

Til: Grenland havn IKS
Fra: Norconsult AS v/ Egil A. Behrens
Dato 2021-10-14

Langbrygga, Skien - vurdering iht. NVEs kvikkleireveileder mtp. områdestabilitet

1 Innledning

Grenland havn IKS har engasjert Norconsult for bistand med prosjektering for rehabilitering og fundamentering av ny brygge ved Langbrygga i Skien. Eksisterende brygge/kaianlegg står fundamentert på trepeler som er i dårlig forfatning og skal erstattes av en ny kai på ståljernepeler boret inn i berg. Langbryggas geografiske plassering sentralt i Skien er vist i Figur 1.



Figur 1: Langbryggas geografiske plassering i Skien sentrum.

Grunnforholdene ved brygga er kartlagt ved grunnundersøkelser med sonderinger, opptak av prøver og laboratorieforsøk. Noen av prøvene analysert i laboratoriet har vist egenskaper som klassifiserer som sprøbruddmateriale. Dermed må områdestabiliteten vurderes og dokumenteres i henhold til NVEs kvikkleireveileder (Ref. 1). Foreliggende notat tar for seg dette, mens øvrig geoteknisk prosjektering av brygga er gitt i separat prosjekteringsrapport.

2 Krav til vurderingens nøyaktighet

Utredningen / vurderingen av kvikkleireskredfaren skal være tilstrekkelig for byggesaken for rehabiliteringen av Langbrygga. Krav til tilstrekkelig vurdering er gitt i kvikkleireveilederens kapittel 3.3.4.

Det aktuelle tiltaket, det vil si rehabilitering av Langbrygga, innebærer ingen tilflytning av personer. I permanent tilstand vil heller ikke rehabiliteringen påvirke områdestabiliteten negativt, ettersom bryggas utstrekning eller konstruksjonsløsning ikke vil endres vesentlig, kun en marginal forbedring stabilitetsmessig. I anleggsfasen vil det foregå borearbeider for installasjon av nye peler og disse arbeidene vil kunne gi små vibrasjoner og noe poretrykksøkning i leirmassene på stedet, det vil si en midlertidig forverring av områdestabiliteten dersom det ikke gjøres kompensierende tiltak. Følgelig vil tiltaket havne i tiltakskategori K1 i henhold til veilederens kapittel 3.3.1, Ref. 1.

Tiltakskategori K1 medfører krav om stabilitetsanalyse som dokumenterer at sikkerhetsfaktoren for områdestabilitet er over $1,4 \cdot f_s (=1,61)$ eller at man unngår forverring i alle faser av prosjektet. Det er ikke anbefalt (eller krav om) uavhengig kvalitetssikring av vurderinger for K1-tiltak. Det er ikke strengt nødvendig å vurdere utstrekning og faregraden for kvikkleirefasesone for K1-tiltak, men en slik vurdering er allikevel presentert i følgende kapitler.

3 Marin grense

Langbrygga i Skien ligger ved Bryggevannet som ligger på tilnærmet samme nivå som havet. Bryggeområdet ligger på kote omtrent +2 til +3 meter over havet. Hele området er dermed under marin grense, hvor det kan være sprøbruddmateriale/kvikkleire.

4 Område med marine avsetninger

Løsmassekart fra NGU (Figur 2), antyder at løsmassene i området består av fyllmasser (grå farge) over marine havavsetninger (lys blå farge). Sydvest for elva er det elveavsetninger (gul farge). Havavsetningene kan inneholde kvikkleire.



Figur 2: Løsmassekart, hentet fra geo.ngu.no/kart/losmasse. Aktuelt område skissert med sort ring.

5 Kartlagte faresoner for kvikkleireskred

Det er flere kartlagte kvikkleirefaresoner i nærheten av Langbrygga. De nærmeste er sonene 691 Lundedalen og 692 Kverndalen, som ligger i overkant av 300 meter nordvest for Langbrygga. Det er også en kartlagt kvikkleirefaresone 800 meter syd for Langbrygga, sone 55 Follestad. Faresonene er vist i Figur 3.

