

GEOTEKNISK NOTAT			 AFRY ÅF PÖYRY		
Oppdrag: E2 Flyside Anlegg – Ny lufthavn Bodø – uavhengig kontroll			Vår ref.: IUH	Side: 1 av 8	
Oppdragsgiver: PEAB Anlegg AS			Rev: 02	Dato: 19.02.2025	
Prosjekt nr.: D0201913			Dokumentnummer: D0201913-RIG-N-01		
Saksbehandler: Ingjerd U. Høy					
Til: johan.hedlund@peab.no					
02	27.02.2025	Utredning godkjennes	IUH	BG	IUH
01	25.02.2025	Svar på åpne kommentarer	TOBS	HOHN	TLAU
00	19.02.2025	Uavhengig kvalitetssikring iht. NVE 1/2019	IUH	BG	IUH
REV.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av

Sammendrag

AFRY Norway AS (AFRY) er engasjert av Peab Anlegg AS for utføre uavhengig kontroll av den geotekniske prosjekteringen, og uavhengig kvalitetssikring av utredning av områdeskredfare iht. NVEs veileder 1/2019. Uavhengig kontroll av prosjekteringen er utført i egne rapporter, denne rapporter inneholder kun en uavhengig kvalitetssikring av områdestabiliteten.

Utredningen er utført av Cowi AS som en del av geoteknisk vurdering i forbindelse med prosjektet Ny Lufthavn Bodø (NLBO). Cowi har utredet en faresone for kvikkleireskred øst i prosjektområdet. Faresonen er gitt faregradsklassen «lav», skadekonsekvensklasse «mindre alvorlig» og risikoklasse 2.

Grunnundersøkelser må meldes inn til NADAG. Utredningen og kvalitetssikring skal meldes inn i NVEs digitale innmeldingsløsning.

Det er registrert 2 åpne avvik/kommentarer som må svares ut av Cowi.

[COWI har oppdatert rapport med utfyllende vurdering av skredmekanisme og grunnundersøkelsene er meldt inn til NADAG. Kommentarene lukkes og AFRY godkjenner derfor utredningen.](#)

Detaljer fremgår av notatet.

Kontoradresse: AFRY Norway AS Lilleakerveien 8 0283 OSLO	Fakturaadresse: AFRY Norway AS/ firma 224 Fakturaavd. Postboks 18, Lilleaker 0216 Oslo	Telefon: (+47) 24 10 10 10	E-post: info.no@afry.com	Organisasjonsnr.: 915 229 719
--	--	--------------------------------------	------------------------------------	---

INNHOLDSFORTEGNELSE

Sammendrag	1
1. Innledning	3
2. Grunnlag	3
3. Kommentarer og avvik	4
4. Sluttkommentar	8
5. Referanser	8

1. Innledning

AFRY Norway AS (AFRY) er engasjert av Peab Anlegg AS for å utføre uavhengig kvalitetssikring av utredning av områdeskredfare iht. NVEs veileder 1/2019 [1].

Utredningen er utført av Cowi AS på vegne av totalentreprenør Peab Anlegg AS. Avinor er byggherre for tiltaket. Utredningen er gjort i oktober 2024.

Det ble i forprosjektet påtruffet sprøbruddsmateriale i flere punkter i den østlige delen av prosjektet. I dette området skal det etableres sjøfylling samt pelefundamenter for bru (bru for innflygningslys) og utslippsledning for overvann.

Det er planlagt mudring under hele fyllingsfronten, og at fyllingen skal etableres på berg eller faste masser.

I perioden desember 2023 til mai 2024 er det utført flere supplerende grunnundersøkelser hvor funn av sprøbruddsmateriale ble bekreftet.

Faresonen er gitt navnet «Smørvika». Faresonen er gitt faregradsklassen «lav», skadekonsekvensklasse «mindre alvorlig» og risikoklasse 2.

Foreliggende notat omhandler uavhengig kvalitetssikring utført av AFRY iht. NVE 1/2019. Andre vurderinger og anbefalinger som er utført av Cowi i forbindelse med prosjektering eller andre typer av geotekniske vurderinger er ikke en del av denne kvalitetssikringen, men kontrollert i andre notater.

