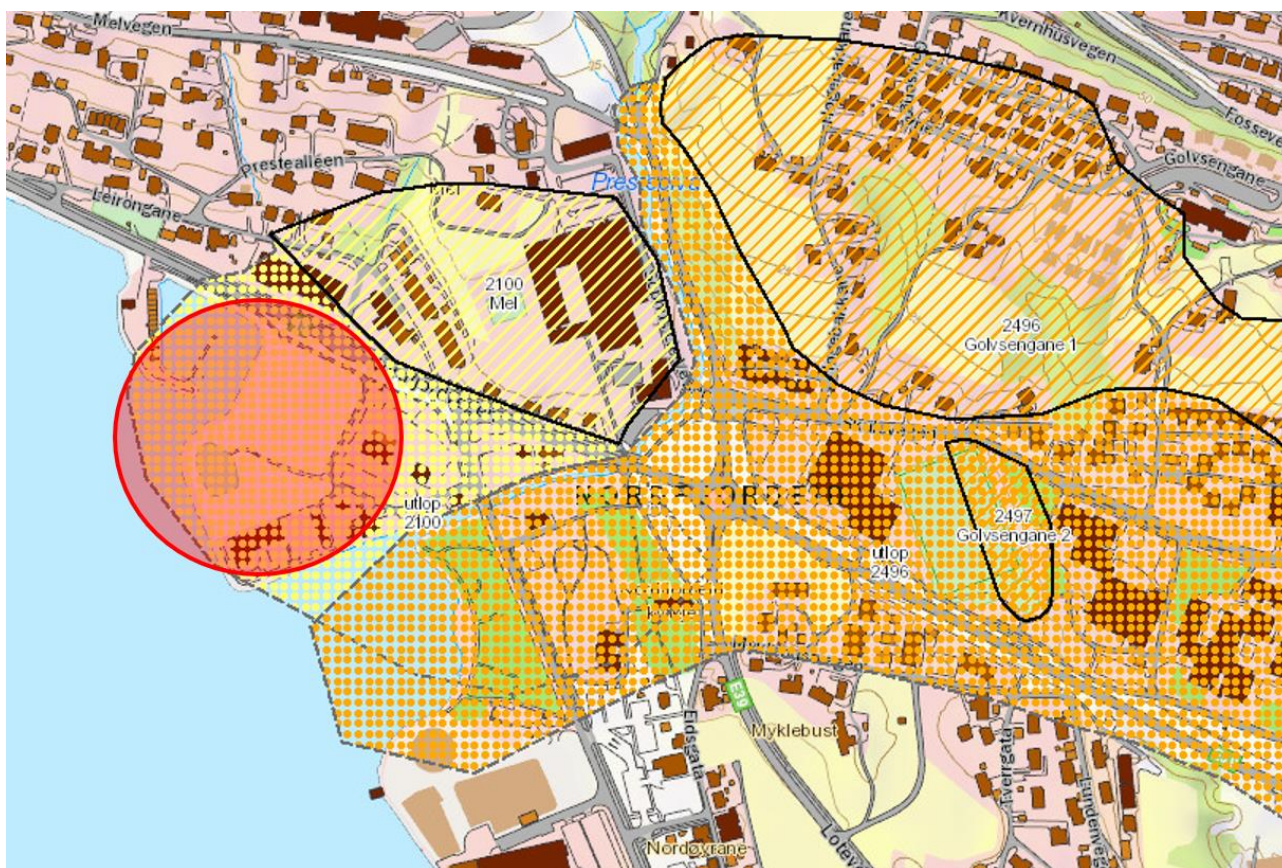
Tema	Kategori	Referanse
Prosjekterings- og utførelseskontroll	PKK2 og UKK2	[14]
Kontroll SAK10	UAK TK 2	[13]
Kontroll NVE	Uavhengig kvalitetssikring K4	[12]

6 Vurdering områdestabilitet

En gjennomgang av det tilgjengelige grunnlagsmaterialet viser at det er påvist kvikkleire flere steder nær og innenfor planområdet. Planlagte tiltak omfatter nye bygg og terrenginngrep i form av oppfylling på eksisterende sjøfylling. Videre ligger planområdet i utløpssonen for kvikkleirefarezone Mel 2100.