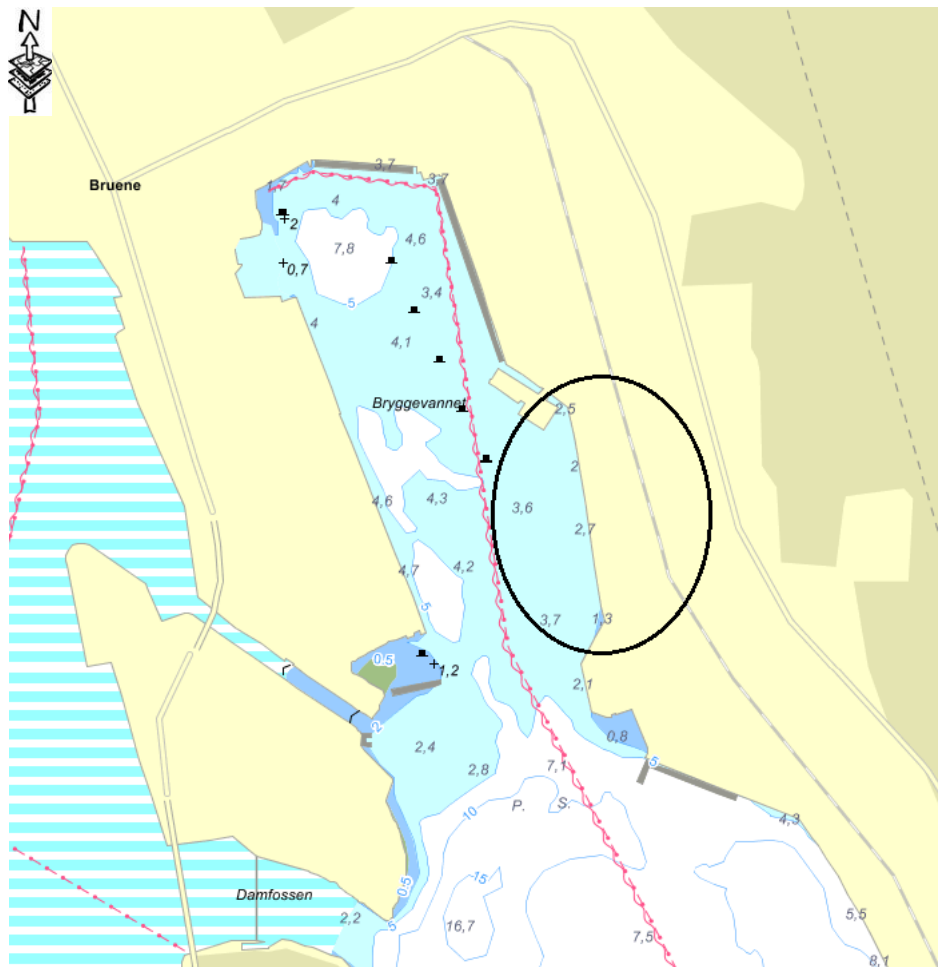


Figur 3: Utsnitt av kvikkleirefarezonedkart, hentet fra atlas.nve.no.

6 Terrengforhold

I henhold til NVEs veileder (Ref. 1), vil det ikke kunne gå områdeskred på grunn av kvikkleire eller sprøbruddmateriale dersom terrengets helning er lavere enn 1:20 og den totale høydeforskjellen er mindre enn 5 meter.

Ut fra et grovt sjøkart (Figur 4), er dybden i elva omtrent 3,5 til 4,0 meter (under sjøkartnull). Bryggen ligger like under kote +2 (NN2000) og terrenget bak bryggen er tilnærmet flatt (under kote +3 til skrent med berg i dagen). Følgelig er total høydeforskjell i området mer enn 5 meter og utelatelseskriteriet for terrengforhold er ikke oppfylt.



Figur 4: Sjøkartutsnitt, hentet fra kart.gulesider.no.

7 Grunnundersøkelser

Norconsult har utført grunnundersøkelser i området for rehabiliteringen av Langbrygga. Det ble gjort 8 totalsonderinger, 2 trykksønderinger (CPTU) og tatt opp prøver i ett av borpunktene. Prøvene er analysert i NGIs geotekniske laboratorium. Enkelte av prøvene har vist egenskaper som karakteriserer løsmassene som sprøbruddmateriale, og stedvis kvikkleire. Tre aksialforsøk utført på 2 av prøvene viser en udrenert aktiv skjærfasthet på omtrent 50 kPa i leirmassene ved 4-6 meter dybde. Tolkning av utførte trykksønderinger indikerer en noe lavere styrke, men en tydelig økning av styrken i dybden. Resultatene fra grunnundersøkelsene er vist i datarapport, Ref. 2.