2. Grunnlag

Følgende dokument er forelagt AFRY for uavhengig kvalitetssikring:

Geoteknisk datarapport:

- 10001444-187075-bo000-g1-ra-0102_fe03-datarapport supplerende geotekniske grunnundersøkelser i sjø, datert 30.10.2020.
- A269292-RAP-RIG-001 Datarapport NLBO GU. Datert: 26.07.2024
- G-rap-001-1351136248 (002). Datert 20.10.2020

Områdestabilitet:

- 10001444-190800-BO000-G-RA-0007_GE00_Geoteknisk utredning av områdestabilitet, datert 14.10.2024

Sjekklsite:

- SJE-RIG_NVE-1-2019_1001444-190800BO000-G-RA-RA007_GE00, datert: 14.10.2024

Prosjektering av tiltaket er utført i egne rapporter og er kontrollert for seg selv i egne rapporter.

3. Kommentarer og avvik

Kommentarer gis i tabellen under. Følgende koder benyttes for status:

Å = Åpen kommentarstatus.

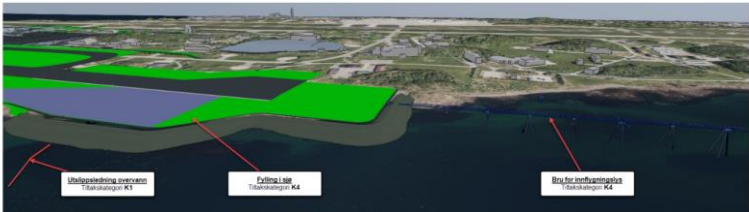
TI = Til informasjon

L = lukket kommentarstatus

Det utbes tilsvar på kommentarer som er kodet med «Åpen», og eventuelt revisjon av dokumentasjonen, før endelig anbefaling for godkjenning gis fra AFRY. Ved adekvat tilsvar og/eller ved mottak av revidert dokumentasjon vil kommentarstatus «Lukket» bli satt på kommentaren.

For kommentarer som er kodet med «Til informasjon» så anbefales oppretting og/eller utbedring/utdyping/forbedring, men det som kommenteres har ikke betydning for om utredningen vurderes som tilstrekkelig iht. de krav som stilles i NVEs veileder 1/2019.

Tabell 1: Kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring iht. NVE 1/2019 0

Kommentar/ avvik nr.	Beskrivelse	Kommentar fra AFRY	Status
1 – Krav til geoteknisk kompetanse			
1.1	Fagansvarlig må ha formell kompetanse innen geoteknikk, samt dokumentert erfaring	Cowi oppfyller kompetansekravet gitt i NVE 1/2019 kap. 3.1.	L
1.2	Kollegakontroll må utføres og dokumenteres.	Cowi har levert utfylt sjekkliste.	L
2 – Tiltakskategori			
2.1	Korrekt tiltakskategori	Det er valgt K4 for bru for innflygningslys. Et eventuelt skred vil medføre stans i flytrafikken. Det skal etableres sjøfylling i dette området. AFRY er enig i valg av tiltakskategori. Det er valgt K1 for sjøledning – overvann. Cowi beskriver at et eventuelt kvikkleireskred i området som overvannsledninger ligger ikke vil påvirke driften av flyplassen eller overvannsnettet. AFRY er enig i valg av tiltakskategori.  <i>Figur 3-1: Utklipp fra prosjektets 3D modell med oversikt over tiltak og valgt tiltakskategori.</i>	L
3 – Soneutredning			
3.1	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av	Cowi har vurdert aktsomhetsområdet til å ligge innenfor et område på 20XH. Da skråningen er en del av en markbakke er det satt en begrensning på 25 muh. Området er avgrenset mot land hvor det er observert berg i dagen.	