Som følge av aktuelle grunnforhold og nærheten til skråninger i sjø og ovenforliggende terreng må fare for områdeskred utredes for planområdet. I hht. kap. 3.4 i NVE-veileder 1/2019 [12] skal dette avklares i detaljreguleringen.

NVE har beskrevet en stegvis prosedyre for utredning av områdeskredfare. Vurderinger som er utført er kort oppsummert i Tabell 3.



Figur 7 Kartutsnitt NVE "Kart fra oversiktskartlegging kvikkleire - Aktsomhetsområder" [17]. Planområdet vist i rødt.

Tabell 3 Prosedyre for utredning av områdeskredfare i henhold til kap. 3.2 i NVE-veileder 1/2019 [12]

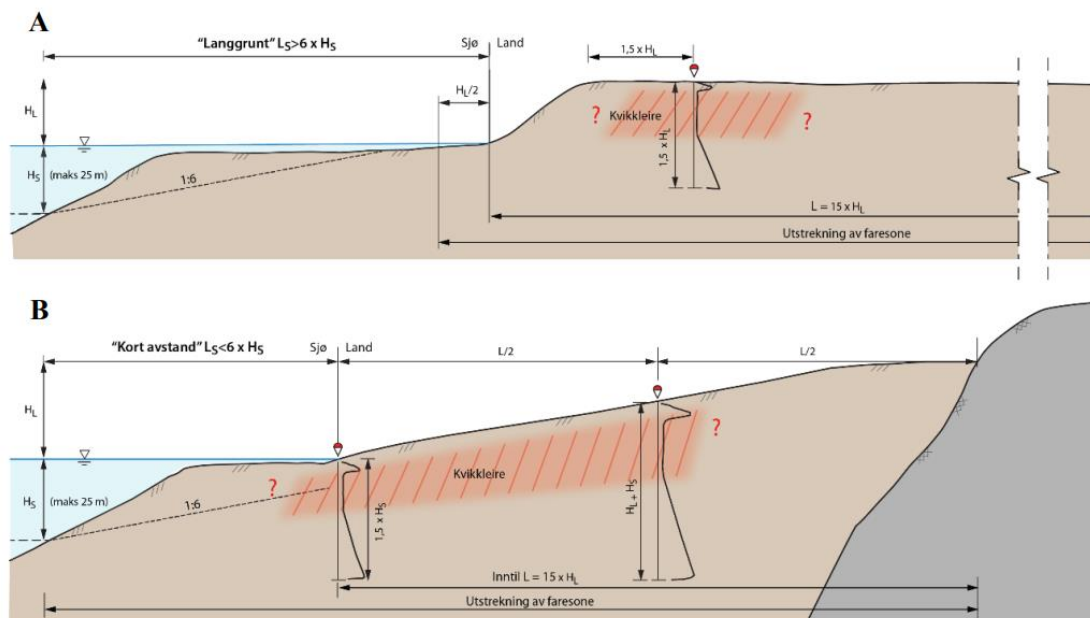
Steg	Prosedyre	Vurdering
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Planområdet ligger i utløpssonen for faresone 2100 Mel. I tillegg ligger planområdet tett på faresone 2496 Golvsengane 1 og 2497 Golvsengane 2.
2	Avgrens områder med mulig marin leire	Hele planområdet ligger under marin grense. Det er påvist kvikkleire og sprøbruddmateriale innenfor planområdet.
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.	<p>Terreng på land faller innenfor terrengkriteriene gitt i NVE-veileder 1/2019 hvor det kan forekomme områdeskred.</p> <p>For terreng i sjøen har vi gjort en tilsvarende vurdering basert på kriterier gitt i NVE ekstern rapport 9/2020 [18]. Planområdet er funnet å ligge utenfor områder som kan rammes av områdeskred lengre ute i sjøen. Kartgrunnlaget på sjø vurderes som tilstrekkelig for planlagte stabilitetsberegninger.</p> <p>For mer informasjon rundt vurderinger henvises det til kapittel 6.1.1 og 6.1.2.</p> <p>Planområdet ligger i utløpssonen for kvikkleirefaresone Mel 2100. Ovenforliggende skråning i kvikkleirefaresone (Mel 2100) har dokumentert tilstrekkelig sikkerhet mot utgliding også mtp. tiltak i utløpsområdet, ref. geoteknisk vurderingsnotat [3].</p>
4	Bestemme tiltakskategori	<p>Fremtidig byggetiltak vil havne i K4.</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: #f8d7da; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>K4 Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg</p> </div>
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulige løseområder	<p>Det er tegnet ut 3 terrengprofiler merket A-A, B-B og C-C, se tegning V02 for plassering og tegning V11 – V13 for opptegning av terrengprofilene.</p> <p>Topografien er mer eller mindre like for de 3 terrengprofilene. For videre utredning velges profil B-B som kritisk snitt.</p>
6	Befaring	Norconsult har kjennskap til området basert på tidligere befaring i området i forbindelse med oppdrag. Hele sjøfronten hvor fyllingen ligger er plastret eller etablert med stor stein mot fjorden.
7	Gjennomføre grunnundersøkelser	Det ble gjennomført grunnundersøkelser innenfor planområdet i 2020 [2]. I tillegg så er det utført grunnundersøkelser i området, som er listet opp under kapittel 2.

Steg	Prosedyre	Vurdering
8	Vurdere aktuelle skredmekanismer og avgrense løsne- og utløpsområder	Rotasjon og flakskred vurderes til å være den aktuelle skredmekanismen. For bestemmelse av lengde av løsneområdet er det valgt å være konservativ og legge til grunne metode for flakskred. For mer informasjon rundt vurdering henvises det til kapittel 9
9	Klassifisere faresoner	Kvikkleiresonen er vurdert til: <ul style="list-style-type: none">- Faregrad «middels»- Konsekvensklasse «meget alvorlig»- Risikoklasse 3 Det henvises til kapittel 10 for vurderingene av dette.
10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet	Utførte stabilitetsberegninger viser at det er dokumentert tilstrekkelig sikkerhetsfaktor for både drenert- og udrenert analyse for kritisk snitt. Det henvises til kapittel 8.5 oppsummering av resultat fra stabilitetsberegninger og tegning V15 og V16.
11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser	Kvikkleiresonen blir meldt inn til NVEs kartportal når vurderingene er kvalitetssikret og ferdigstilt.

6.1 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.

Topografien i området har tilsvarende utforming som figur 9A gitt i [17] som er vist under.

Kotenivå på terrassen i sjø ligger på sjødybde 2 iht. mottatt sjødybdekart. På Nordfjordeid er sjøkartnull 0 definert til kt. -1,27 iht. NN2000. Dermed blir sjødybde 2 til kt. -3,27 etter NN2000.



Figur 9 Prinsipp - topografiske kriterier i strandsonen og på land. (A) Plassering av borer og avgrensning av faresone der det er "langgrunt" i sjøen. Eksempelen viser "platåterreng" på land. (B) Plassering av borer og avgrensning av faresone der det er "kort avstand" til marbakken. Eksempelen viser "jevnt hellende terreng" på land.

6.1.1 Mulige løsneområder

6.1.1.1 Fra land

Dagens terreng innenfor planområdet er flatt og ligger på mellom kt. +1,9 og +2,5. Planområdet som ligger på en eksisterende fylling strekker seg ned til terrassen på sjø som ligger på kt. -3,27. Dermed blir skråningshøyde H over 5 m. I tillegg så har eksisterende fylling terrenghelning brattere enn 1:15. Dermed vil store deler av planområdet komme innenfor et aktsomhetsområde for skred.

6.1.1.2 Fra sjø

Det er tegnet ut en terrengmodell basert på sjøkotekartet som viser hvor det er terrenghelning 1:6 eller brattere, se tegning V01.

Skråningshøyden på land H_L er vurdert til å være ca. 5,8 m (Ok. fylling mellom kt. +1,9 og +2,5). $H_L/2$ blir da i underkant av 3 m. På tegning V01 er det tegnet inn en linje som viser o.k. av en 1:6-linje med start fra sjøkote 25. Denne linjen skjærer terreng minst 30 m fra planområdet. Et mulig løsneområde fra sjø vil, slik det er definert i NVE 9/2020, ikke kunne nå planområdet. Basert på terrengkriterier skal marbakken ikke angis som en mulig faresone for skred. Terrengkriterier er også vist på profiltegnning V12.

6.1.2 Eksisterende løsne- og utløpsområder

Planområdet ligger innenfor utløpsområde fra kvikkleirefaresone Mel 2100 som ble utredet i 2017/2018 [3] og dokumentert tilfredsstillende sikkerhet etter den forrige NVE veilederen 7/2014. Kvikkleiresone 2100 Mel er kategorisert til lav faregrad. Dokumentert sikkerhet i kritisk beregningsnitt er $F_{cu} = 1,54$ og $F_{c\phi} = 1,48$. Kritisk beregningsnitt er trukket mellom borpunkt merket V8 og VN013, som er vist på tegning V01.

Planområdet for Nordøyrane ligger utenfor influensområdet for kvikkleiresonen Mel 2100 da avstanden mellom planområdet og skråningen mot Eid VGS er målt til mellom 60 - 80 m før terrenget stiger. Vår vurdering er at avstanden til den ovenforliggende skråningen er for stor til at tiltak i planområdet kan påvirke ovenforliggende skråning. Så lenge nye tiltak i ovenforliggende terreng følger bestemmelser og lovkrav mht. skred og stabilitet vil sikkerheten for et mulig utløp være ivaretatt for planområdet.






7 Lagdeling og poretrykk

7.1 Lagdeling

Basert på de utførte grunnundersøkelsene er det tegnet 3 terrengsnitt, som danner bakgrunnen for tolkning av lagdeling i området. Se terrengsnitt på tegning V11, V12 og V13, og plantegning V02 for plassering av terrengsnittene.

De 3 terrengsnittene viser hovedsakelig samme type lagdeling, men i terrengsnitt B-B er det avdekt et lag av silt / siltig sand som vi ikke finner igjen i andre borpunkt. De ulike lagene er angitt med en farge som vist Tabell 4.

Tabell 4 Tolket lagdeling

Farge	Løsmasse lag
	Fyllmasser / –grus, sand og silt
	Sandig silt / siltig sand
	Siltig leire
	Kvikkleire
	Morene

7.2 Poretrykk

Det er ikke utført måling av poretrykk, og det er lagt til grunn hydrostatisk poretrykk for stabilitetsberegningene.

8 Stabilitetsberegninger

8.1 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegninger er utført ved hjelp av programvaren GeoSuite Stability versjon 22.0.2.0. Det er utført beregninger for både totalspenningsanalyse («udrenert analyse») og for effektivspenningsanalyse («drenert analyse»).

8.2 Materialparametere

Innenfor planområdet er det utført en CPTU og tatt opp prøver i borpunkt 11. CPTUen er utført mellom 5 – 14 m under terreng, og det er tatt opp 5 sylinderprøver (Ø54) mellom 5 – 13,7 m. Det er ikke utført treksialforsøk og/eller ødometerforsøk på prøvene som er utført i borpunkt 11.

Rett nord-øst for planområdet er det utført CPTU i forbindelse med grunnundersøkelser for Eid VGS, borpunkt VNO13. Det er og tatt opp poseprøve fra terreng og ned til 5 m dybde.

Rett øst for planområdet er det utført en CPTU i forbindelse med en kvikkleirekartlegging, NO52. Her er tatt opp sylinderprøver (Ø54) hvor det er utført treksforsøk i dybde 32,5 m. Kvaliteten på treksialforsøket er vurdert iht. figur 2.20 i SVV Hb. V220, og har kvalitet «akseptabel».

Der det ikke foreligger skjærstyrke basert på rutinedata eller CPTU, er skjærstyrkeparametere basert på Shansep-metoden, og beregnes etter formelen $c_{uA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$, hvor det er antatt $\alpha = 0,30$ og $m = 0,70$. Valg av OCR, skjærstyrke og friksjonsvinkel er mer omtalt i underliggende kapitler.

Valgt materialparametere er gjengitt i tabell 5. ADP-faktor er valgt etter anbefaling gitt i NIFS-rapport 14-2014 [19].

Tabell 5 Material parameter

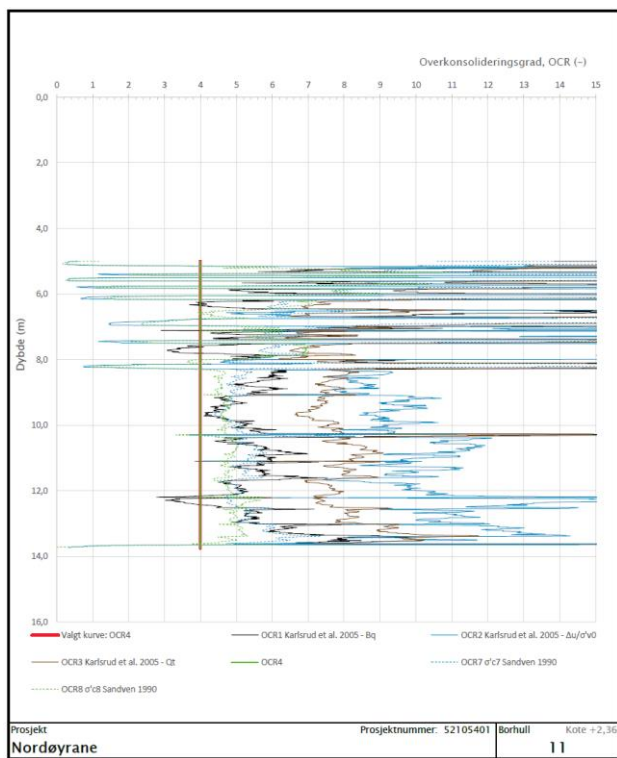
Løsmasse lag	Romvekt γ / γ' (kN/m ³)	Friksjonsvinkel (°)	Kohesjon (kPa)	Skjærstyrke (kPa)	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser / –grus, sand og silt	19 / 9	35	0	-	-	-	-
Sandig silt / siltig sand	19 / 9	31	0	-	-	-	-
Siltig leire	19 / 19	26	0	se su-profil	1,00	0,63	0,35
Morene	19 / 9	42	20	-	-	-	-

8.2.1 Overkonsolideringsgrad (OCR)

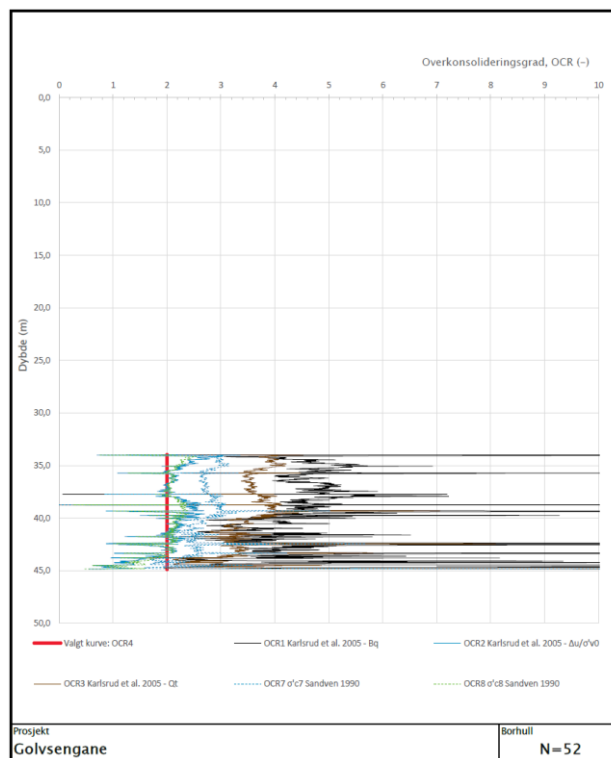
Det er ikke utført ødometerforsøk for å kunne bestemme overkonsolideringsgraden (OCR). For Eid VGS ble det utført ødometer i to ulike dybder i borpunkt 8. Resultat fra ødometer og tolket CPTU er sammenstilt og sammenfaller godt [3]. Siden grunnundersøkelsene ligger høyere i terrenget er disse ikke benyttet. Men resultatene viser at området har høy grad av overkonsolidering.

Basert på utført CPTU er det tolket en OCR-verdi på 4 i borpunkt 11, se Figur 8 og en OCR-verdi på 2 i borpunkt NO52, se Figur 9. En sammenstilling av OCR-verdi i dybden er vist i Figur 10.

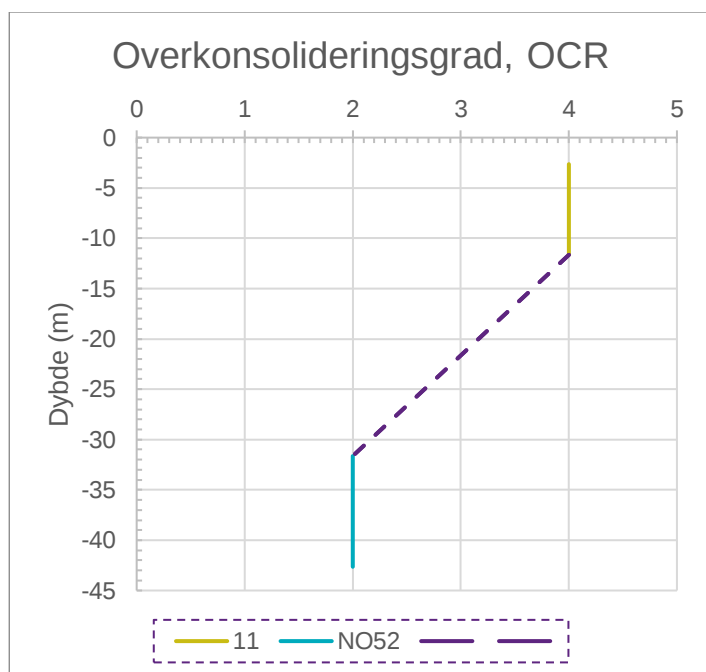
Selv om trykksonderingene viser en høyere overkonsolideringsgrad er det allikevel utførte stabilitetsberegning med OCR-verdi lik 1,5 i dybden etter dialog med uavhengig kvalitetssikrer, siden det ikke er utført ødometer for å verifisere den høye overkonsolideringsgraden som er tolket i trykksonderingene.



Figur 8 Norconsults tolkning av OCR, borhull 11



Figur 9 Norconsults tolkning OCR, borhull N052



Figur 10 Sammenstilling av Norconsults tolkning av OCR-verdier fra CPTU 11 og N052

8.2.2 Skjærstyrkeprofil

Skjærstyrkeprofil er estimert ut ifra Shansep-metoden med OCR lik 1,5. I vedlegg 3 er det vist utregning av de ulike skjærprofilene som er benyttet i stabilitetsberegningen.

8.2.3 Friksjonsvinkel

Det er hovedsakelig brukt erfaringsparametre for friksjonsvinkel i de ulike lagene som er hentet fra SVV Hb. V220 Geoteknikk i vegbygging [20].

For lag fyllmasser / –grus, sand og silt er det valgt en felles friksjonsvinkel, siden fyllmasser har en begrenset mektighet sammenlignet med tykkelsen av deltaavsetningen.

For laget av siltig leire er det valgt å bruke erfaringstall fra SVV for en silt / leirig silt iht. SVV.

8.3 Last

Foreløpig skisse av mulig utbygging viser inntil 5 etasje høye bygg, med oppfylling rundt bygg for den første etasjen. Det vil si at det tenkes å heve terrenget med ca. 3 m rundt de ulike bygningene for å sikre seg mot stormflo.

For stabilitetsberegningene er det lagt på terrenglast på 60 kPa over hele planområdet for å ivare ta dette.

8.4 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K4

Planlagt byggetiltak vil medføre en forverring av stabiliteten av dagens fylling. For tiltak som forverrer stabiliteten krever NVE-veileder 1/2019 en absolutt sikkerhetsfaktor på $F_{cu} \geq 1,61$ for udrenert analyse og $F_{cp} \geq 1,25$ drenert analyse.

8.5 Resultat

Beregnet sikkerhetsfaktor ved udrenert analyse med sirkulære- og planeglideflater er større enn krav på 1,61 ($F_{cu} \geq 1,61$). For sirkulær glideflate er det beregnet sikkerhetsfaktor på 1,96 hvor glideflaten går ned i laget med kvikkleire. Med en plan glideflate fikk en litt lavere sikkerhetsfaktor på 1,90.

Beregnet sikkerhetsfaktor ved drenert analyse med sirkulære- og plane glideflater ga lavest beregning med sirkulær glideflate med sikkerhetsfaktor på 2,88. Det er avdekt grunnere glideflater, men disse går ikke ned i laget med kvikkleire og presenteres ikke. Beregnet sikkerhetsnivå er større enn krav på 1,25 ($F_{cp} \geq 1,25$). Det er og gjort kontroll beregninger med et konstant poreovertrykk på 15 kPa i leira under sandlaget, hvor sikkerhetsfaktoren ble beregnet til 2,65. Denne beregningen legges ikke ved rapporten.

Tabell 6 Oppsummert resultat fra stabilitetsberegninger

Beregningsprofil	Situasjon	Analyse	Glideflate	Beregnet sikkerhetsfaktor, Fc	Tegn.nr.
B-B	Fremtidig situasjon	Udrenert	Sirkulær	1,96	V15
			Plan	1,90	
B-B	Fremtidig situasjon	Drenert	Sirkulær	2,88	V16
			Plan	2,92	

9 Vurdering av skredmekanisme, løsne- og utløpsområder

9.1 Skredmekanisme og løsneområde

Det er påvist sprøbruddmateriale med omrørt fasthet mindre eller lik 1 kPa i borpunkt 11, slik at det må vurderes om retrogressivt skred kan være en aktuell mekanisme.

Ved vurdering av andel sprøbruddmateriale er det brukt sirkulærglideflate ($F_{cu} = 1,96$ som vist på tegning V15).

Her er b målt til 7,1 m og D til 25,1 m, som gir b/D lik 28,3%, se tegning V21 for opptegning. Siden b/D er beregnet til under 40%, vil ikke retrogressivt skred være en aktuell skredmekanisme. Rotasjonskred eller flakskred er her vurdert som aktuell skredmekanisme.

For å avgrense et mulig løsneområde er grunnundersøkelser i nærområdet vurdert. Nord for planområdet er det påvist kvikkleire i borpunkt VS1, men ikke i VS5. Lenger nord-øst er det ikke tatt opp prøver i VN013, men totalsondering indikerer sprøbruddmateriale.

Med flakskred som aktuell skredmekanisme har vi vurdert at et løsneområde vil strekke seg bak mot veien Leirongane og trolig inn mot eksisterende faresone Mel. Tegning V03 viser opptegning av løsneområdet for den nye faresonen. Siden faresoner ikke skal overlappes, avsluttet faresonen der faresone Mel starter.

9.2 Utløpsområder

Utløpsområdet for et potensielt skred vil være ut i fjorden, så utløpsområdet tegnes ikke opp.

10 Klassifisering av faresone

10.1 Faregradsklassifisering

Sonen får 23 av 51 mulige poeng (33,3% av maksimal poengsum). Sonen havner i faregradsklasse «middels», se Tabell 7 for mer detaljer.

Tabell 7 Beregning av faregrad

FAKTORER	VEKTTALL	Beskrivelse	Faregrad, score 0-3 (lav-høy)	
			Score	Poeng
Tidligere skredaktivitet	1	På NVE Atlas er det angitt noen skred. Det nyeste er datert 1975.	2	2
Skråningshøyde i meter	2	Dagens skråningshøyde er rundt 6 m.	0	0
OCR	2	Basert på utført trykksondering vurderes OCR til å ligge mellom 2 – 4.	0	0
Poretrykk - overtrykk	3	Antas noe poreovertrykk i grunnen.	2	6
Poretrykk - undertrykk	-3		0	0
Kvikkleiremektighet	2	Med høyde på 6 m, H/2 lik 3 m. Det er kun verifisert kvikkleire i borpunkt 11 innenfor planområdet.	3	6
Sensitivitet	1	Basert på denne ha det en mektighet på ca. 5 m. I borpunkt 11 er målt mellom 233 – 456 i kvikkleira. I overliggende siltig leire er den målt mellom 12 – 118.	3	3
Erosjon	3	Sjøfronten er plastret med stein mot fjorden. Presteelva som renn ut på øst siden av planområdet er og erosjonsikret.	0	0
Inngrep forverring	3	Etablering av ny bebyggelse vil gi en forverring.	2	6
Inngrep forbedring	-3		0	0
Sum				23
%av maksimal poengsum				45,1 %

10.2 Konsekvensklassifisering

Sonen får 17 av 45 mulige poeng (27% av maksimal poengsum). Sonen havner i konsekvensklasse «meget alvorlig», se Tabell 8 for mer detaljer.

Tabell 8 Beregning av konsekvensklasse

FAKTORER	VEKTTALL	Beskrivelse	Konsekvens, score 0-3 (lav-høy)	
			Score	Poeng
Boligenheter	4	Fremtidig situasjon: mer enn 5 enheter	3	12
Næringsbygg, personer	3	Fremtidig situasjon: mer enn 5 bygg, og antar det vil være mer enn 50 personer samlet her.	3	9
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen.	0	0
Vei, ÅDT	2	Privat vei inne på ormådet i dag. Rv. 15 ligger rett nor og nord-øst for planområde. Rv. 15 har en ÅDT på 4700 – 5200.	2	4
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen.	0	0
Kraftnett	1	Lokal.	0	0
Oppdemning/floam	2	Et skred på land vil ha utløp i fjorden. Et skred vil ha størst utbredelse rett ut i fjorden, og noe mindre sideveis.	1	2
Sum				27
%av maksimal poengsum				60,0 %

10.3 Risikoklasse

Risikoklasse defineres som faregrad (%) x konsekvens (%), og er delt inn i 5 klasser.

- Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra 631 til 1 900
- Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
- Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

Sonen havner i risikoklasse 4.

$$45,1\% \times 60\% = 2706\%$$

11 Oppsummering / konklusjon

Norconsult har utført en utredning av områdestabilitet iht. NVE veileder 1/2019 i forbindelse med detaljreguleringsplan for Nordøyane på Nordfjardeid i Stadt kommune. Multiconsult utfører uavhengig kvalitetssikring av oppdraget iht. krav gitt i veilederen.

Det er utført stabilitetsberegninger for et kritisk profil innenfor planområdet. Lagdelingen er basert på utførte grunnundersøkelser innenfor planområdet. Det er ikke utført grunnundersøkelser på sjø.

Stabilitetsberegninger viser at sikkerheten er over sikkerhetskravet for udrenert- og drenertanalyse som er gitt i NVE veileder 1/2019. Lavest beregnet sikkerhet i udrenert analyse er på 1,90 og for drenert analyse 2,88.

Basert på utførte beregninger så vurderes rotasjonsskred og flakskred til å være aktuell skredmekanisme.

Som følge av områdestabilitetsvurderingen er det foreslått en ny faresone i det aktuelle området. Faresonen er klassifisert til:

- Faregrad: middels
- Konsekvensklasse: meget alvorlig
- Risikoklasse: 4

12 Referanser

- [1] ARKI arkitektur, «Konseptanalyse,» 2021.
- [2] Norconsult AS, «Normatic gnr/bnr 43/115 Geotekniske grunnundersøkelser 5203864-RIG-R01,» 2020.
- [3] Norconsult AS, «Eid VGS Geoteknisk vurderingsnotat 5171415-RIG02,» 2018.
- [4] Norconsult AS, «Moengården Eid Supplerende grunnundersøkelser Datarapport 5122365-1,» 2013.
- [5] Norconsult AS, «Prestelva – Myroldhaug Utredning av kvikkleiresone 5176419-RIG01,» 2018.
- [6] Grøner Rådgivende Ingeniører, «60056 Nordøyraane industrifelt – Geotekniske forundersøkelser,» 1985.
- [7] Grøner Rådgivende Ingeniører, «60056 Nordøyraane industrifelt - Vurdering av stabilitetsforholdene,» 1985.
- [8] Geonorge, [Internett]. Available: <https://www.geonorge.no/>.
- [9] Kartverket, «Se havnivå,» [Internett]. Available: <https://kartverket.no/til-sjos/se-havniva>.
- [10] Norges Grunnlov, Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven), LOV-2008-06-27-71, 2008.
- [11] Direktoratet for Byggkvalitet, «FOR-2017-06-19-840: Byggteknisk forskrift (TEK 17)».
- [12] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred. Veileder nr. 1 2019,» Norges energi- og vassdragsdirektorat, 2019.
- [13] Direktoratet for Byggkvalitet, «FOR-2010-03-26-488: Byggesaksforskriften (SAK 10)».
- [14] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002 + A1:2005 + NA:2016: Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.»
- [15] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013/NA:2020 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler.»
- [16] Standard Norge, «NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.»
- [17] NVE, «Kart fra oversiktskartlegging kvikkleire - Aktsomhetsområder,» Norges vassdrags- og energidirektorat, [Internett]. Available: <https://nve.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=3ea355b6940a4c21979dc79cd467f224>. [Funnet 2021].

[18 NVE, «Ekstern rapport nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred : metodebeskrivelse. Desember 2020.».

[19 NIFS, «Rapport 14/2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i».

[20 Statens vegvesen, «Hb. V220 Geoteknikk i vegbygging».