Fv. 32 ligger på en berghylle. Bergskrenten mellom bygningene ved Langbrygga og fv. 32 er synlig i dagen i hele bryggens lengde.

Det er tidligere gjort grunnundersøkelser mellom fv. 32 og Skienselva syd for Langbrygga i forbindelse med geoteknisk vurdering utført av GrunnTeknikk AS. I denne undersøkelsen ble det gjort et stort antall sonderinger, samt prøvetaking i 3 punkt, hvorav 2 er plassert nær Langbrygga. Omtrentlig plassering er vist i Figur 5. Prøvene ble analysert i geoteknisk laboratorium. Skjærfasthetsmålinger med konusapparat viser at det ikke er sprøbruddmateriale i noen av de 3 punktene.

8 Avgrensning av løsneområde

GrunnTeknikk AS har tidligere gjort grunnundersøkelser (Ref. 3) og geotekniske vurderinger ved Jernbanebrygga syd for Langbrygga. I dette området ble det ikke påtruffet sprøbruddmateriale/kvikkleire. Følgelig vil et eventuelt kvikkleireskred ved Langbrygga ikke nå inn i området undersøkt av GrunnTeknikk.

Avslutning mot nord er bestemt skjønsmessig ut fra at området er flatt og at målt bormotstand er høyere i det nordligste av Norconsults totalsonderinger enn i de mer sydlige.

9 Avgrensning av utløpsområde

Avgrensning av løsne- og utløpsområde er vist på kart i Figur 5. Avgrensningen er vurdert og bestemt ut fra prøveserier i området, terrengets helning, berg i dagen og tiltakets utstrekning. Elvas dybde øker mot syd og avtar mot nord, derfor vurderer vi at utløpsområdet i hovedsak vil strekke seg sydover. Elva renner fra nord mot syd. Utstrekningen kan være noe overdrevet.



Figur 5: Skissert løsne- og utløpsområde for et eventuelt kvikkleireskred. Løsneområde med blått omriss, utløpsområde med grønt omriss. Posisjon for 3 prøveserier fra GrunnTeknikk-rapport (GT) hvor det ikke ble funnet sprøbruddmateriale, samt posisjon for Norconsults borpunkt 3 hvor det ble påtruffet sprøbruddmateriale, er vist på figuren (omtrentlig).

10 Faregradsklassifisering

Kvikkleirefaresonens utstrekning er lik utstrekningen av løsneområdet pluss utløpsområdet.

En tabell for vurdering av faresonens faregrad i henhold til NVEs veileder er gitt under.

Faktor	Begrunnelse	Vekttall	Score	Vekttall * score
Tidligere skredaktivitet	Ingen tidligere skred kjent	1	0	0
Skråningshøyde	Mindre enn 15 meter	2	0	0
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	OCR tolket fra trykksonderinger (CPTU) ved borpunktene 2 og 5 indikerer OCR minst 1,3, opp mot 2,0. Velger konservativt OCR mellom 1,2 og 1,5.	2	2	4
Poretrykk	Trykksonderinger viser tynne, drenerende lag som begrenser mulig poretrykksoppbygning og Bq-verdi i leirmasser omtrent 0,6-0,7, dvs moderat poreovertrykksoppbygning under sonderingen. Statisk poretrykksfordeling er ikke målt. Fjellskjæring i øst ved Fv 32 begrenser mulige overtrykk i øvre deler av fjellvolumet.	3	1	3
Kvikkleiremektighet	Større enn $H/2 = 3$ m	2	3	6
Sensitivitet	Sensitiviteten målt på prøver ligger mellom 11 og 75 (gruppe 30-100).	1	2	2
Erosjon	Ingen erosjon kjent eller påvist ved dykkerundersøkelse. Området vil bli erosjonssikret ved sprengstein og nødvendig plastring	3	0	0
Inngrep: forverring	Ingen forverring i permanent tilstand, det må gjøres kompensierende tiltak slik at man unngår forverring i anleggsfasen.	3	0	0
SUM				15

En sum på 15 gir **lav faregrad** (sum lik 18 eller høyere gir middels eller høy faregrad).

Stabilitetsanalysen må dokumentere at det ikke blir forverring i noen faser dersom beregnet sikkerhet er under $1,4 \cdot f_s = 1,61$ i beregning med udrenert materialoppførsel og/eller under 1,25 med drenert materialoppførsel.