	kritiske skråninger og mulig løснеområde	Cowi har beskrevet området i tre delområder; 1, 2 og 3. AFRY er enig med Cowi i inndelingen av sonene da de avgrenses av løsmasser som ikke har påvist sprøbruddsegenskaper og/eller berg. Delområde 1 og 2 skal mudres slik at tiltaket ikke påvirkes av sprøbruddsmaterialet. Cowi går derfor kun videre med delområde 3. Cowi har sett på flere skråninger, men har vurdert snitt B-B og E-E som de mest kritiske skråningene. Cowi har vurdert at tiltaket ligger utenfor influenssonen ($4 \cdot H$). Cowi har derfor valgt å gå videre med et krav til sikkerhet for faresonen på $F_{cp} \geq 1,25$ og $F_{cu} \geq 1,20$. AFRY er enig i denne vurderingen.	L
3.3	Befaring	Cowi beskriver at det er gjennomført befaring ved flere anledninger. Vurdering av sjøbunnen baserer seg på sjøbunnskart samt utførte grunnundersøkelser, både totalsonderinger og geofysikk.	L
3.3	Gjennomfør grunnundersøkelser	Det er utført grunnundersøkelser i flere omganger (totalsonderinger, CPTu, prøver, geofysikk og scanning fra fly. Grunnundersøkelser anses tilstrekkelig for formålet.	L
3.4	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder	AFRY er enig med Cowi om valg av løsneområde. Cowi skriver at utløpsområder ikke skal defineres i sjø som beskrevet i NVES rapport n. 9/2020. De går derfor kun videre med løsneområdene. AFRY er enig i vurderingen. I strandsonen er det berg i dagen. Det er derfor ikke aktuelt at en potensielt skred i sjøkanten skal forplante seg innover mot land. Et potensielt skred vil kun påvirke markbakken. Cowi har vurdert skredmekanismen til å være rotasjon- eller flakskred, men de anser flakskred som den mest sannsynlige skredmekanismen i kap. 5.2. AFRY savner en beskrivelse av valgt skredmekanisme. COWI: Har beskrevet mer utfyllende angående skredmekanisme. Endringer inkluderes i revisjon GE01 av rapporten og vises på utklippet under:	Å L

		5.2 Skredmekanisme og soneavgrensning Skredmekanisme bestemmes ved hjelp av flytskjema vist på Figur 5-2. <u>Laboratorieforsøk av leiren viser en omrørt skjærstyrke $1.27 > kPa$ $C_{ult} > 0.69 kPa$, derfor kommer man innenfor flakskred og rotasjonsskred. Ifølge matrisen under, vil skredmekanismen som kan inntreffe her være rotasjons- eller flakskred. Den identifiserte leirsonen går parallelt med berget inn mot land, og derfor anses flakskred som den mest sannsynlige skredmekanismen. Situasjonen i Snitt E-E stemmer bra iht. prinsipp som vises på Figur 5-3. Det er utført beregninger som hensyntar både rotasjonsskred og flakskred.</u> Side 13 av 28 AVINOR <pre> graph TD A[Viser grunnundersøkelser sprøbruddmateriale? NS8015: $c_{ult} \leq 2 kPa$ / ISO 17892-6: $c_{ult} \leq 1.27 kPa$] -- NEI --> B[Ikke fare for områdeskred] A -- JA --> C[Tilsvarende omrørt fasthet eller flyteindeks mulig retrogresjon? NS8015: $c_{ult} \leq 1 kPa$ / ISO 17892-6: $c_{ult} \leq 0.69 kPa$ eller $I_f \geq 1.2$] C -- NEI --> D[Rotasjonsskred eller Flakskred] C -- JA --> E[Andel sprøbruddmateriale over mest kritiske glideflate $b/D > 40\%$] E -- JA --> F[Retrogressivt skred] E -- NEI --> D </pre> Figur 5-25-2. Flytskjema for vurdering av skredmekanisme jf. NVEs veileder 1/2019 [1]. The diagram shows a cross-section of a slope with a failure surface. The failure surface is a curved line separating the soil from the underlying bedrock. The soil is labeled 'Leire' (clay) and the bedrock is labeled 'Berg'. The failure surface is labeled 'Sprøbruddmateriale' (brittle failure material). The length of the failure surface is labeled 'L (Løsneområdets lengde)' and the height of the failure surface is labeled 'H'. Figur 5-3. Uttak fra NVE 1/2019 som viser eksempel på situasjon der flakskred er aktuell. AFRY: Ok, lukket.	
3.1.5	Klassifiser faresoner	Cowi har klassifisert faresonen med faregradsklasse: Lav, Skadekonsekvensklasse: mindre alvorlig, og risikoklasse: 2. Faresonen er navngitt Smørvika. AFRY er enig i vurderingen.	L
3.1.6	Tegninger/figurer	AFRY har ingen kommentarer til tegninger og figurer.	L
4 – Stabilitetsberegninger			
4.1	Stabilitetsberegninger for dokumentert sikkerhet iht. krav i TEK17	Det er gjennomført stabilitetsberegninger i kritiske snitt for udrenert og drenert situasjon. Det er ikke gjort beregninger med før og etter etablering av tiltaket da lastene skal føres til berg slik at det ikke vil påvirke stabiliteten. AFRY er enig i vurderingen. Stabilitetsberegningene er utført for sirkulære og plane glideflater.	L

		Resultatene viser tilfredsstillende sikkerhet for det planlagte tiltaket slik at det ikke vil være nødvendig med stabiliserende tiltak.																					
4.2	Lagdeling	Cowi har vurdert lagdelingen til å bestå av skjellsand, sandig, leirig silt, leire med sprøbruddegenskaper og morene. AFRY er enig i vurderingen.	L																				
4.3	Skjærstyrke og valgte parametere	Valgte materialparametere er valgt basert på CPTu-tolkning, prøveserier, treaksialforsøk og ødometerforsøk samt erfaringstall. AFRY har ingen kommentarer til valg av parametere. Grunnvannstand og poretrykk: grunnvannstanden er satt til kote +0 med en hydrostatisk økning i dybden. <i>Tabell 7-1. Oversikt over materialparametere benyttet i stabilitetsberegninger.</i> <table> <tr> <th>Materiale</th><th>Tyngdetetthet γ/γ' [kN/m³]</th><th>Effektive styrkeparametere, ϕ [°] / c [kN/m²]</th><th>Udrenert aktiv skjærfasthet $S_{u,A}$ [kN/m²]</th></tr> <tr> <td>Skjellsand</td><td>17,0 / 7,0</td><td>34 / 0</td><td></td></tr> <tr> <td>Sandig, leirig, silt</td><td>19,0 / 9,0</td><td>30 / 0</td><td>18,0</td></tr> <tr> <td>Leire (sprøbrudd)</td><td>19,0 / 9,0</td><td>26/0</td><td>-0,28p₀' Se C-profil brukt i beregningsprofiler*</td></tr> <tr> <td>Morene</td><td>19,0 / 9,0</td><td>38 / 4,2</td><td></td></tr> </table> <i>*ADP-forhold for leiren er 1,0 / 0,63 / 0,35</i>	Materiale	Tyngdetetthet γ/γ' [kN/m ³]	Effektive styrkeparametere, ϕ [°] / c [kN/m ²]	Udrenert aktiv skjærfasthet $S_{u,A}$ [kN/m ²]	Skjellsand	17,0 / 7,0	34 / 0		Sandig, leirig, silt	19,0 / 9,0	30 / 0	18,0	Leire (sprøbrudd)	19,0 / 9,0	26/0	-0,28p ₀ ' Se C-profil brukt i beregningsprofiler*	Morene	19,0 / 9,0	38 / 4,2		L
Materiale	Tyngdetetthet γ/γ' [kN/m ³]	Effektive styrkeparametere, ϕ [°] / c [kN/m ²]	Udrenert aktiv skjærfasthet $S_{u,A}$ [kN/m ²]																				
Skjellsand	17,0 / 7,0	34 / 0																					
Sandig, leirig, silt	19,0 / 9,0	30 / 0	18,0																				
Leire (sprøbrudd)	19,0 / 9,0	26/0	-0,28p ₀ ' Se C-profil brukt i beregningsprofiler*																				
Morene	19,0 / 9,0	38 / 4,2																					
4.4	Laster	Cowi beskriver at terrenglaster ikke er aktuelt da det er under vann. AFRY er enig i dette. Bru skal pelefunderes slik at lastene føres ned til berg.	L																				
4.5	Beregningsresultat; lokal skjærsirkel og global sirkel	Cowi har utført beregninger for snitt B-B og snitt E-E som er valgt ut som de mest kritiske. Fundamenter for bru for innflygningslys er vurdert å ligge utenfor influenssonen til kritisk skråning. På bakgrunn av avstand mellom tiltaket og den kritiske skråningen, er krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1.25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1.20$ vurdert som tilstrekkelig. AFRY er enig i resultatet og vurderingen. <i>Tabell 8-1. Resultater fra stabilitetsberegninger.</i> <table> <tr> <th>Snitt</th><th>Udrenerte beregninger F_{cu}*</th><th>Drenerte beregninger $F_{c\phi}$</th><th>Kommentar</th></tr> <tr> <td>Snitt B-B</td><td>1,74</td><td>2,87</td><td>Stabilitet Ok</td></tr> <tr> <td>Snitt E-E</td><td>1,36</td><td>2,51</td><td>Stabilitet Ok</td></tr> </table> <i>*Beregning er utført med udrenerte parametere for laget med leirig, siltig sand.</i>	Snitt	Udrenerte beregninger F_{cu} *	Drenerte beregninger $F_{c\phi}$	Kommentar	Snitt B-B	1,74	2,87	Stabilitet Ok	Snitt E-E	1,36	2,51	Stabilitet Ok	L								
Snitt	Udrenerte beregninger F_{cu} *	Drenerte beregninger $F_{c\phi}$	Kommentar																				
Snitt B-B	1,74	2,87	Stabilitet Ok																				
Snitt E-E	1,36	2,51	Stabilitet Ok																				
5 – Krav til sikkerhet																							
5.1	Krav til sikkerhet	K1 er valgt for utslippsledning og krever ingen forverring. K4 er valgt for fylling og bru for innflygningslys. AFRY er enig i valgene.	L																				