11 Stabilitetsvurdering

Vi har utført stabilitetsberegning i et karakteristisk snitt fra bergskrenten ved fv. 32 til Skienselva, vinkelrett på bryggekannten. Beregningssnittet er lagt der sjødybden er omtrentlig på det maksimale og stabiliteten dermed dårligst.

Det er forutsatt at bygninger bak brygga er direktefundamentert, dvs at vekten av disse belaster grunnen under. Dette er en konservativ antakelse mtp stabiliteten, dvs at dersom byggene er pelefundamentert, vil stabiliteten i realiteten være bedre enn beregnet. Det har dessverre ikke vært

mulig å kartlegge fundamenteringsmetoden for alle byggene uten omfattende destruktive undersøkelser. Bygningslastene er estimert til inntil 98 kPa (dimensjonerende verdi) av byggetekniker.

Beregningene er utført i elementmetodeprogrammet Plaxis 2D. Det er også utført kontrollberegninger i lamellemetodeprogrammet GeoSuite Stability. Kontrollberegningene viser tilsvarende resultater.

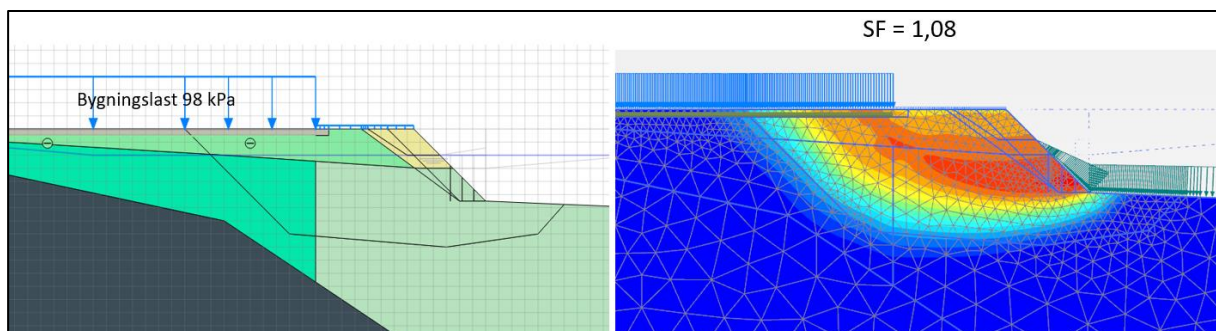
I beregningene har vi tolket lagdeling ut fra sonderingsresultatene. Udrenert skjærfasthet for leira er bestemt ut fra tolkning av trykksonderingsresultatene samt tolkning av treksielle trykkforsøk utført på opptatte prøver ved borpunkt 3.

Stabilitetsberegningene viser at beregningsmessig sikkerhetsfaktor er like over 1,0 i udrenert situasjon, det vil si at stabiliteten er anstrengt og langt under det minimum som tillates for at man skal kunne gjøre små stabilitetsforverringar ifbm bryggeutskiftningen. Beregnede sikkerhetsfaktorer uten spesielle stabiliseringstiltak er som følger:

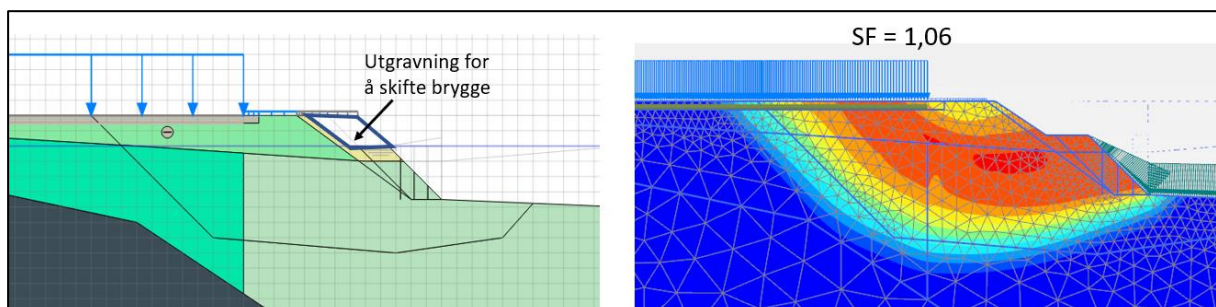
- 1) Eksisterende situasjon: Sikkerhetsfaktor 1,08 (Figur 6)
- 2) Anleggsfase: Sikkerhetsfaktor 1,06 (Figur 7)
- 3) Ferdigsituasjon: Vil være marginalt bedre enn eksisterende situasjon.