5.2	Erosjon	Det er vanskelig å vurdere erosjon på havbunn. Det er berg i dagen i strandsonen. Fyllinger skal erosjonssikres.	L
6 – Bygge- og sikringstiltak i faresoner			
6.1	Behov for sikringstiltak	Cowi har beskrevet at overvannsledningen plasseres i K1 og såfremt tiltaket ikke medfører forverring så kan tiltaket gjennomføres. AFRY er enig i dette. Dersom det viser seg at tiltaket vil føre til en forverring må det gjennomføres en ny vurdering. Cowi har beskrevet at bru for innflygningslys er klassifisert i tiltakskategori K4. Cowi har beskrevet at bru for innflygningslyset ligger utenfor influensskråningen til kritisk skråning. Det er ikke behov for sikringstiltak.	L
7 – Innmelding og arkivering			
7.1	Grunnundersøkelser meldes inn til NADAG	Grunnundersøkelsene skal meldes inn til NADAG. COWI: Utført 24.02.2025 AFRY: Ok, lukket	Å L
7.2	Nye faresoner meldes inn gjennom NVEs innmeldingsløsning	Utredningen og kvalitetssikring skal meldes inn i NVEs digitale innmeldingsløsning.	TI

4. Sluttkommentar

Utredning av områdeskred/stabilitet er utført etter NVE 1/2019. Utført kvalitetssikring har avdekket 2 åpne kommentar/avvik som må svares ut før AFRY kan anbefale at denne delen av utredningen kan godkjennes. [COWI har oppdatert rapport med utfyllende vurdering av skredmekanisme og grunnundersøkelsene er meldt inn til NADAG. Kommentarene lukkes og AFRY godkjenner derfor utredningen.](#)

5. Referanser

NVE-veileder, «Sikkerhet mot kvikkleireskred», Rapport nr.: 1/2019, Norges vassdrags- og energidirektorat, desember 2020

[1] NVE, «NVE Veileder 1/2019 - Sikkerhet mot kvikkleireskred». desember 2020.