Med dette ser vi at anleggsfase uten stabiliseringstiltak gir en forverring som ikke kan aksepteres. For å unngå forverring ifbm anleggsfasen ser vi det nødvendig å etablere en motfylling i anleggsfasen for å holde beregningsmessig sikkerhetsfaktor over 1,08.

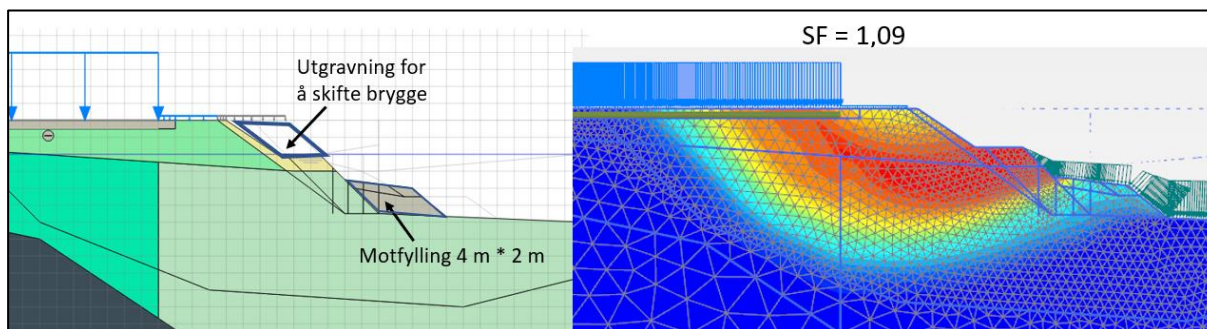
Beregning med motfylling med bredde 4 m og høyde 2 m i hele bryggens lengde gir tilstrekkelig sikkerhet i anleggsfasen (Figur 8). En noe bredere og høyere motfylling kan være hensiktsmessig for å dra nytte av denne ifbm den praktiske anleggsgjennomføringen.



Figur 6: Beregningssnitt og kritisk bruddflate, nåværende situasjon. Sikkerhetsfaktor 1,08.



Figur 7: Beregningssnitt og kritisk bruddflate, anleggssituasjon uten motfylling. Sikkerhetsfaktor 1,06.



Figur 8: Beregningssnitt og kritisk bruddflate, anleggssituasjon med motfylling. Sikkerhetsfaktor 1,09 > 1,08.

En større motfylling vil gi større sikkerhet i anleggsfasen, så lenge denne anlegges tilstrekkelig slak slik at selve motfyllingen også har tilstrekkelig stabilitet. En motfylling cirka 3 m høy og 6-8 m bred vil gi enklere anleggsgjennomføring og en ekstra stabilitetsmargin i anleggsfasen. Detaljer rundt utforming av motfyllingen, samt arbeidsrekkefølger, gis i separat prosjekteringsrapport.

Lokalstabiliteten av motfylling inntil 3,5 m høy, neddykket i vann, er beregnet å være tilstrekkelig med noe margin ift minstekrav om materialfaktor 1,40.

I ferdigtilstand må store deler av motfyllingen fjernes for å gi tilstrekkelig seilingsdybde. Noe masser blir igjen som plastring og dette vil sammen med den nye kaikonstruksjonen utgjøre en marginal stabilitetsøkning relativt til situasjonen før tiltaket.

Med dette vil planlagt tiltak inkludert midlertidig motfylling tilfredsstillende stabilitetskravene gitt i NVEs veileder nr 1/2019.

12 Referanser

Ref. 1: "Sikkerhet mot kvikkleireskred", NVE veileder nr 1/2019, tilgjengelig fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf

Ref. 2: "Langbrygga i Skien - Grunnundersøkelser - geoteknisk datarapport", dokumentnummer 5172087-RIG02, utarbeidet av Norconsult, datert 2017-09-12.

Ref. 3: "Skien Brygge - Grunnundersøkelser for byggeprosjekt – Geoteknisk datarapport», dokumentnummer 110422r1, utarbeidet av GrunnTeknikk, datert 2013-01-23

1	2021-10-14	Ferdig notat.	Egil A. Behrens	Birger Hollerud	Karsten Graarup
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver.