



Rapport / Report

Fare- og risikokartlegging av kvikkleireområder, Oslo kommune

Risiko for kvikkleireskred

20081717-00-1-R
8. november 2011
Rev. 1

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemand uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekt: Fare- og risikokartlegging av kvikkleireområder, Oslo kommune
Dokumentnr.: 20081717-00-1-R
Dokumenttittel: Risiko for kvikkleireskred
Dato: 8. november 2011
Rev. 1

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Pilsenteret
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontnr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
Fakturamottak
Oppdragsgivers
kontaktperson: Toril Wiig
Kontraktreferanse: 200702567 svk/towi

For NGI

Prosjektleder: Trond Vernang
Utarbeidet av: Trond Vernang
Arbeid også utført av: Håkon Heyerdahl, José Cepeda og Bjørn Kalsnes
Kontrollert av: Anders Solheim

Sammendrag

NGI har på oppdrag fra Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) utført kvikkleirekartlegging med hensyn på store kvikkleireskred i Oslo kommune.

Kartleggingen av kvikkleiresoner i Oslo inngår som en del av det landsomfattende arbeidet med å kartlegge skredfarlige kvikkleireområder i Norge. Resultatene vil bli lagt til grunn ved planlegging av utbyggingsområder og terrenginngrep samt ved sikring av prioriterte skredutsatte områder.

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20081717-00-1-R
Rev. 1
Dato: 2011-11-08
Side: 4

Kartlegging er utført innenfor deler av kartbladene: 1814-I Asker, 1815-II Oppkuven, 1914-IV Oslo og 1915-III Nannestad i N50. Disse 4 kartbladene dekker hele Oslo kommune.

Kartlegging av kvikkleiresoner gjøres trinnvis, dvs. at en oversiktskartlegging av soner foretas først, deretter gjøres en risikovurdering av sonene, og til slutt foretas evt. en nærmere utredning av utvalgte soner. I enkelte av landets kommuner er utredning av kvikkleiresoner med tanke på stabilitet og evt. sikring nå under utførelse.

Prosjektet som nå er igangsatt for Oslo kommune omfatter en første kartlegging av kvikkleiresoner, og da kun basert på tilgjengelige data. I tillegg til en kartlegging av sonenes utbredelse, er det utført en risikovurdering av sonene, dvs. en vurdering av faregrad og konsekvenser, som til sammen gir risiko for sonen.

Grunnlag for arbeidet har vært kvartærgeologiske kart, vektorkart fra Oslo kommune med 1-meters-koter, befaring av utvalgte områder og gjennomgang av diverse rapporter fra grunnundersøkelser/byggeprosjekter og tidligere skredhendelser.

Det bemerkes at innenfor Oslo kommune foreligger en enorm mengde data fra tidligere grunnboringer mv. (ca. 200.000 borpunkter og 12.000 prøveserier i undergrunnsdatabasen) fra en rekke forskjellige kilder. Det har bare vært mulig å gå detaljert inn i begrensede deler av dette materialet, og dette er først og fremst gjort i detalj langs Alnaelva, da tilgangen til data har vært god. For store deler av materialet i Oslo kommunes arkiver har tilgangen vært begrenset, på grunn av at materialet tilhører eksterne firmaer.

Det er ikke utført noen egne grunnundersøkelser i forbindelse med denne kartleggingen i Oslo kommune. I stedet er eksisterende arkivmateriale som beskrevet foran benyttet. Det er i utgangspunktet en nærmest ugjennomførbar oppgave å gå gjennom all tilgjengelig informasjon fra tidligere grunnundersøkelser innen Oslo kommune. Det har derfor vært nødvendig å være meget selektiv i dette arbeidet og konsentrere gjennomgangen til utvalgte områder. Dette er i hovedsak områder langs hovedvassdragene (Lysakerelva, Mærradalsbekken, Hoffselva, Frognerelva, Akerselva, Hovinbekken, Alna, Ellingsrudelva og Ljanselva) der man i utgangspunktet ville anta at det var potensiale for kvikkleiresoner.

Som resultat av arbeidet er det definert 16 kvikkleiresoner langs Alnavassdraget. Alnaelva har en topografi som oppfyller kriteriene til kartleggingen. Fordelingen av antall soner mellom de ulike klassene, er som følger:

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20081717-00-1-R
Rev. 1
Dato: 2011-11-08
Side: 5

Faregrad

<i>Klasse:</i>	<i>Lav</i>	<i>Middels</i>	<i>Høy</i>
<i>Antall soner:</i>	5	9	2

Konsekvens

<i>Klasse:</i>	<i>Mindre alvorlig</i>	<i>Alvorlig</i>	<i>Meget alvorlig</i>
<i>Antall soner:</i>	0	2	14

Risiko

<i>Klasse:</i>	1	2	3	4	5
<i>Antall soner:</i>	0	0	6	9	1

Lokalt kan det forekomme mindre lommer med kvikkleire i avgrensede områder, som ikke er kartlagt i dette prosjektet, og som heller ikke vil oppdages før det evt. foretas detaljerte grunnundersøkelser. Det er viktig å være oppmerksom på at et område med marine sedimenter som ikke er kartlagt og/eller avmerket som en kvikkleiresone, ikke gir noen garanti for at det ikke finnes kvikkleire i området.

Det presiseres samtidig at grunnlagsmaterialet dokumenterer kvikkleire i flere områder utenfor de angitte sonene. Imidlertid er kriteriene for definering av en sone med fare for naturlige kvikkleireskred ikke oppfylt, og disse områdene er derfor ikke kartlagt som soner. Problemer knyttet til kvikkleire kan dermed også forekomme utenfor de kartlagte sonene, men sannsynligheten for store naturlige utløste kvikkleireskred ansees for mindre sannsynlig.

Det vil for øvrig alltid være en planleggers/tiltakshavers ansvar å fremskaffe relevant informasjon om forholdene og bringe på det rene hvorvidt et område kan være utsatt for skredfare. Det påpekes at ut fra et risikosynspunkt, vil som oftest kvikkleireområder i tettbygd strøk ha betydelig risiko selv om arealet av kvikkleiresonen er lite.

Dersom nytt grunnlagsmateriale blir tilgjengeliggjort, og viser forekomst av kvikkleire utenom de kartlagte sonene, vil dette kunne danne grunnlag for kartlegging av nye soner ved senere revisjon av kvikkleirekartene.

Innhold

1	Innledning	7
1.1	Nasjonal kartlegging av fareområder for kvikkleireskred i Norge	7
1.2	Omfang	7
1.3	Metodikk	8
1.4	Datagrunnlag	9
1.5	Grunnundersøkelser	10
2	Generell beskrivelse	13
2.1	Siste istid	14
2.2	Isavsmeltingen i Oslo-området	15
2.3	Strandforskyvning	18
2.4	Hav- og fjordavsetninger	18
2.5	Marine strandavsetninger	19
2.6	Elveerosjon og skred i leirområdene	19
3	Tidligere kvikkleireskred i Oslo kommune	20
3.1	Skred i Groruddalen	20
3.2	Skred i Lodalen / langs Alnaelva	21
3.3	Skred langs Gaustadbekken	22
3.4	Bekkelagsskredet	22
3.5	Skred mellom Ulvenveien 89 og Hovinbekken / Brobekkveien	24
4	Resultater	25
4.1	Klassifiseringsmetode	25
4.2	Kartlagte kvikkleiresoner	26
5	Tiltak	27
6	Plan- og byggesaksarbeid innefor faresoner	27
7	Plan- og byggesaksarbeid utenfor faresoner	27
8	Referanser	28

Vedlegg

- A Beskrivelse av kvikkleiresonene

Kartbilag

01-03	Faregradskart	M = 1: 10 000
04-06	Konsekvenskart	M = 1: 10 000
07-09	Risikokart	M = 1: 10 000

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har på oppdrag fra Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) utført kvikkleirekartlegging med hensyn på fare for store kvikkleireskred i Oslo kommune.

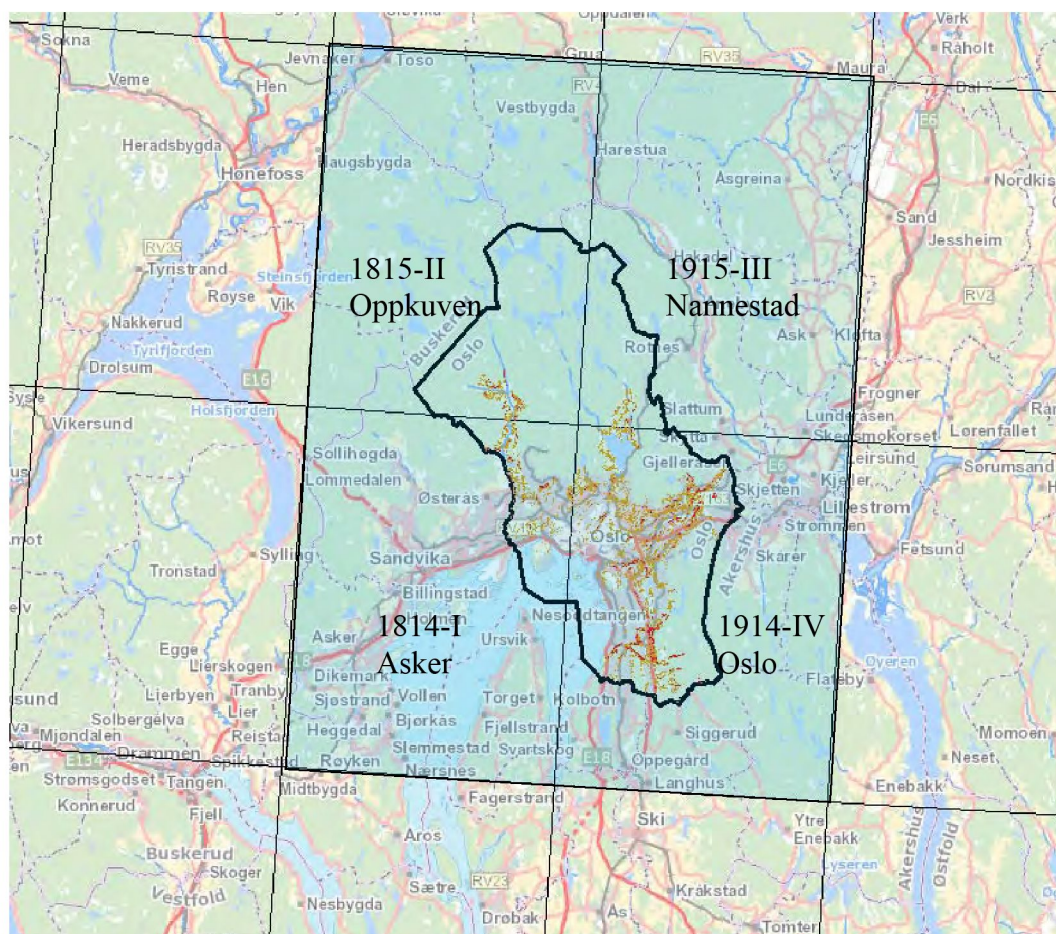
1.1 Nasjonal kartlegging av fareområder for kvikkleireskred i Norge

Kartleggingen av kvikkleiresoner i Oslo inngår som en del av det landsomfattende arbeidet med å kartlegge skredfarlige kvikkleireområder i Norge. Kartleggingen av kvikkleire ble igangsatt i kjølvannet av skredkatastrofen i Rissa i 1978. Hensikten med kartleggingen er å forebygge faren for kvikkleireskred i fremtiden. Resultatene vil bli lagt til grunn ved planlegging av utbyggingsområder og terrenginngrep samt ved sikring av prioriterte skredutsatte områder.

1.2 Omfang

Kartlegging er utført innenfor kartbladene; 1814-I Asker, 1815-II Oppkuven, 1914-IV Oslo og 1915-III Nannestad i N50. Disse kartbladene dekker hele Oslo kommune. Siden kvikkleire dannes av marine leiravsetninger, er kun områder under øvre marine grense, dvs. områder med mulige marine avsetninger, vurdert, se Figur 1.

Områder innenfor kartbladene, men tilhørende øvrige kommuner, er ikke kartlagt i denne omgang. Kvikkleirekartlegging er imidlertid utført innenfor flere av disse kommunene tidligere.



Figur 1 Kartbladene 1814-I Asker, 1914-IV Oslo, 1815-II Oppkuven og 1915-III Nannestad i N50 kart. Oslo kommune er markert med sort strek.

1.3 Metodikk

Kartlegging av kvikkleiresoner gjøres trinnvis, dvs. at en oversiktskartlegging av soner foretas først, deretter gjøres en risikovurdering av sonene, og til slutt foretas evt. en nærmere utredning av utvalgte soner.

Prosjektet som nå er utført for Oslo kommune er en del av et landsomfattende program for oversiktskartlegging av potensielt skredfarlige, store kvikkleireforekomster. I tillegg til en kartlegging av sonenes utbredelse er det utført en risikovurdering av sonene, dvs. en vurdering av faregrad og konsekvenser, som til sammen gir risiko for sonen.

Kartleggingen er utført etter den samme metodikk som er benyttet for kvikkleirekartlegging i andre kommuner og tar utgangspunkt i tilgjengelig informasjon om bl.a. topografiske forhold, type og mektighet av antatte løsmasseavsetninger, antatte poretrykksforhold, historisk skredaktivitet og erosjonsforhold (ref. /1/). Løsmassekart fra NGU er benyttet (ref. /2/ tom. /5/), sammen med vanlige topografiske kart med 1 m ekvidistanse, samt flyfotos. En

stor mengde grunnundersøkelsesdata og historiske dokumenter om tidligere skredhendelser er også gjennomgått i forbindelse med arbeidet.

Befaringer utført i løpet av 2010 har ført til utelukking av flere områder i kartleggingen på grunn av fjellblotninger som ikke tidligere var kartlagt.

Utbredelse og lokalisering av faresonene bygger på studier av geologiske og topografiske forhold samt vurdering av resultatene av grunnundersøkelsene. Nedre grense for skråningshøyde er satt til 10 m i dette studiet (ref. /1/). Dette er i overensstemmelse med empiriske data som viser at større skred i ravineområder stort sett skjer der skråningshøyden er større enn 10 m.

De topografiske kriterier som anvendes for kvikkleiresoner vil utelukke en rekke områder med kjente kvikkleireavsetninger, hvor faren for naturlig utløste kvikkleireskred ikke regnes å være av betydning (ref. /1/).

Det påpekes at det også utenfor de påviste sonene kan forekomme kvikkleire og inntreffe kvikkleireskred i marine avsetninger. For disse områdene anser vi imidlertid at det er mindre sannsynlig at store kvikkleireskred vil forekomme. Det vil for øvrig alltid være planlegger/tiltakshavers ansvar å fremskaffe relevant informasjon om forholdene og bringe på det rene hvorvidt et område kan være utsatt for skredfare (ref. /10/). Fra et risikosynspunkt, kan kvikkleire i tettbygd strøk ha betydelig risiko selv om arealet av kvikkleiresonen er liten.

Utbredelse av kvikkleiresoner og faregradevaluering, skal være noe konservativ/forsiktig antatt. Det vil si at sonen normalt vil være angitt noe for stor og at det i enkelte tilfeller kan være angitt en sone hvor det ikke er reell fare for kvikkleireskred. Faregraden på foreslått sone kan også være estimert for høyt. Generelt sett vil supplerende undersøkelser forbedre grunnlaget for mer presis vurdering av disse forholdene. Det må imidlertid sies at grunnlagets vurdering av utbredelse og faregrad for de foreslåtte sonene innen Oslo generelt er godt.

Dersom nytt grunnlagsmateriale blir tilgjengeliggjort for områder også utenfor Alnavassdraget, og viser forekomst av kvikkleire utenom de kartlagte sonene, vil dette kunne danne grunnlag for kartlegging av nye soner ved senere revisjon av kvikkleirekartene.

1.4 Datagrunnlag

Grunnlag for arbeidet har vært kvartærgeologiske kart, vektorkart fra Oslo kommune med 1-meters-koter (ref. /6/), flyfoto, befaringer og gjennomgang av en lang rekke rapporter om grunnundersøkelser og skredhendelser fra bl.a. Oslo kommune, NSB/Jernbaneverket, Statens vegvesen samt flere geotekniske firmaer. Oslo kommune har vært hjelpelige med supplerende informasjon.

Det bemerkes at innenfor Oslo kommune foreligger en enorm mengde data fra grunnboringer mv. (ca. 200.000 borpunkter og 12.000 prøveserier i undergrunnsdatabasen) fra en rekke forskjellige kilder. Mengden av og format på dette materialet tilsier at det bare har vært mulig å gå detaljert inn i begrensede deler av datagrunnlaget innenfor dette prosjektets rammer. For deler av materialet i Oslo kommunes arkiver har også tilgangen vært begrenset, grunnet at materialet tilhører eksterne firmaer. Det er også ofte slik at utførte undersøkelser ikke er utført i den hensikt å kartlegge kvikkleireavsetninger, slik at typen og fordelingen av undersøkelser ikke er optimal for anvendelse til dette formål.

For områder dekket av marine sedimenter er NGUs løsmassekart tilgjengelig som WMS på web, brukt som bakgrunnsdata. Disse kartene forteller imidlertid i prinsippet hovedsakelig bare noe om hvilke sedimenter som påtreffes i overflaten. Eksempelvis er det ofte angitt elveavsetninger i overflaten langs vassdrag samtidig som det ofte nettopp er langs vassdrag man har kvikkleiresoner.

1.5 Grunnundersøkelser

1.5.1 Grunnundersøkelser som grunnlag for kartleggingen

Kvikkleirekartlegging har, hva angår den innledende kartleggingen som er utført siden 1970-tallet, normalt vært basert på et meget beskjedent omfang av grunnundersøkelser. I kartlegging utenfor tettbygde strøk har det som regel vært utført bare én dreietrykksondering innenfor en mulig kvikkleiresone, evt. supplert med opptak av et fåtall prøver eller utførelse av vinge boring i mulig sensitive leirlag.

Det er ikke utført noen egne grunnundersøkelser i forbindelse med denne kartleggingen i Oslo kommune. I stedet er eksisterende arkivmateriale som beskrevet foran benyttet. Det er i utgangspunktet en nærmest ugjennomførbar oppgave å gå gjennom all tilgjengelig informasjon fra tidligere grunnundersøkelser innen Oslo kommune. Det har derfor vært nødvendig å være meget selektiv i dette arbeidet og konsentrere gjennomgangen til utvalgte områder. Dette er i hovedsak områder langs hovedvassdragene (Lysakerelva, Mærradalsbekken, Hoffselva, Frognerelva, Akerselva, Hovinbekken, Alna, Ellingsrudelva og Ljanselva) der man i utgangspunktet ville anta at det var potensiale for kvikkleiresoner (Figur 2).

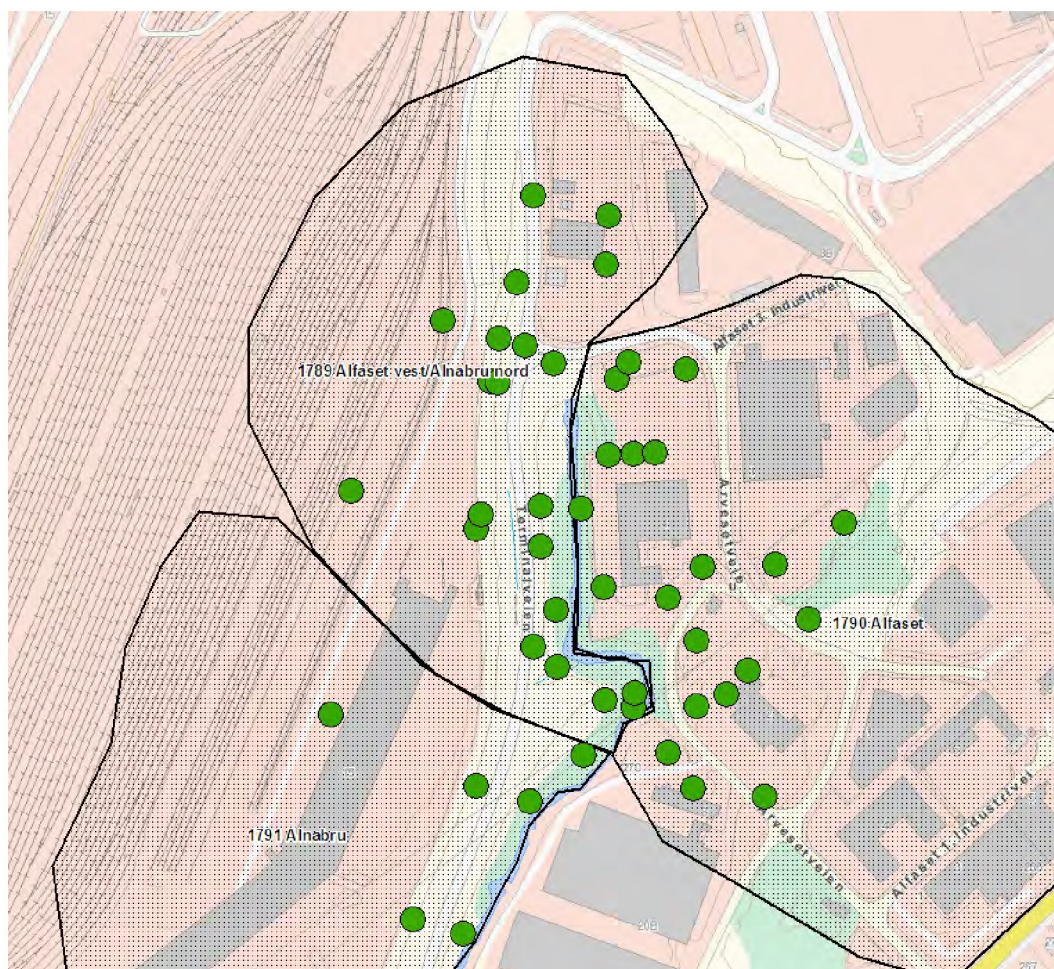
I tillegg til selve datamengden har man det generelle problemet at det ofte ikke gis tilgang til rapporter fra mange tidligere grunnundersøkelser utført av forskjellige private firmaer.

Små kvikkleirelommer/fravær av kvikkleire gjør at store strekninger langs hovedvassdragene ikke oppfyller kriteriene i prosjektet. Alnaelva skiller seg her ut ved å ha topografi og løsmasser som tilfredsstillende kriteriene for å definere kvikkleiresoner.



Figur 2 Oslos elveløp (fra "Vandring langs Oslos elver, St. Halvard, 2/2009).

Langs Alnaelva er det gjort sammenstilling av en rekke borpunkter for å vurdere utbredelse av kvikkleiresoner samt faregrad. Et eksempel på resultater fra dette arbeidet, implementert i GIS-applikasjon, er vist i Figur 3. For hvert borpunkt er både dybde og mektighet av kvikkleire vurdert, sensitivitet av leire, samt evt. poreovertrykk eller -undertrykk. Det bemerkes at dette arbeidet egentlig representerer en detaljeringsgrad som går langt utover det som er vanlig i kartlegging på dette nivået, og slik detaljert gjennomgang av data er derfor avgrenset til Alna-området hvor tilgangen på data har vært god, samtidig som topografiske forhold og generell kunnskap om kvikkleire i området tilsa at et slikt arbeid var gjennomførbart og fornuftig.



Figur 3 Boringer med antatt (tolket) eller bekreftet kvikkleire innenfor sonene 1789 Alfaset vest, 1790 Alfaset og 1791 Alnabru.

1.5.2 Avgrensning av soner

Områder som er avmerket som kvikkleiresoner vil i mange tilfeller, etter supplerende grunnundersøkelser og nærmere geoteknisk vurdering, kunne reduseres i størrelse eller i noen tilfeller bortfalle i sin helhet. Slike mer detaljerte undersøkelser tilhører et senere steg i kartleggingen ("utredning") enn det som presenteres i denne rapporten. Det antas likevel at for noen soner vil eksisterende grunnundersøkellesdata, dersom disse kan gjøres tilgjengelig, kunne gi grunnlag for å foreta betydelige justeringer av de foreslåtte sonene. Dette er detaljerte vurderinger, som i tilfelle må inngå som del av en senere fase av prosjektet, dvs. "utredning" av kvikkleiresonene og da helst i kombinasjon med evt. vurdering av sikringsbehov og stabilitetsforhold (ref. /11/).

Med referanse til avsnitt 1.5.1 påpekes det at vurderingen gjort mht. utbredelse av kvikkleiresoner langs Alna er relativt detaljerte og mer detaljerte enn det som er vanlig for kvikkleirekartleggingen.

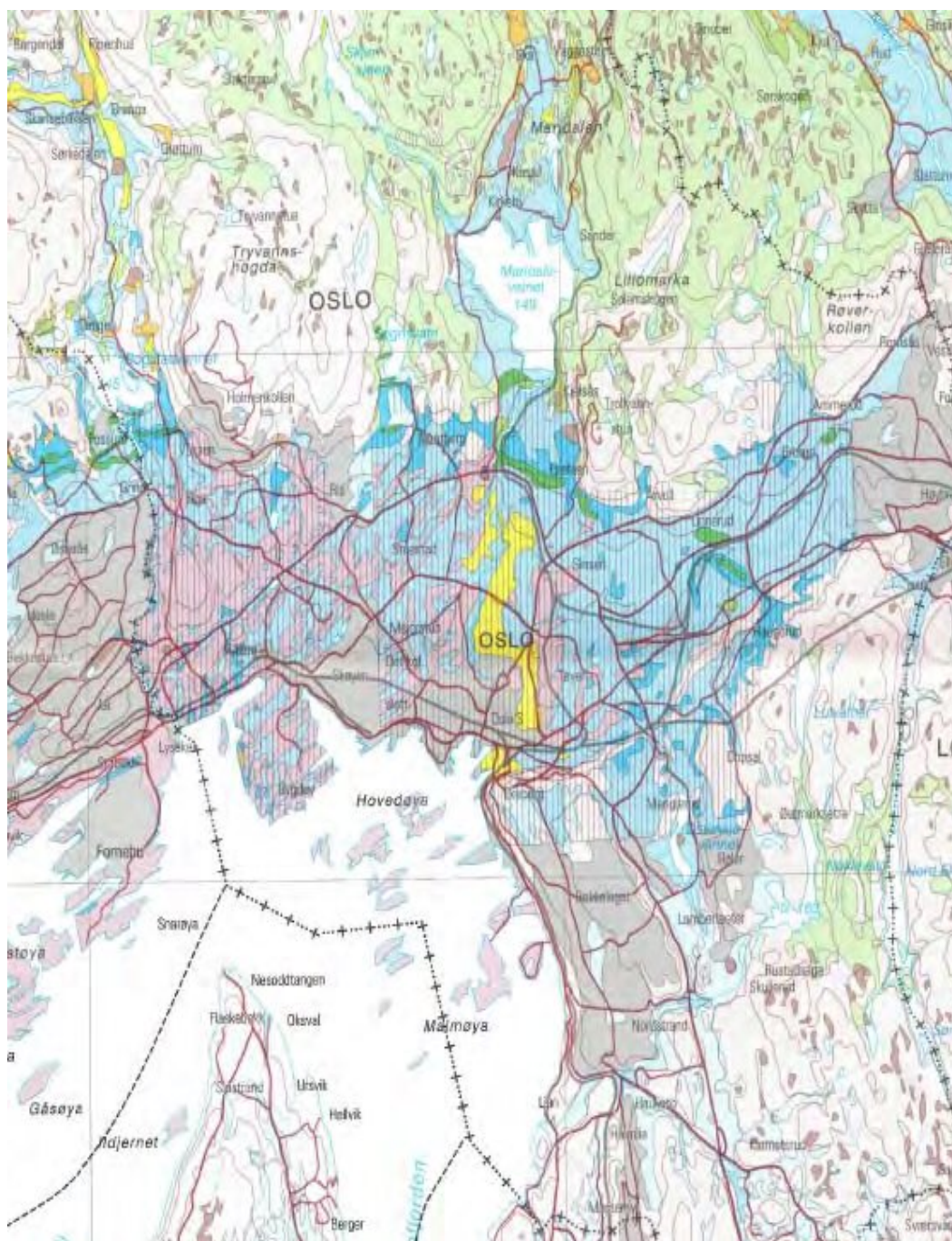
1.5.3 Kvikkleirelommer

Lokalt kan det forekomme mindre lommer med kvikkleire i avgrensede områder som ikke er kartlagt i dette prosjektet, og som heller ikke vil oppdages før det evt. foretas detaljerte grunnundersøkelser. Det er viktig å være oppmerksom på at et område med marine sedimenter som ikke er kartlagt og/eller avmerket som en kvikkleiresone, ikke gir noen garanti for at det ikke finnes kvikkleire i området.

Dersom eksempelvis en utbygger påtreffer kvikkleire utenfor en kartlagt kvikkleiresone i forbindelse med forundersøkelser for et byggeprosjekt, skal likevel de samme regler som for kvikkleiresoner for øvrig følges (jfr. Sikkerhetskrav i Tek 10) (ref. /10/).

2 Generell beskrivelse

Kartbladene 1814-I Asker, 1815-II Oppkuven, 1914-IV Oslo og 1915-III Nannestad dekker hele Oslo kommune (Figur 1). De største marine avsetningene befinner seg innenfor kartbladene Asker og Oslo (Figur 4).

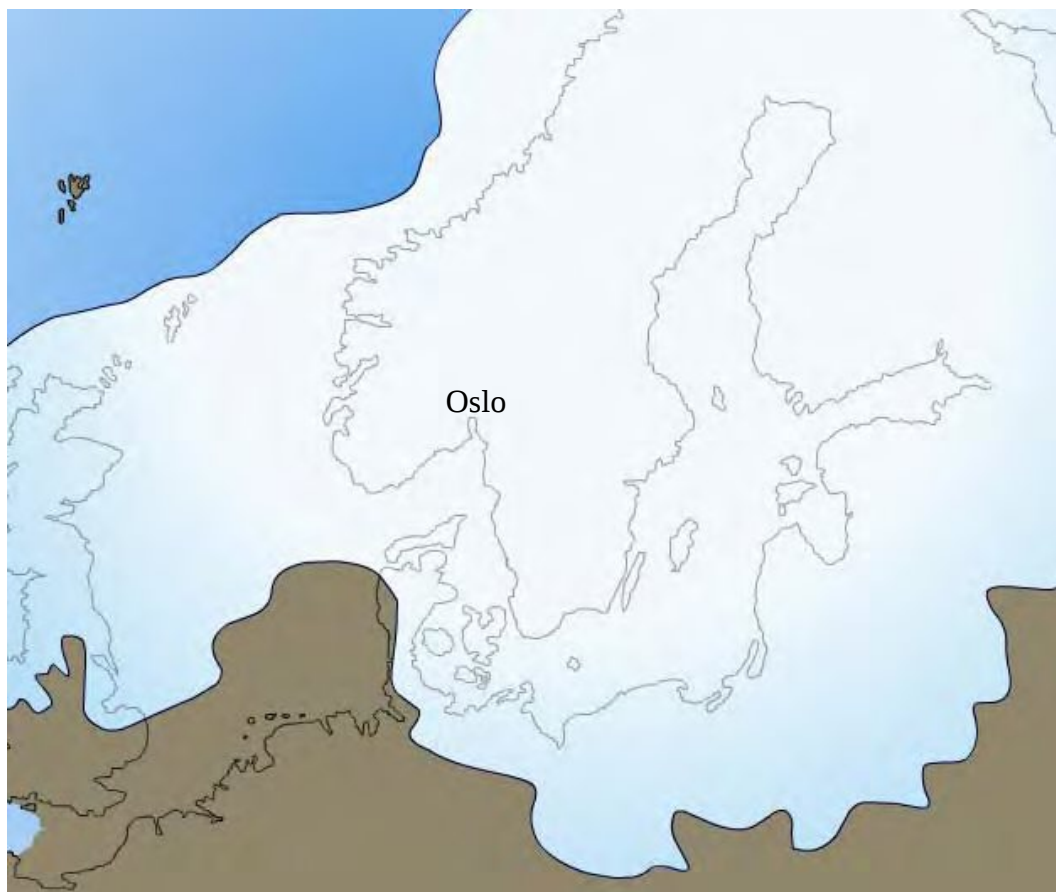


Figur 4 Marine avsetninger innenfor Oslo kommunes grenser. (NGU, 1997).

2.1 Siste istid

Siste istid (Weichsel) begynte for vel 100.000 år siden. Svingninger i klimaet under denne istiden førte til at isens utbredelse og mektighet varierte kraftig og det har trolig vært perioder da innlandsisen nesten var borte (interstadialer). Den største utbredelsen nådde isen for 18 - 20.000 år siden, da den dekket hele

Skandinavia (Figur 5) og istykkelsen over Bottenviken var opptil 3000 m. Istykkelsen i Oslo-området var på den tiden ca 1000 m tykk.



Figur 5 Isutbredelsen i siste del av siste istid (Modifisert etter Nordahl-Olsen, 1993).

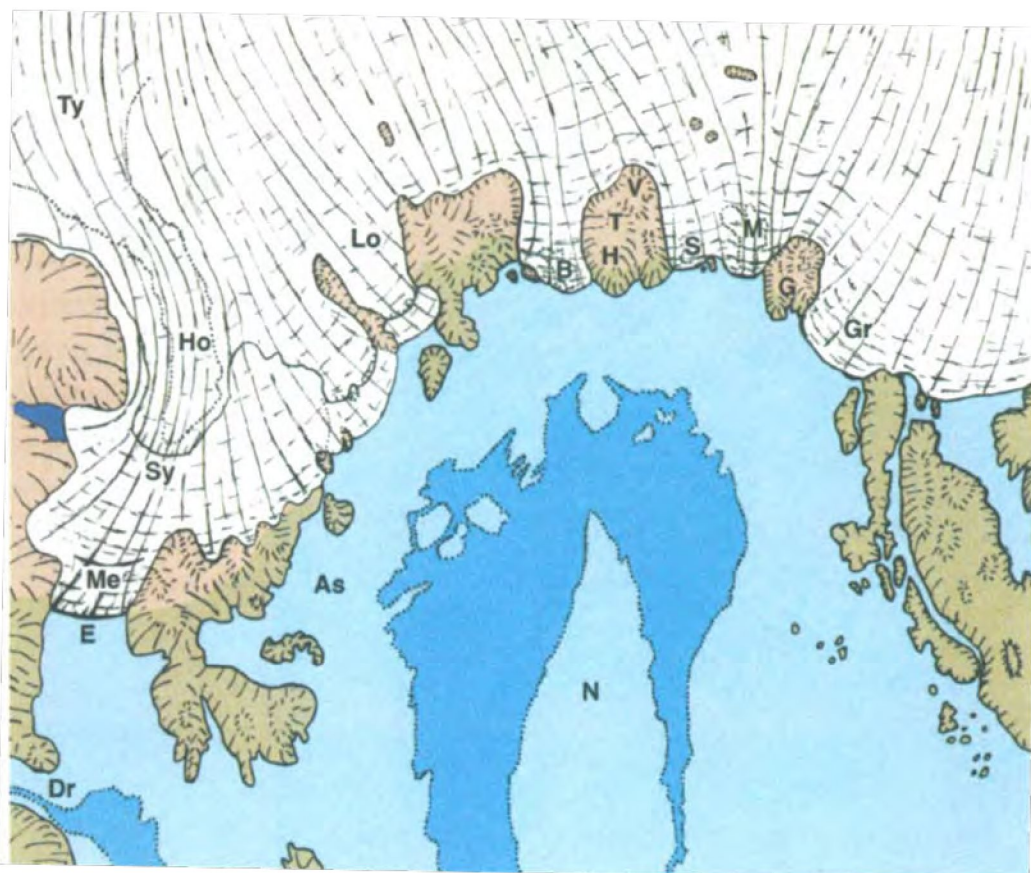
2.2 Isavsmeltingen i Oslo-området

Under isavsmeltingen trakk iskanten seg tilbake slik at kyststrøkene først ble isfrie. Samtidig ble isdekket etter hvert tynnere og delte seg opp i dal- og fjordbreer. Disse smeltet hurtig tilbake på grunn av mildt klima og kalving i fjordene. Kortvarige klimaforverringene førte til at tilbaketrekningen av iskanten stoppet opp, eller den rykket litt frem igjen. Løsmateriale som isen fraktet med seg kunne da bli avsatt foran iskanten som brerandavsetninger – brerandtrinn. Det mest markerte brerandtrinnet ble dannet i Yngre Dryas tid for 10.000-11.000 år siden. I Norge kan det følges mer eller mindre sammenhengende fra svenskegrensen i Østfold (Raet), og rundt kysten til den russiske grensen i Øst-Finnmark. Det ble også dannet yngre, markerte brerandtrinn for 9.000-10.000 år siden (Preboreal tid) (ref. /4/).

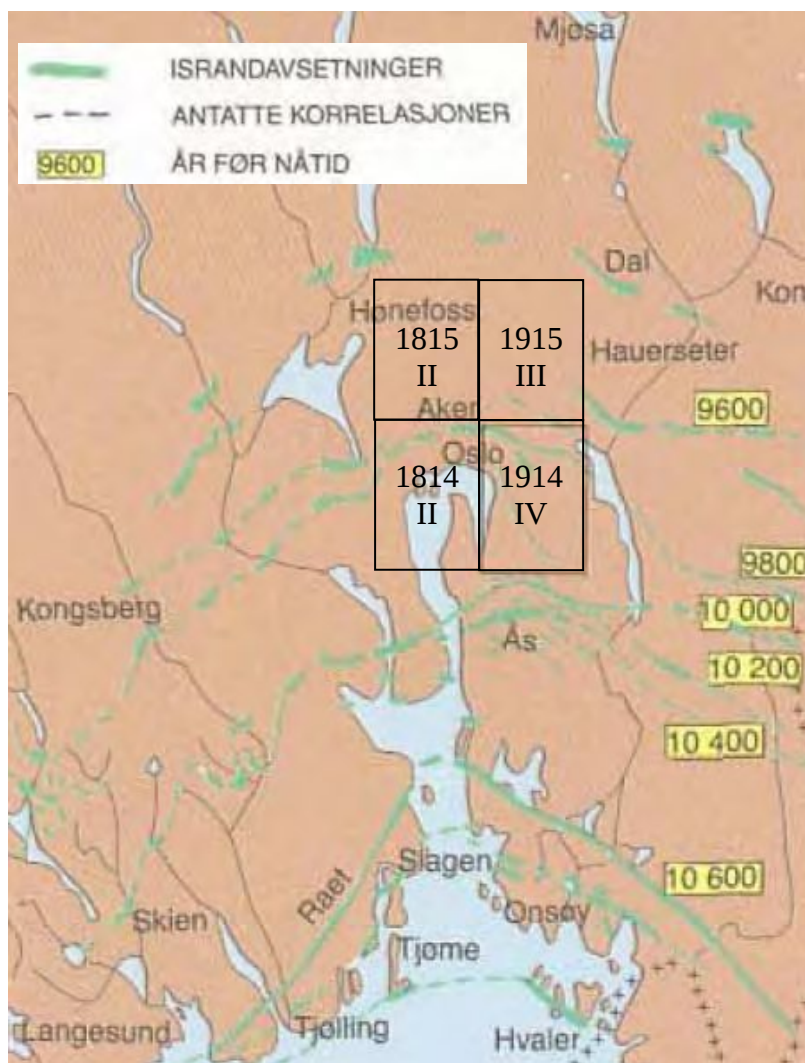
Den endelige avsmeltingen av de indre sentrale deler av landet skjedde hurtig. Man regner med at hele isdekket var forsvunnet for ca 8.500 år siden. Under den etterfølgende "varme" tiden var klimaet mildere enn i dag og de norske høyfjellene var trolig uten breer i en lengre periode.

Tyngden av de enorme ismassene førte til at jordskorpen ble presset ned. Da isen smeltet vekk hevet landet seg igjen i forhold til havnivået, mest i indre strøk, noe mindre ute ved kysten (isostatisk heving). På grunn av treghet i jordskorpen har det tatt lang tid å opprette likevekten helt. Selv i dag skjer det en meget langsom heving av landmassen. Samtidig som landet hevet seg økte vannmengden i havet (eustatisk heving) på grunn av tilførsel av store mengder smeltevann fra breene. Strandforskyvningen etter isavsmeltingen skyldes et samspill mellom disse faktorene. I Norge har den isostatiske hevingen hovedsakelig vært større enn den eustatiske, med unntak av i enkelte ytre kystområder. Dette har ført til at mange områder, som under og etter isavsmeltingen var hav- og fjordbunn, nå er blitt tørt land. Det høyeste nivå havet nådde etter at isen smeltet bort kalles den marine grense (MG). Ved Oslo er MG ca. 220 moh (ref. /4/).

Etter at brefronten i sin tilbakesmelting gjorde flere stopp dannet den i overkant av 8900 år siden en bue rundt indre Oslofjord og Akermorene ble avsatt. Det er disse moreneryggene som er kartlagt foran Sognsvann, Maridalsvannet og på tvers over Groruddalen rett nordøst for Alna (ref. /4/). Havet stod på den tiden opp mot 220 meter høyere enn dagens havnivå (Figur 6 og Figur 7).



Figur 6 Situasjonsskisse fra områdene rundt indre Oslofjord da brefronten var kalvet inn til bunnen av Oslofjorden for ca 10.000 år siden. Datidens havnivå var vel 220 m høyere enn dagens. Akertrinnets randavsetninger (endemorener) ble avsatt i havet foran brefrontene i Groruddalen (Gr), foran Maridalsvannet (M), Bogstadvannet (B) og Sognsvannet (S), i Lommedalen (Lo) og en rekke andre steder. Vannene er i dag oppdemt av morenerygger. Samtidig avsatte isbreen i Tyriffjorden-Holsfjorden (Ty-Ho) endemorener i Lierdalen ved Egge (E), Meren (Me) og Sylling (Sy) (ref. 19/).



Figur 7 Israndtrinn i Oslofjord-området med alder i 14C-år før nåtid. Modifisert etter Sørensen (1983) og Nordahl-Olsen (1990).

2.3 Strandforskyvning

Ettersom breen smeltet ned og iskanten trakk seg tilbake innover i landet, fulgte havet etter og oversvømte de områdene som i dag ligger under MG. Landhevingen var absolutt sterkest i de første årene etter at området ble isfritt, for deretter å avta frem til i dag. (De første 1000 årene synes landhevingen å ha vært rundt 10 m per 100 år). Landhevingen i Oslo-området pågår fremdeles og er i dag ca 30 cm per 100 år.

2.4 Hav- og fjordavsetninger

Hav- og fjordavsetninger er blitt dannet kontinuerlig siden isavsmeltingen og dannes fortsatt ved at silt og leire bunnfelles i fjordene. I en kort periode etter at området ble isfritt sto havet nær 220 m høyere enn i dag. Tørt land mellom dagens havnivå og ca. 220 moh. har derfor tidligere vært havbunn hvor finstoff brakt ut i

fjordene (havet) ble sedimentert. Mektighetene av avsetningene varierer avhengig av de topografiske forholdene og tilførselen av finkornig materiale. Under landhevningen ble silt og leir vasket ned fra høyereliggende til lavereliggende områder. Det er en av hovedårsakene til at vi finner de største silt- og leirmektighetene i dalbunnene og forsenkningene, i tillegg til at dalbunnene var oversvømmet i lengre tid. De største mektighetene med silt og leire ligger i områdene fra Oslo sentrum via Groruddalen til Strømmen, Lillestrøm og i Leiras og Nittedalselvas dalfører. Tykkelsen av hav- og fjordavsetningene innenfor Oslo sentrum er stedvis opptil 60-70 m. Lokalt i disse avsetningene er det påvist kvikkleire. Sør for Grefsenmorenene ligger det sandlag i leira. Disse sandlagene er vasket ut og avsatt under breframstøt av breen i Maridalsbassenget (Nordahl-Olsen, 1993).

2.5 Marine strandavsetninger

Marine strandavsetninger er løsmateriale utvasket og avsatt ved bølge- og strømaktivitet i strandsonen. Strandavsetningene innen kartbladet ligger spredt i området under MG. Mektighetene varierer fra under 1 m opp til 4-5 m, avhengig av tilgangen på materiale i de tidligere strandsonene. Det meste av dette materialet, som vanligvis er sandig og grusig, ligger nær MG eller tett inntil Akertrinnets randavsetninger. Flere steder hvor det er kartlagt strandavsetninger er dette rester etter utvaskede randmorener.

2.6 Elveerosjon og skred i leiområdene

Etter hvert som den silt- og leirdekkede havbunnen under landhevningen ble tørt land, startet elver og bekker sin erosjon i disse løsmassene. Utvaskingen av salt i leira førte etter hvert til lokale dannelser av kvikkleire. Kvikkleire økte skredfaren i leiravsetningene (Nordahl-Olsen, 1993).

3 Tidligere kvikkleireskred i Oslo kommune

Et utvalg av større kjente kvikkleireskred i Oslo kommune er vist i tabell 1.

Tabell 1 Utvalg av noen kjente kvikkleireskred i Oslo kommune

Stedsnavn	Hendelsesdato, år	Størrelse/Vol. m ³	Årsak
Grorudskredet	Ca 6300 f.Kr.	30-40 mill	Naturlig
Telthusbakken	1100	Ukjent	Trolig naturlig
Leirfallsgata	1705	Ukjent	Trolig naturlig
Bislet	1895	Ukjent	Trolig utfylling
Smestadbanen	3. juli 1913	400	Trolig utfylling
Skarpsno-Skøyen	24. okt. 1913	2000	Trolig utfylling
Chr. Kroghsgt.	5. jun. 1914	Ukjent	Trolig naturlig
Lodalen	29. jan. 1925	Ukjent	Trolig utgraving
Lodalen	28. apr. 1927	Ukjent	Usikkert
Nydalen	12. des. 1934	Bredde 50 m	Trolig naturlig
Merradalen	31. mars 1936	Bredde 70 m	Usikkert
Arnebråtveien	29. mai 1936	2 mål	Trolig utfylling
Gaustadbekken	April 1953	5 mål	Utfylling
Bekkelaget	7. okt. 1953	100.000	Utfylling
Lodalen	6. okt. 1954	10.000	Utgraving
Brobekkveien	4. juni 1957	13 mål, 60.000	Utgraving/utfylling

Nedenfor er noen utvalgte leirskred beskrevet i mer detalj.

3.1 Skred i Groruddalen

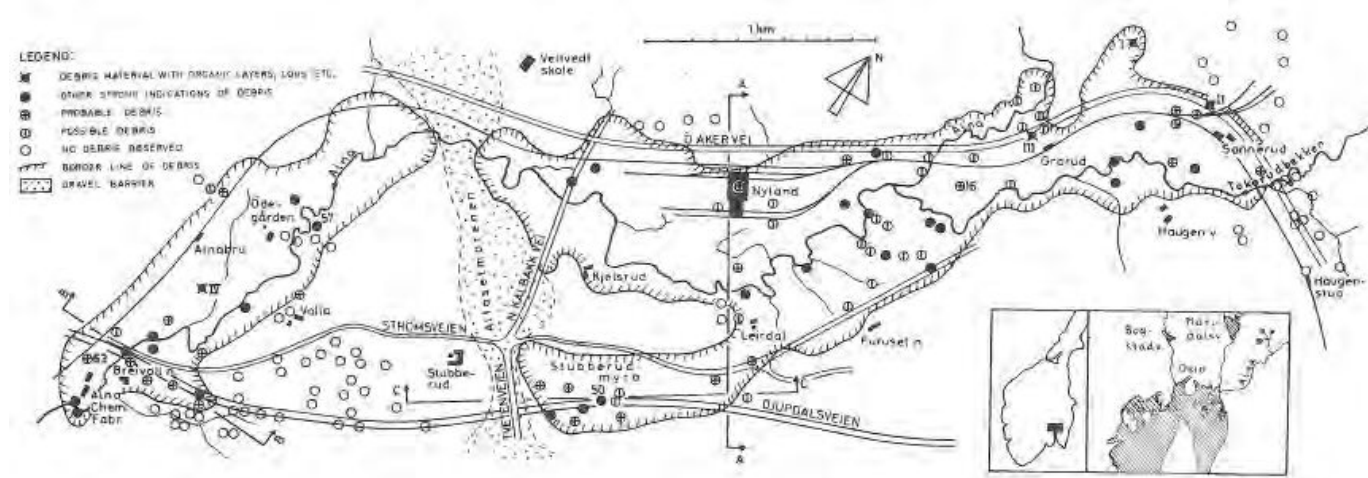
Det er i nyere historie ikke registrert større skred av betydning i Groruddalen, med unntak av et leirskred som gikk ved Leirdal tidlig på 1970-tallet. Det foreligger derimot en teori om at det for mange tusen år siden gikk et stort skred i Groruddalen, se ref. 8. Teorien går ut på at Alfasetmorenen for ca. 8300 år siden demmet opp en innsjø på oppstrøms side opp til Grorud, altså tilsvarende situasjonen vi har i dag med moreneryggene som demmer opp Sognsvann, Maridalsvannet og Bogstadvannet.

På grunn av landhevning lå terrenget den gang ca. 100 m lavere enn tilfellet er i dag. Oslofjorden strakk seg da helt opp til Alfasetmorenen.

Teorien går ut på at for ca. 8300 år siden løsnet et stort kvikkleireskred i åsene og skråningene et stykke oppe i Groruddalen. Omrørte og flytende leirmasser rant nedover dalen, fylte opp "Grorudvannet", krysset de lavere deler av Alfasetmorenen og rant ut i fjorden (figur 6). Det er gjort anslag på at så mye som 30-40 mill m³ løsmasser var involvert i skredet.

Det eneste området som ikke ble dekket av skredmasser var et høydedrag ved Leirdal nordøst for Alfasetmorenen (Figur 8). Skredets alder er bestemt ved at det er tatt karbondatering av organiske funn.

Den bløte kvikkleira som hadde fylt opp "Grorudvannet" ble trolig relativt effektivt drenert mot Alnaelva og tørket raskt opp. Unntaket er et område bak høydedraget ved Leirdal som heter Stubberudmyra. Området er noe bløtere og mer sumpaktig enn omkringliggende områder. Dette skyldes i hovedsak dårlig avrenning.



Figur 8 Kart over Groruddalen som viser skredområdet (ref. /8/).

Både på oppstrøms- og nedstrøms side av Alfasetmorenen ligger et leirplatå. Oppstrøms stiger leirplatået med en helning på ca. 1:200, mens leirplatået nedstrøms faller med noe større helning ned mot Alnaelva. Leirplatået på nedstrøms side ligger ca. 10 m lavere enn leirplatået på oppstrøms side. Platåene er gjennom mange tusen år blitt erodert ned av Tokeroelva og Alnaelva med sine mange sidebekker. Erosjonsprosessen har dannet et typisk ravinlandskap med opptil 15-20 m høye skråninger. Dette er hovedgrunnet for at områdene langs Alnavassdraget kvalifiserer til soner. Slike høye leirskråninger er ikke vanlig andre steder i Oslo.

3.2 Skred i Lodalen / langs Alnaelva

Langs Loelva har man kjennskap til flere skred. I januar 1925 gikk et skred som skyldtes utgraving for jernbanen, og i april 1927 gikk et skred på grunn av elveerosjon. I oktober 1954 gikk et nytt skred. Skråningens helning forut for skredet var trolig "ikke naturlig" (dvs. skråningen var trolig bearbeidet/gjort brattere ved menneskelige inngrep).

Det har etter 2. verdenskrig, og særlig på 1950-tallet, løsnet en rekke mindre utglidninger og skred langs Alnavassdraget. Disse skyldes i hovedsak planeringsarbeider, grøftegraving osv. i forbindelse med opparbeidelse av

industriarealer. Hendelsene er generelt dårlig dokumentert både hva angår lokalisering, størrelse og årsaksforhold/hendelsesforløp.

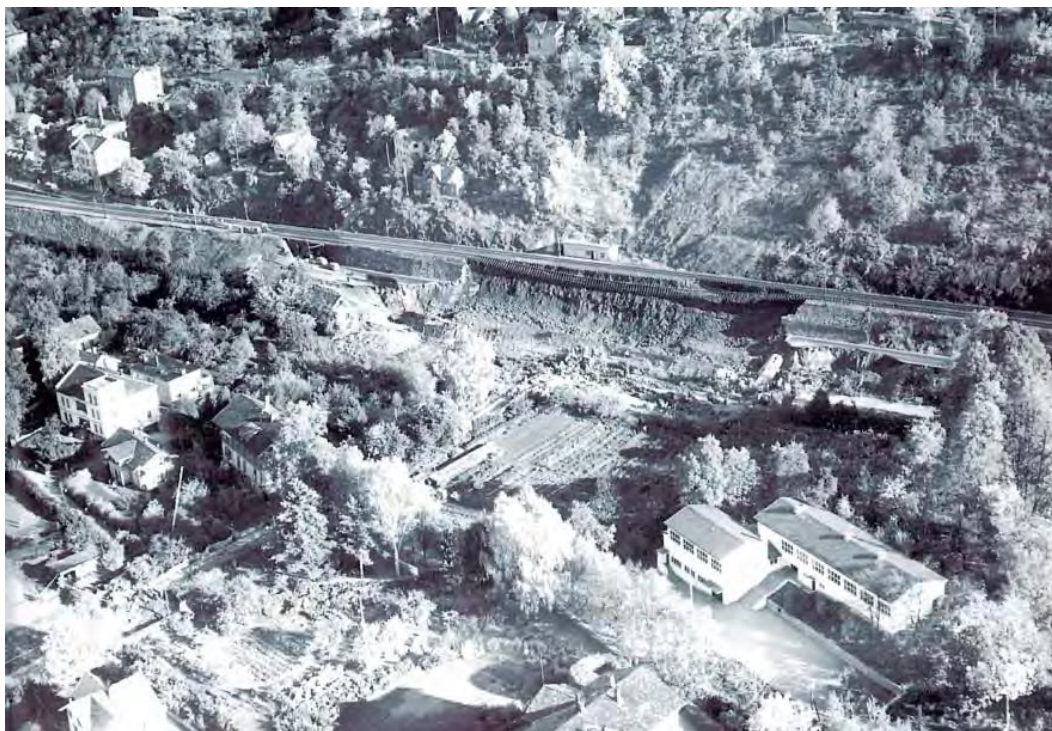
3.3 Skred langs Gaustadbekken

I midten av april 1953 gikk det et skred langs Gaustadbekken. På det partiet langs bekken hvor skredet gikk var det tidligere tilført masse i en fylling som dannet et platå ca. 8 m over naturlig terreng. I april 1953 ble det foretatt en utretting av fyllingskanten over en strekning på 20-30 m med fyllingsbredde i toppen på 0-5 m, idet det ble tilført ytterligere stein- og jordmasser.

Dette fyllingsarbeidet medførte et skred idet det ytre parti langs fyllingskanten sank ned samtidig som terrenget nede ved bekken ble løftet og massene gled ut mot bekken. Det hele foregikk som et rotasjonsskred ned i kvikkleiren. Skredgropen var ca. 50 m langs bekken og 10-12 m inn på platået.

3.4 Bekkelagsskredet

Den 7. oktober 1953 klokken 07.37 om morgenen inntraff et skred like syd for Bekkelaget stasjon. Bekkelaget ligger ved Bunnefjorden mellom Ekeberg og Nordstrand. Østfoldbanen og Mosseveien som dannet Oslos hovedkommunikasjonslinjer sydover på denne siden av fjorden gled ut i ca. 100 m lengde, og det oppstod skade på terreng og bebyggelse i ca 150 m avstand fra vei og jernbane (Figur 9). Det var normal trafikk på vei og jernbane da skredet skjedde og i alt ble 3 personbiler, 2 lastebiler, en rutebuss samt en syklist tatt av skredet (Figur 10). Fire mennesker i bussen mistet livet. Siste tog passerte skredstedet 5-6 minutter før, og inngående tog fikk stoppet kun 30-40 m fra skredet. En passasjer på toget fikk akutt hjertestans og livet stod ikke til å redde (ref. /7/).



Figur 9 Leirskredet ved Bekkelaget der fem mennesker mistet livet. Foto: Widerøe.

Til sammen ca 100.000 m³ over 16 mål raste ut. Bredden på skredet var 190 m og lengden 160m, med en fallhøyde på 15 m. Skredet nådde ikke ned til sjøen.

Bekkelagsskredet skjedde i en normalt konsolidert kvikkleire. Skredet hadde imidlertid ikke et hendelsesforløp som er typisk for et skred i en naturlig kvikkleireskråning. Kvikkleireskredene er som regel kjent ved et initialscred og et bakovergripende skredforløp, mens Bekkelagsskredet har foregått som et stort forover progressivt skred.

Den primære årsaken til skredet var belastningen fra vei- og jernbanefyllingen. Utførte etterberegninger har vist at fyllingen siden 1920 hadde hatt lav stabilitet trolig med en sikkerhetsfaktor nær 1,0 på en lengde av ca. 100 m. Til tross for dette hadde det ikke i tiden før skredet blitt registrert bevegelse eller setninger på jernbane eller vei.

Etter at den siste utfyllingen for jernbanen ble foretatt i 1920 er det sannsynlig at det har funnet sted en konsolidering av leiren under fyllingen med en svak bedring av stabiliteten. Imidlertid har en videre utvasking av saltet i leirens porevann medført en svak reduksjon i skjærfastheten og stabiliteten. Dette kan forklare at likevekten har holdt seg nærmest labil.

Mulig utløsende faktorer for skredet kan være utfyllingen av steintippen ved nordenden av skredet. Det ble også spekulert i om den økte trafikkmengde gjennom utløsningsområdet kunne ha bidratt.



Figur 10 Den utglidde Mosseveien sett nordover. Foto: Aftenposten.

3.5 Skred mellom Ulvenveien 89 og Hovinbekken / Brobekkveien

Den 4. juni 1957 klokken 19.00 gikk et leirskred like nedenfor stedet der Ulvenveien krysser Hovinbekken. Det var ingen øyenvitner, men noen arbeidere like ved rasstedet hørte smellet da to høyspentmaster gikk over ende og ledningene ble revet over. Videre ble en jordkabel og en kloakkledning brutt og en kloakkgrøft som var under utførelse ble ødelagt. Skredområdet var ca 190 m langt langs bekken og 70 m bredt bakover. Ca. 60.000 m³ leire antas å ha vært i bevegelse i raset.

I februar 1957 gikk det for øvrig et mindre skred umiddelbart ovenfor skredet i juni, som følge av oppfylling. Under Ulvenveien gikk det også flere utglidninger på 50-tallet mens man arbeidet med å legge bekken i kulvert.

4 Resultater

4.1 Klassifiseringsmetode

Klassifiseringen av faresonene omfatter evaluering av faregrad, konsekvens og risiko for hver enkelt sone. Det er benyttet en kvalitativ metode basert på poengverdier (ref. /1/).

Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av urbanisering i sonen: antall boenheter, arbeidsplasser, veier, toglinjer, kraftlinjer etc.

Evalueringen gjøres på grunnlag av kriteriene som fremgår av tabellene 2 og 3.

Tabell 2 Evaluering av skadekonsekvens

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1 – 2	3 – 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Tabell 3 Evaluering av faregrad

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score				
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
	Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	
Inngrep:	forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
	forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	16	0	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	

Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:

Tabell 4 Faregradsklassifisering

Faregrad	Lav	Middels	Høy
Poeng	0-17	18-25	26-51
Prosent	0-33,3	35,3-49,0	51,0-100

Tabell 5 Konsekvensklassifisering

Konsekvens	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget alvorlig
Poeng	0-6	7-22	23-45
Prosent	0-13,3	15,6-48,9	51,1-100

Faregrad- og konsekvensevalueringene er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse: risiko = % faregrad x % konsekvens. Risiko er inndelt i fem klasser, hvorav 5 er høyeste risiko.

Tabell 6 Risikoklasser

Risikoklasse	1	2	3	4	5
Poeng	0-166	167-628	629-1905	1906-3203	3204-10000

4.2 Kartlagte kvikkleiresoner

Kartleggingen har resultert i at 16 områder er lokalisert som potensielt skredfarlige. Disse er opplistet i Vedlegg A: "Beskrivelse av kvikkleiresoner".

Resultatene av evalueringen er presentert på temakartene, henholdsvis for faregrad, konsekvens og risiko, kartbilag hhv. 01-03, 04-06 og 07-09.

Fordelingen av antall soner mellom de ulike klassene, er som følger:

Faregrad

Klasse:	Lav	Middels	Høy
Antall soner:	5	9	2

Konsekvens

Klasse:	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget alvorlig
Antall soner:	0	2	14

Risiko

Klasse:	1	2	3	4	5
Antall soner:	0	0	6	9	1

5 Tiltak

NGI anbefaler vanligvis at det utføres supplerende grunnundersøkelser for soner i de høyeste risikoklassene, klasse 4 og 5. Likeledes bør dette normalt også vurderes for soner i faregradklasse "høy" som ikke er kommet i risikoklassene 4 og 5.

Behovet for supplerende undersøkelser skyldes at evalueringen, som oftest, er basert på lite informasjon om grunnforholdene. De supplerende undersøkelsene skal gi grunnlag for en forbedret evaluering av faregraden samt gi grunnlag for en gjennomføring av stabilitetsanalyser slik at behovet for eventuelle sikringstiltak kan bestemmes.

Hensikten med de supplerende undersøkelsene er å oppnå en best mulig bestemmelse av sikkerheten mot skred, samt å vurdere behovene for stabiliserende og/eller erosjonssikrende tiltak.

Det påpekes at for sonene som er foreslått langs Alnavassdraget er datagrunnlaget relativt godt slik at evt. supplerende grunnundersøkelser ikke nødvendigvis vil ha stor betydning for risikovurderingene.

6 Plan- og byggesaksarbeid innefor faresoner

Utbygging i kvikkleireområder kan være en stor utfordring, idet det ofte må tas stilling til vanskelige stabilitetsmessige spørsmål. For det første må stabiliteten for hele faresonen analyseres. Dette gjøres for å vurdere hvorvidt det kan inntreffe skred av slikt omfang at utbygningsområdet kan bli truet. Utbygningsområdet må friskmeldes med hensyn til slike skred før utbygging kan påbegynnes. Likeledes må det vurderes om byggevirksomheten i seg selv kan føre til at skred blir utløst, i byggefasen eller etter utbygging. Utbygging vil imidlertid ofte være mulig, men under forutsetning av at retningslinjer for slik utbygging blir fulgt. NVE har i samarbeid med geotekniske konsulenter utarbeidet retningslinjer til hjelp i arbeidet med plan- og byggesaker innenfor faresoner (ref. /10/). Retningslinjene er i prinsippet basert på at det stilles krav til geotekniske utredninger og risiko –og sårbarhetsanalyse avhengig av byggeprosjektets tiltakskategori og kvikkleiresonens faregrad.

I praksis stilles det spesifikke krav til skråningsstabilitet for at NVEs retningslinjer skal være oppfylt (ref. /10/).

7 Plan- og byggesaksarbeid utenfor faresoner

Det kan finnes skredfarlige kvikkleireområder også utenfor de angitte faresonene. Faresonene er resultat av en regional kartlegging og har først og fremst hatt som mål å lokalisere og klassifisere områder hvor det kan være fare for store kvikkleireskred. Det er derfor alltid nødvendig at forekomster av kvikkleire

kartlegges og skredfare vurderes ved inngrep i områder med marin leire. Dersom kvikkleire blir påvist, skal fare for skred vurderes og eventuelt utredes (ref. /10/ og /11/).

8 Referanser

- /1/ Norges Geotekniske Institutt, 2008. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev. 3, datert 18. oktober 2008.
- /2/ Nordahl-Olsen, T. 1994: OPPKUVEN 1815 II. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.
- /3/ Nordahl-Olsen, T. 1987: ASKER 1814 I. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.
- /4/ Nordahl-Olsen, T. 1993: OSLO 1914 IV. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000 med beskrivelse. Norges geologiske undersøkelse.
- /5/ Østmo, S. R. og Olsen, K. S. 1978: NANNESTAD 1915 III. Kvartærgeologisk kart M 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.
- /6/ Oslo kommunes kartgrunnlag 1:1000, med 0,5 og 1 m koter. 2011.04.01.
- /7/ Norges Geotekniske Institutt. Skredet ved Bekkelaget i Oslo, 7. oktober 1953. O. Eide. Publikasjon nr. 11.
- /8/ Å. Eggstad (1978)
A prehistoric landslide in the Grorud valley near Oslo. Norsk Geografisk Tidsskrift utgitt av Det Norske Geografiske Selskab. Vol. 32, 153-157. Oslo ISSN 0029-1951
- /9/ Andersen, B.G. 2000. Istider i Norge. Landskap formet av istidens breer. Universitetsforlaget.
- /10/ Byggteknisk forskrift (TEK 10). Forskrift om tekniske krav til byggverk av 26.3.2010.
- /11/ NVE 2011. Flaum og skredfare i arealplanar. NVE Retningslinjer 2-2011

Vedlegg A - Beskrivelse av kvikkleiresoner

Innhold

1	Kvikkleiresoner	2
1.1	1781 "Garver Ytteborgs vei"	2
1.2	1782 "Nordkran"	2
1.3	1783 "Brubakkveien Øst"	3
1.4	1784 "Brubakkveien midtre"	3
1.5	1785 "Brubakkveien Sør"	3
1.6	1786 "Nyland"	4
1.7	1787 "Nyland vest"	4
1.8	1788 "Nedre Kalbakkvei"	4
1.9	1789 "Alfaset vest"	5
1.10	1790 "Alfaset"	5
1.11	1791 "Alnabru"	5
1.12	1792 "Alnabru Sør"	6
1.13	1793 "Tevlingveien"	6
1.14	1794 "Maria Dehli vei"	6
1.15	1795 "Tittutveien"	7
1.16	1796 "Enebakkveien"	7

1 Kvikkleiresoner

I det etterfølgende er det gitt korte beskrivelser av de avmerkede fareområdene. Alle koordinater er oppgitt i koordinatsystem Euref-89, UTM 33N, og er koordinaten omtrent i senter av sonen. Samtlige områder er avmerket på vedlagte faregrad-, konsekvens- og risikokart i kartbilag 01-03, 04-06, 07-09, M = 1:10 000.

1.1 1781 "Garver Ytterborgs vei"

Koordinater: X 271150 Y 6653300

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen skråner fra Østre Aker vei ned mot Alnaelva. Skråningshøyde mot elva er under 15 m. Alna er delvis lukket langs sonen.

Det er i tidligere grunnundersøkelser påvist kvikkleire med mektighet 2 m innenfor sonen.

Bebyggelse innenfor sonen består av industribygg (verksted, lager) og boligbrakker.

1.2 1782 "Nordkran"

Koordinater: X 270900 Y 6653300

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen skråner fra Østre Aker vei og ned til Alnaelva, med skråningshøyde under 15 m. En bekkeravine som gjennomskjærer vestre del av sonen er delvis gjenfylt.

Kvikkleire med lagmektighet inntil 3 m er påvist innenfor sonen i tidligere grunnundersøkelser.

Bebyggelse innenfor sonen består av en rekke industri- og næringsbygg og flere boligbygg.



1.3 1783 "Brubakkveien Øst"

Koordinater: X 270140 Y 6652700

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen skrånner fra Østre Aker vei ned mot Alna, med skråningshøyde 15-20 m ned mot elva. Mot vest avsluttes sonen mot gjenfylt bekkeravine.

Kvikkleiremektighet opptil 8 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen.

Bebyggelse innenfor sonen består av næringsbygg, derunder en rekke lagerbygninger.

1.4 1784 "Brubakkveien midtre"

Koordinater: X 269820 Y 6652625

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter noe nord for Østre Aker vei og går ned til Alna, med skråningshøyde 15-20 m. Mot øst avsluttes sonen mot gjenfylt bekkeravine.

Kvikkleiremektighet på inntil 14.5 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen. Bebyggelse innenfor sonen består av næringsbygg.

1.5 1785 "Brubakkveien Sør"

Koordinater: X 269615 Y 6652410

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter nord for Østre Aker vei og går ned til Alna, med skråningshøyde under 15 m.

Kvikkleiremektighet på inntil 19 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen.

Bebyggelse innenfor sonen består hovedsakelig av næringsbygg, men det er også boligbygg (boligbrakker og enebolig) innenfor sonen.

1.6 1786 "Nyland"

Koordinater: X 269400 Y 6652060

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter sør for Østre Aker vei og fortsetter videre ned til Alna. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.

Kvikkleiremektighet på inntil 24 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen.

Bebyggelse innenfor sonen omfatter verkstedområdet på Nyland, derunder også boligbrakker.

1.7 1787 "Nyland vest"

Koordinater: X 269060 Y 6651880

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen grenser til Østre Aker vei og fortsetter videre ned til Alna. Skråningshøyden mot elva er 15-20 m.

Kvikkleiremektighet på inntil 28.5 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen.

Bebyggelse innenfor sonen omfatter boligbrakker og noe næringsbygg.

1.8 1788 "Nedre Kalbakkvei"

Koordinater: X 268740 Y 6651910

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter ved Østre Aker vei og fortsetter videre ned til Alna. Skråningshøyden mot elva er under 15 m. I vest avsluttes sonen der Alna går inn i kulvert.

Kvikkleiremektighet på inntil 16.5 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen. Bebyggelse innenfor sonen omfatter boligbrakke og noe næringsbygg.



1.9 1789 "Alfaset vest"

Koordinater: X 267650 Y 6651140

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen omfatter nordøstre del av sporområdet på Alnabruterminalen og fortsetter videre ned til Alna, som går i kulvert langs nordøstre avgrensning av sonen. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.

Kvikkleiremektighet på inntil 10 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen. Det er også registrert poreovertrykk sammenliknet med hydrostatisk poretrykksfordeling.

Bebyggelse innenfor sonen består av næringsbygg.

1.10 1790 "Alfaset"

Koordinater: X 267930 Y 6650940

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen omfatter en stor del av industriområdet på Alfaset øst for Alna. Området faller vestover mot Alna, som går i kulvert langs nordvestre avgrensning av sonen. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.

Kvikkleiremektighet på inntil 14.5 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen. Det er også registrert poreovertrykk sammenliknet med hydrostatisk poretrykksfordeling.

Bebyggelsen består av en rekke næringsbygg og noen få boligbygg (én enebolig og et brakkebygg).

1.11 1791 "Alnabru"

Koordinater: X 267550 Y 6650820

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaringskart, topografisk kart, flyfoto

Sonen omfatter sørøstre del av terminalområdet på Alnabru. Området faller østover mot Alna. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.



Kvikkleiremektighet på inntil 21 m er påvist ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen. Det er også registrert noe poreundertrykk sammenliknet med hydrostatisk poretrykksfordeling.

Bebyggelsen består av næringsbygg, derunder verkstedbygningen.

1.12 1792 "Alnabru Sør"

Koordinater: X 267300 Y 6650440

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen omfatter innkjøringen mot terminalområdet på Alnabru. Området faller østover mot Alna, som går i kulvert langs nordvestre avgrensning av sonen. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.

Kvikkleire er påvist i et tynt lag ved tidligere grunnundersøkelser innenfor sonen.

Bebyggelsen er variert, og omfatter varierte næringsbygg og enkelte boliger, og også bygg med religiøs anvendelse.

1.13 1793 "Tevlingveien"

Koordinater: X 269830 Y 6652070

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter vest for Professor Birkelands vei og omfatter skråningen fra Tevlingveien ned mot Alnaelva. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.

Kvikkleire er antatt etter vurdering av kvartærgeologisk og topografisk kart, befaring og flyfoto.

Bebyggelsen omfatter varierte industri- og næringsbygg.

1.14 1794 "Maria Dehlis vei"

Koordinater: X 270860 Y 6653050

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter nord for nordlig del av Vestre Haugen og omfatter skråningen fra Maria Dehli's vei mot Alnaelva. Skråningshøyde mot elva er 15 m.

Kvikkleire er antatt etter vurdering av kvartærgeologisk og topografisk kart, befaring og flyfoto.

Bebyggelsen er variert, og omfatter varierte næringsbygg og boliger.

1.15 1795 "Tittutveien"

Koordinater: X 267690 Y 6650490

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, befaring, topografisk kart, flyfoto

Sonen starter nord for Strømsveien og omfatter skråningen vest fra Tittutveien mot Alnaelva. Skråningshøyden mot elva er under 15 m.

Kvikkleire er antatt etter vurdering av kvartærgeologisk og topografisk kart, befaring og flyfoto.

Bebyggelsen innenfor sonen består hovedsakelig av boligbygg, og enkelte næringsbygg.

1.16 1796 "Enebakkveien"

Koordinater: X 264700 Y 6648160

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger, topografisk kart, flyfoto

Sonen omfatter platået Enebakkveien nr. 69C, 71A og 71B, og skråningen herfra i nordvestlig retning, samt Enebakkveien nr. 72, 74 og 76, med skråning herfra ned mot Alnaelva i nord/nordøst. Skråningshøyden er 20-30 m.

Det er i tidligere grunnundersøkelser påvist kvikkleire med mektighet 8-10 m innenfor sonen, og det er også gjort stabilitetsberegninger i tidligere prosjekter (skråningen fra Enebakkveien 71).

Bebyggelse innenfor sonen består av Enebakkveien 71, med Kværnerdalen barnehage, som er et av Oslos største barnehageprosjekter (4-600 barn og over 100 ansatte ved ferdigstillelse), samt boligbebyggelse på østsiden av Enebakkveien.

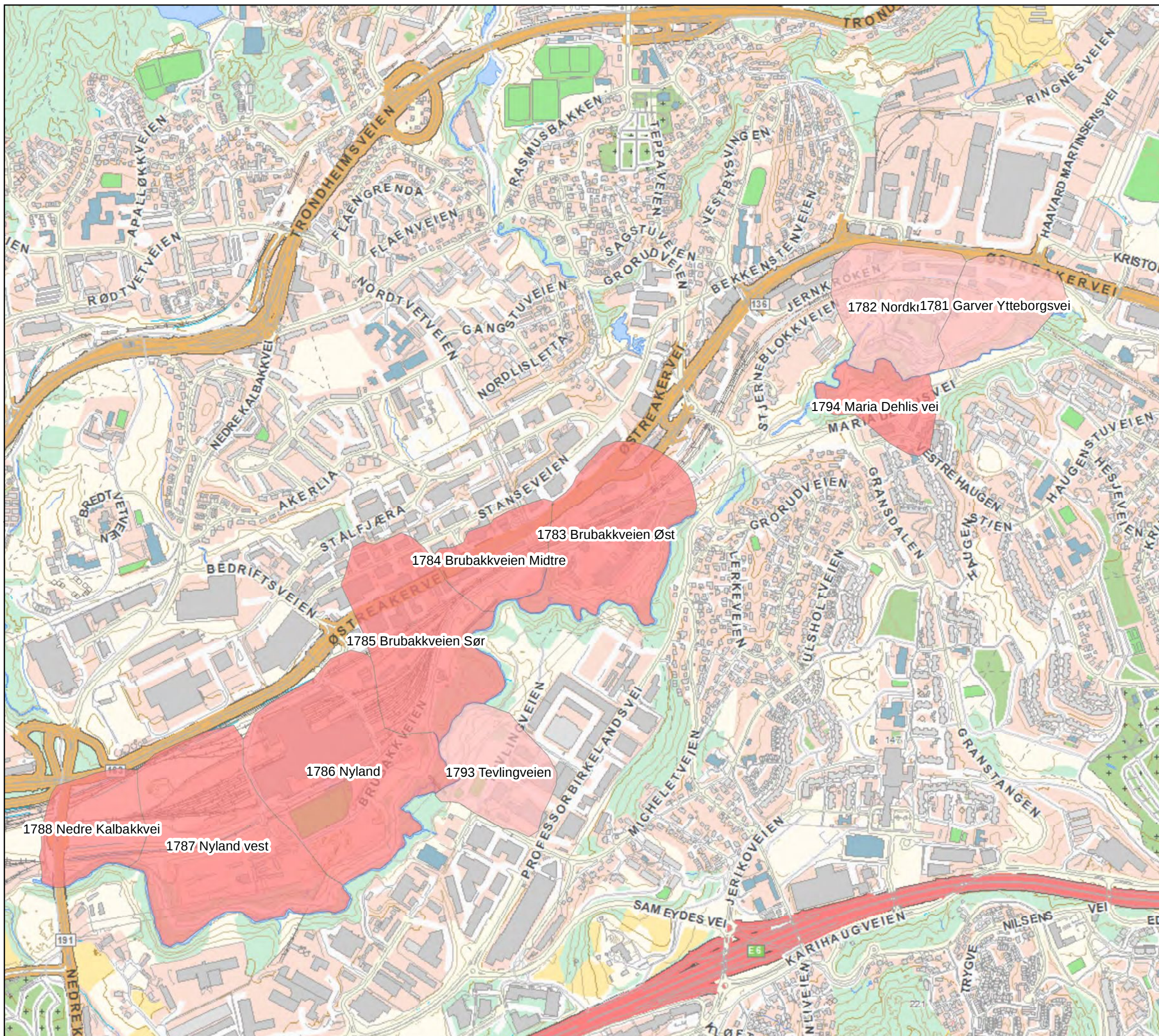


Dokumentnr.: 20081717-00-1-R
Rev. 1
Dato: 2011-11-08
Side: 1
Kartbilag:

Kartbilag

Innhold

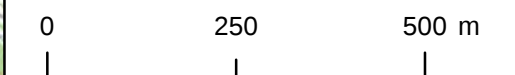
01-03	Faregradskart	M = 1: 10 000
04-06	Konsekvenskart	M = 1: 10 000
07-09	Risikokart	M = 1: 10 000



Tegnforklaring

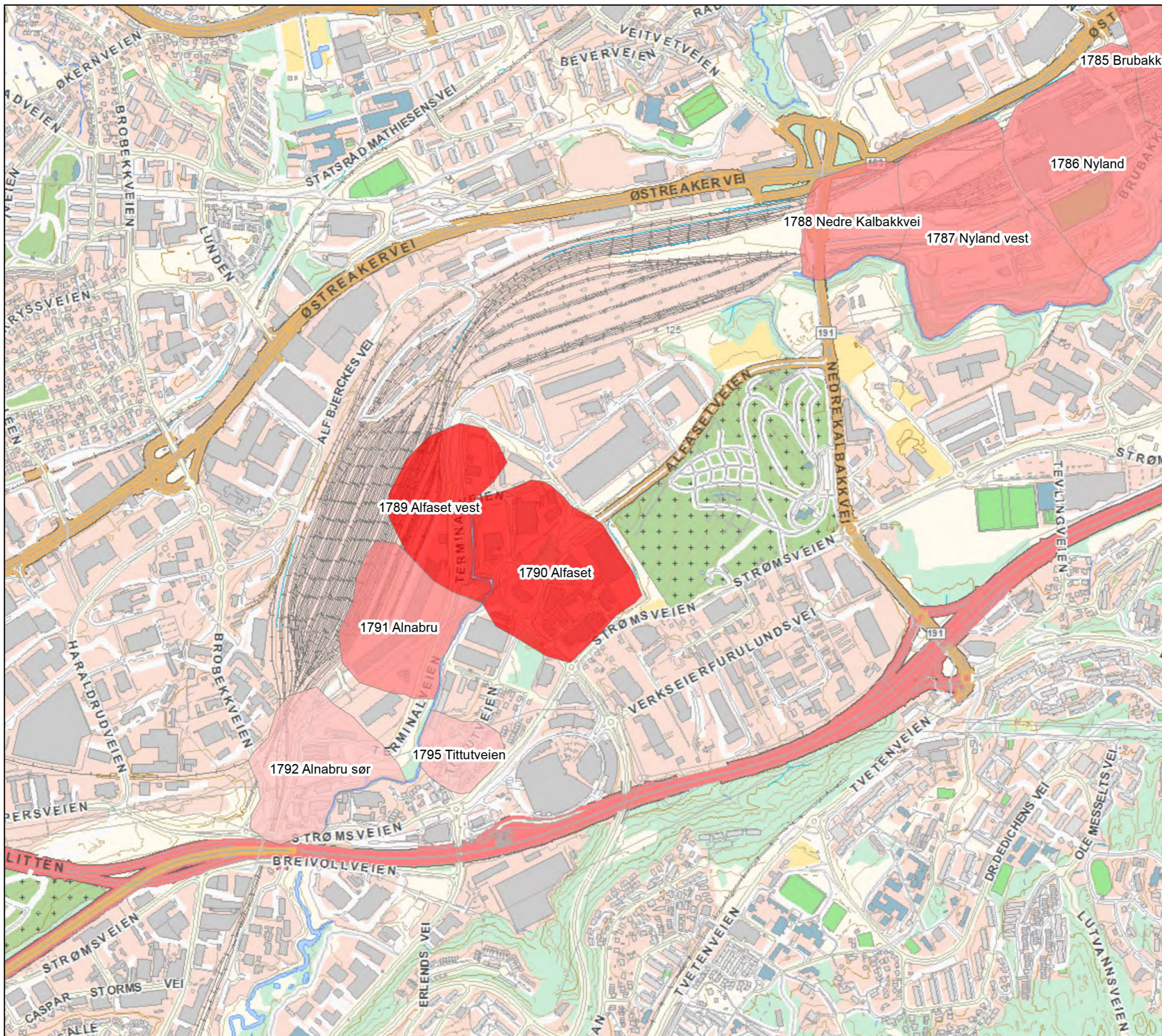
Faregradklasse

- 1 - Lav
- 2 - Middels
- 3 - Høy



Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 01
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent Trv	



Tegnforklaring

Faregradklasse

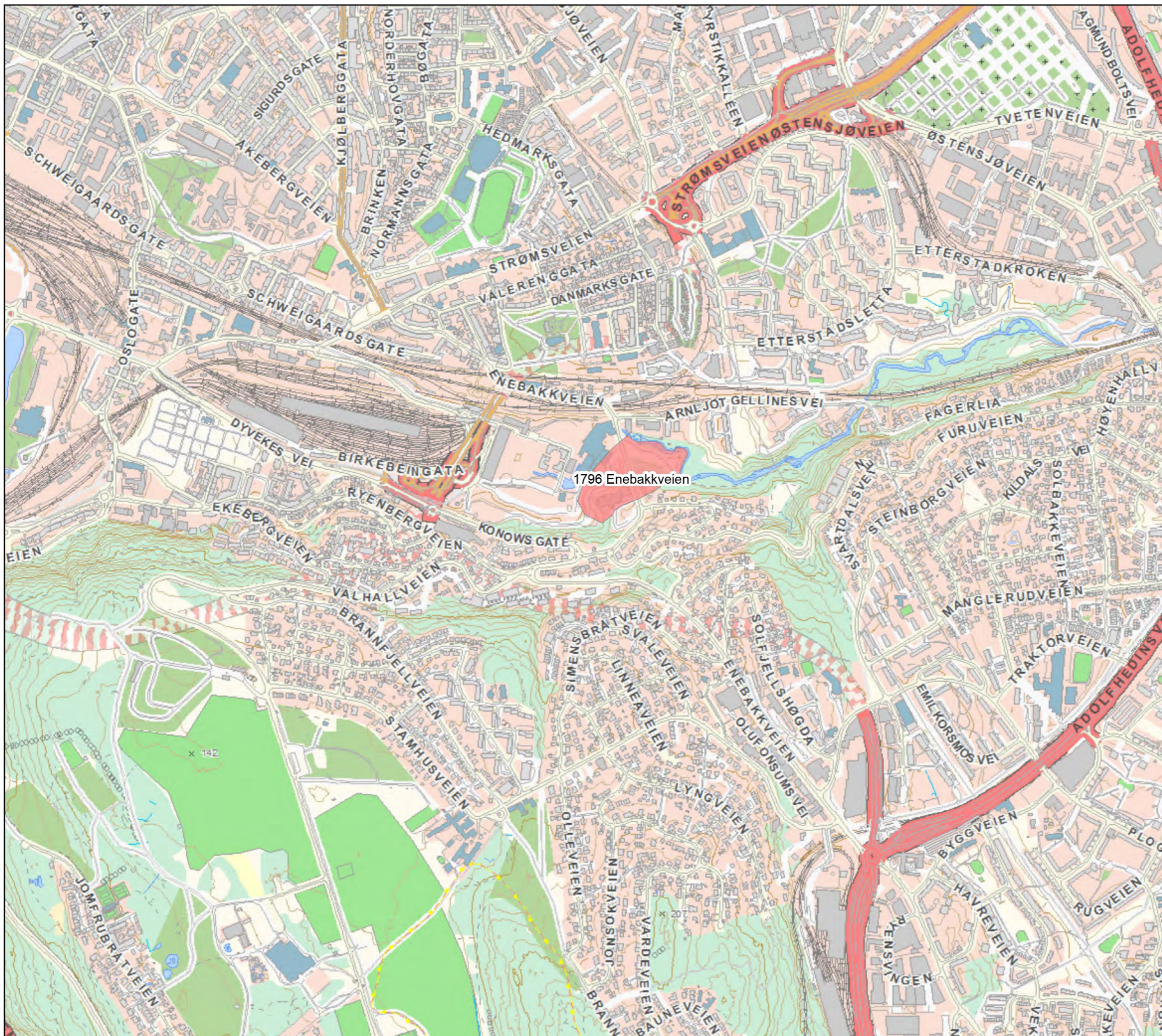
- 1 - Lav
- 2 - Middels
- 3 - Høy



0 250 500 m

Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 02
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent TrV	



Tegnforklaring

Faregradklasse

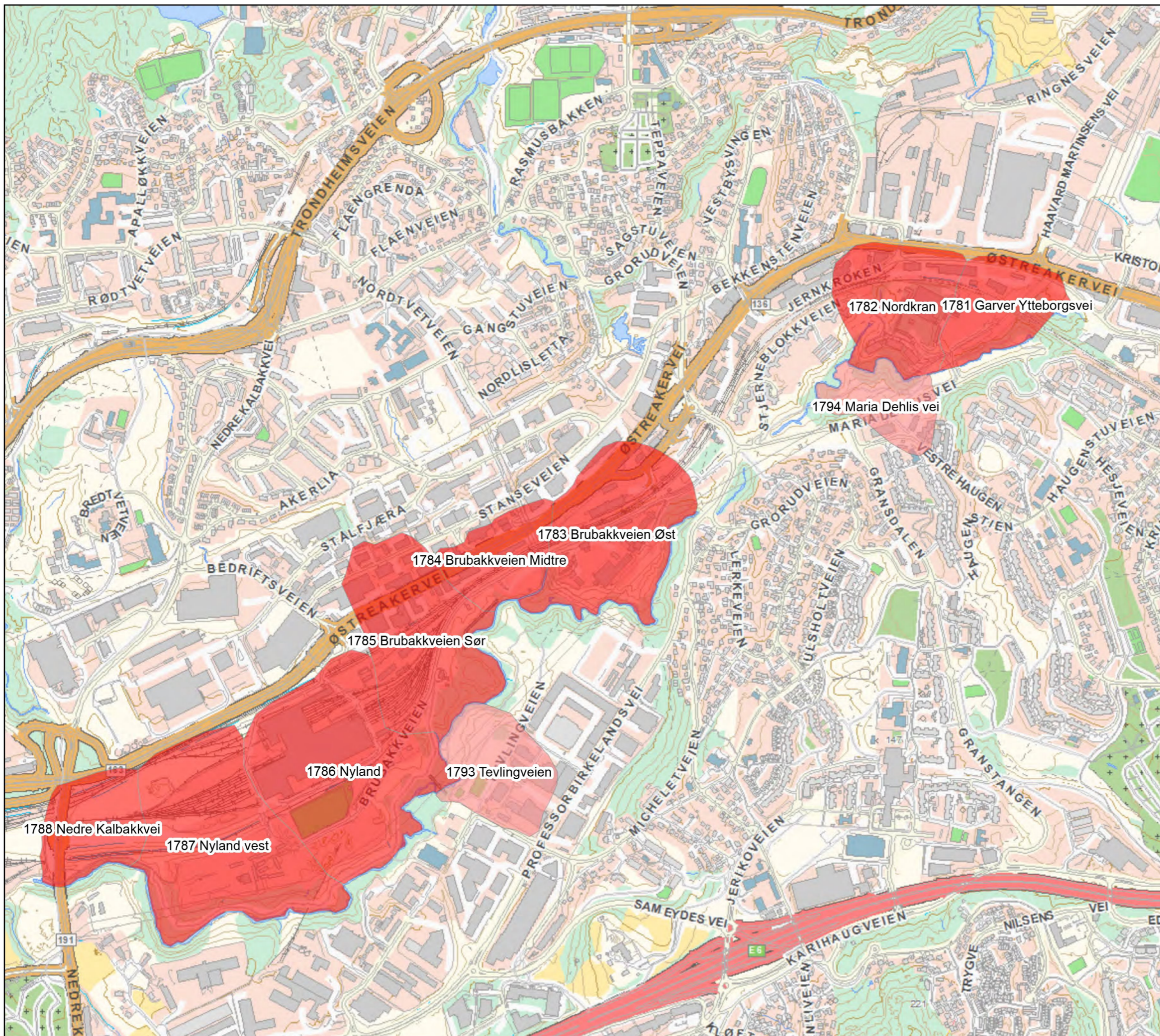
- 1 - Lav
- 2 - Middels
- 3 - Høy



0 250 500 m

Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprosjeksjon: UTM33N

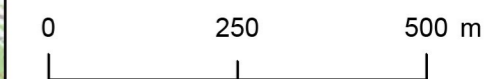
Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 03
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent TrV	



Tegnforklaring

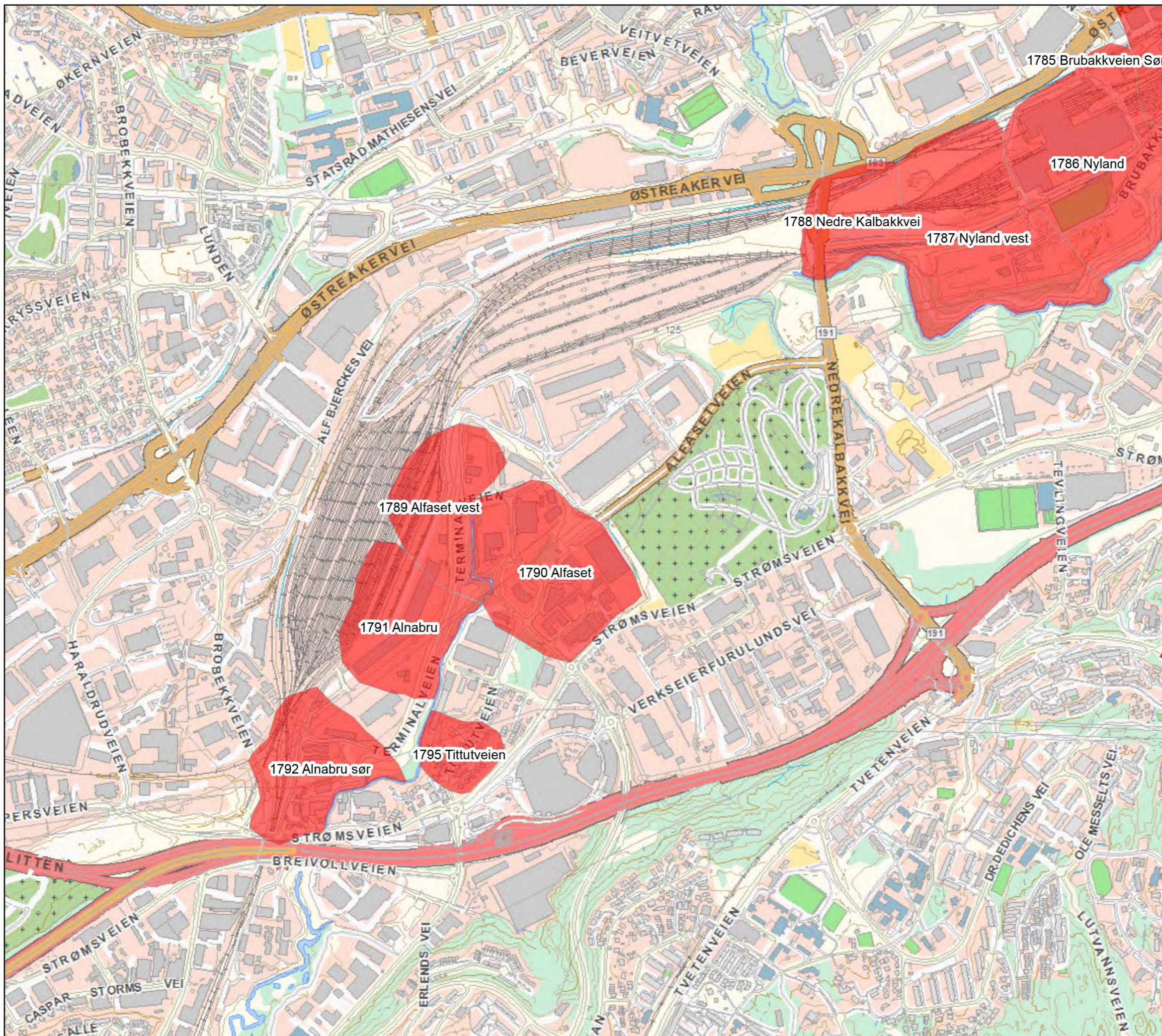
Konsekvensklasse

- 1 - Mindre alvorlig
- 2 - Alvorlig
- 3 - Meget alvorlig



Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 04
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent Trv	



Tegnforklaring

Konsekvensklasse

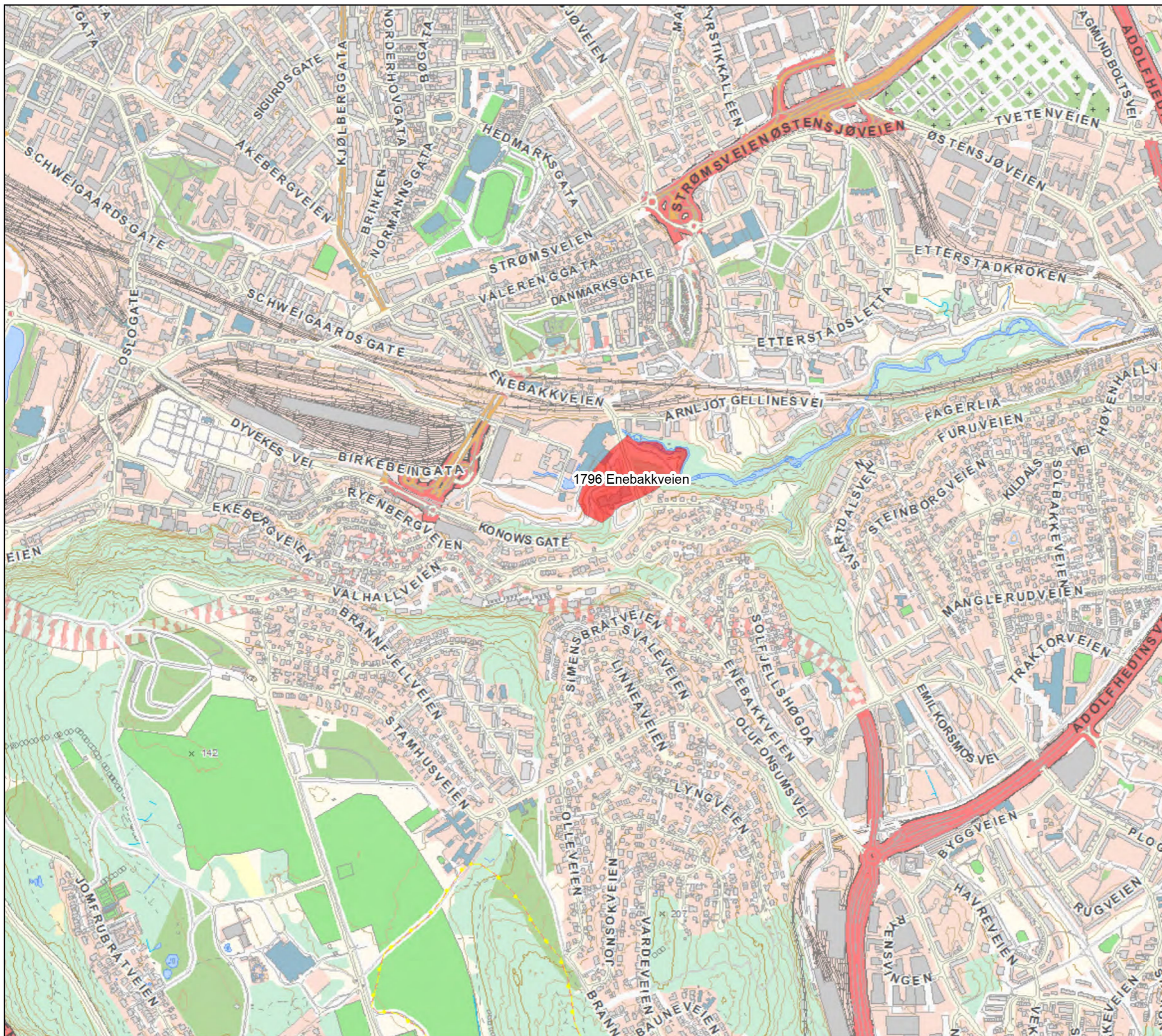
- 1 - Mindre alvorlig
- 2 - Alvorlig
- 3 - Meget alvorlig



0 250 500 m

Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 05
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent TrV	



Tegnforklaring

Konsekvensklasse

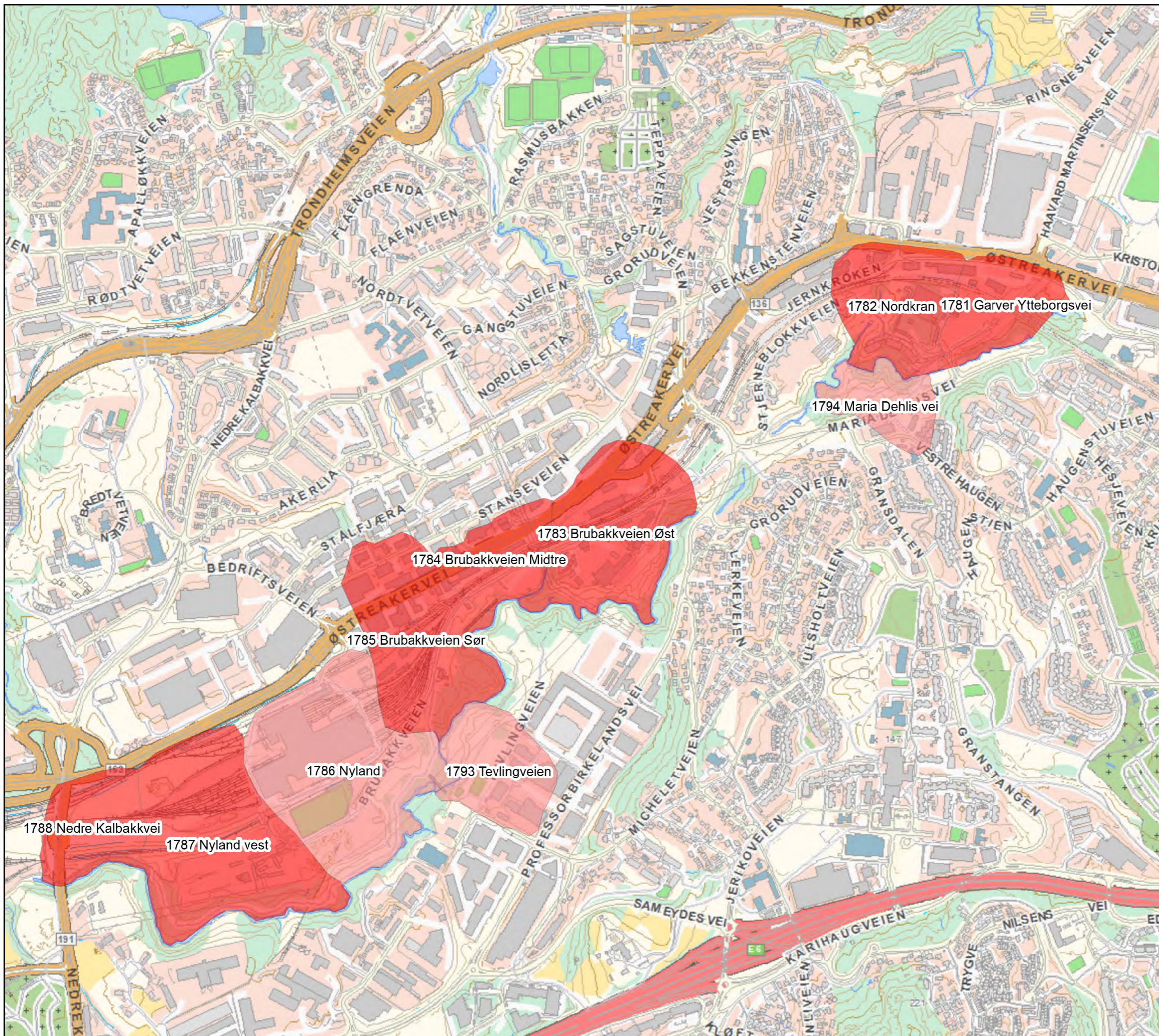
- 1 - Mindre alvorlig
- 2 - Alvorlig
- 3 - Meget alvorlig



0 250 500 m

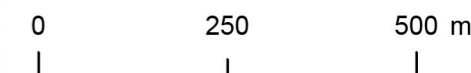
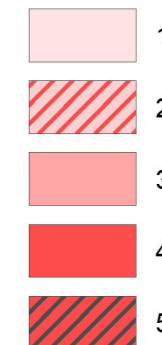
Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 06
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent TrV	



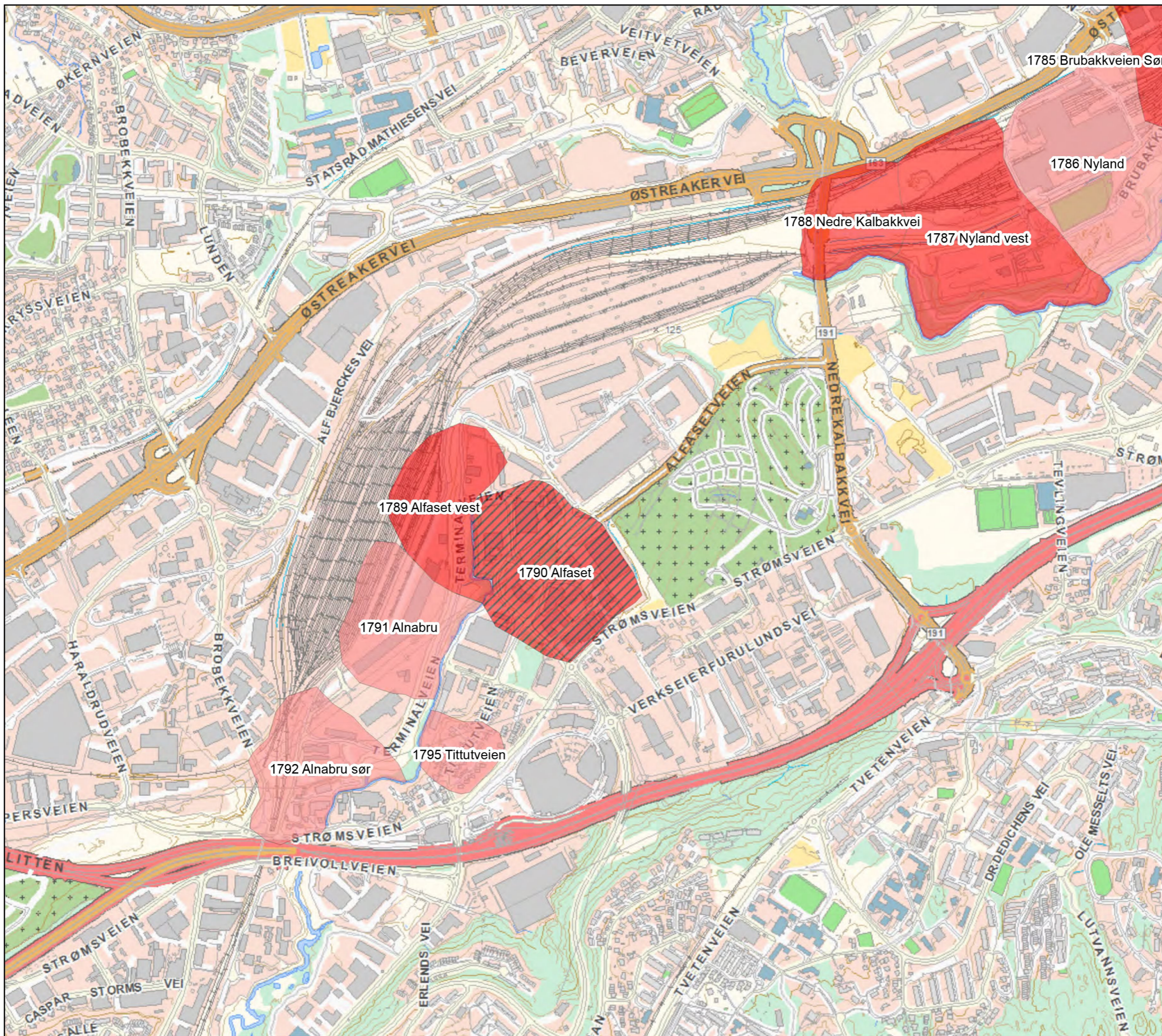
Tegnforklaring

Risikoklasse



Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 07
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent TrV	



Tegnforklaring

Risikoklasse

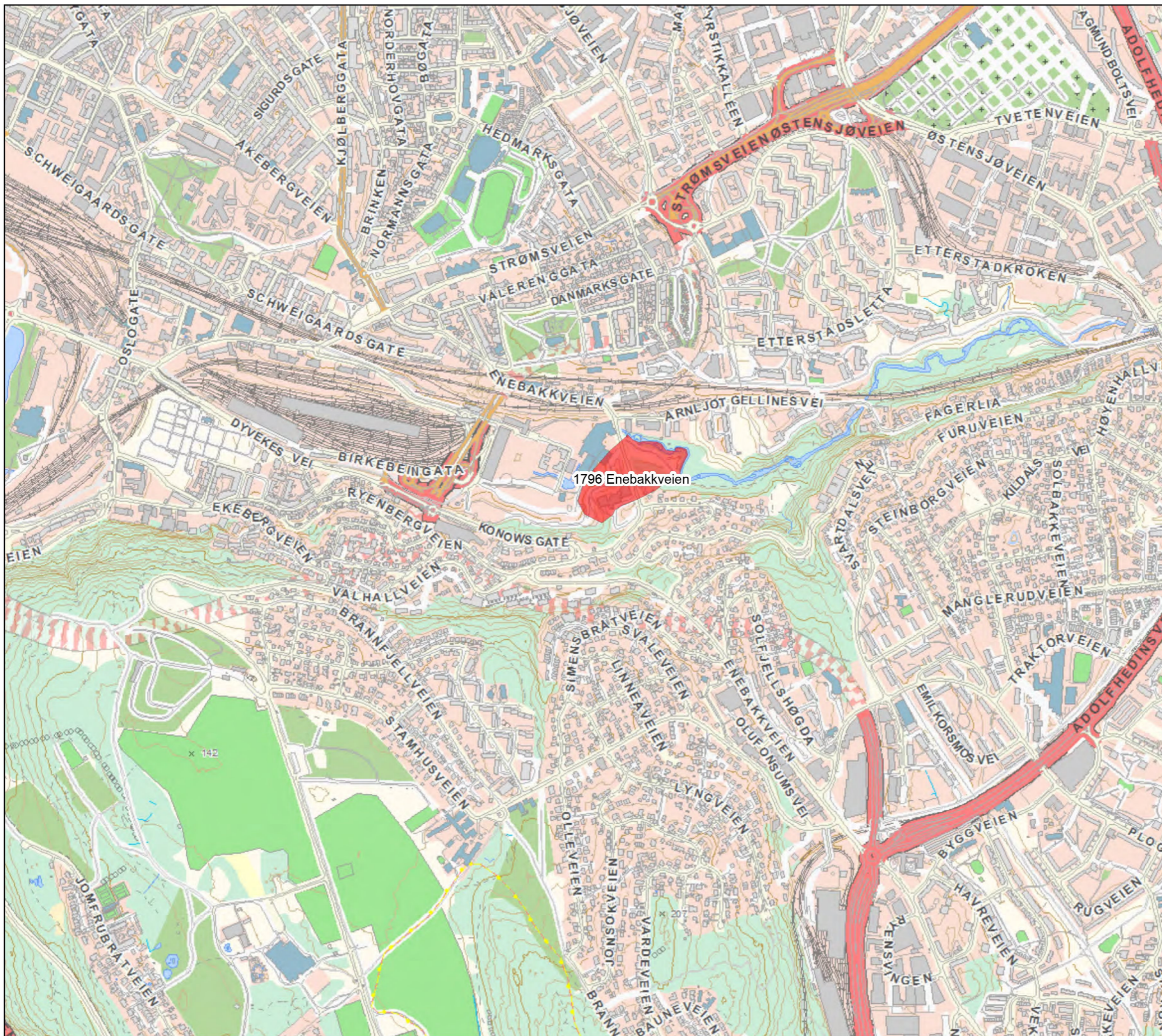
- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



0 250 500 m

Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 08
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent Trv	



Tegnforklaring

Risikoklasse

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5



0 250 500 m

Målestokk (A3): 1:10 000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM33N

Kvikkleirekartlegging Oslo		
NVE	Prosjektnr. 20081717-1	Kart nr. 09
Risiko for kvikkleireskred, Oslo Revisjon 1	Utført JMC	Dato 2011-11-08
	Kontrollert HHe	
	Godkjent Trv	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information												
Dokumenttittel/Document title Risiko for kvikkleireskred					Dokument nr/Document No. 20081717-00-1-R							
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution			Dato/Date 8. november 2011							
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited			Rev.nr./Rev.No. 1							
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited										
		<input type="checkbox"/> Ingen/None										
Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat												
Emneord/Keywords Kvikkleire, kartlegging, faregrad, konsekvens, risiko,												
Stedfesting/Geographical information												
Land, fylke/Country, County Norge, Oslo					Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality Oslo					Feltnavn/Field name							
Sted/Location Oslo kommune					Sted/Location							
Kartblad/Map 1814-I Asker, 1815-II Oppkuven, 1914-IV Oslo & 1915-III Nannestad					Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates												
Dokumentkontroll/Document control												
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001												
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision				Egen- kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument				TrV		AS					
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release				Dato/Date 08.11.2011			Sign. Prosjektleder/Project Manager Trond Vernang					

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsvelen 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirseneteret
NO-7462 Trondheim
Norway

Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr/Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

Bygging i kvikkleireområder

Veiledning ved arealplanlegging og byggesaksbehandling



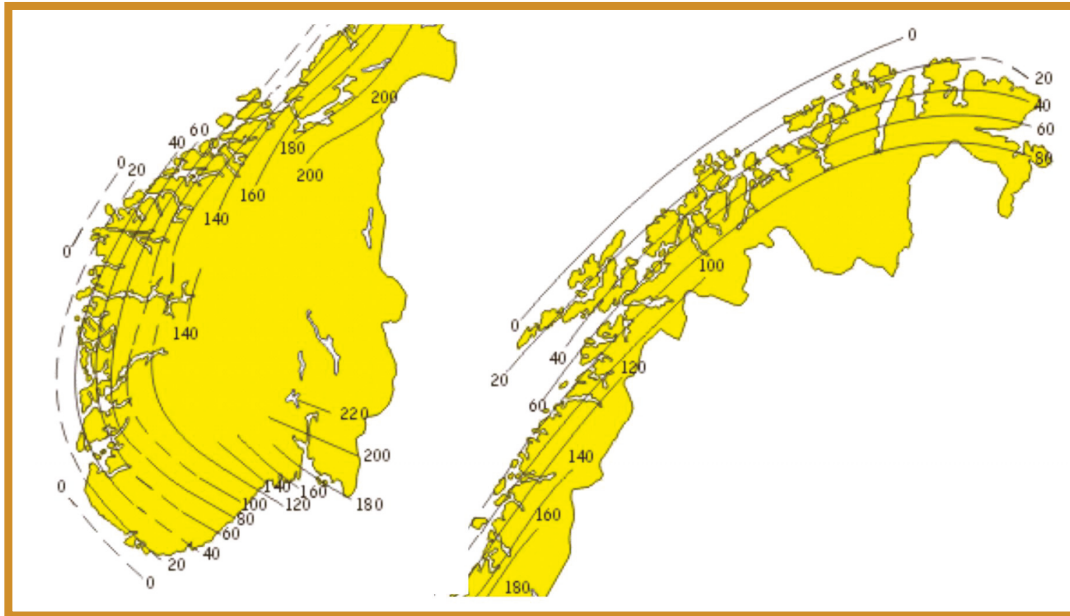
Figur 1 Kvikkleireskredet i Rissa, 29. april 1978. (Foto Aftenposten)

GENERELT

I områder hvor det kan være fare for kvikkleireskred, vil ekstra aktsomhet være en nødvendig forutsetning ved alle menneskelige inngrep. Erfaring viser at forståelsen for faren for skred har vært mangelfull i store deler av det byggfaglige miljøet. Således er de aller fleste større kvikkleireskred i de siste 20 – 30 årene utløst av menneskelig aktiviteter. For å forebygge skred i fremtiden, er det nå utarbeidet en ”Veiledning for arealplanlegging og byggesaksbehandling” ved bygging i områder med fare for kvikkleireskred.

Det helt spesielle med kvikkleireskred er den store utstrekningen disse skredene kan få. Også det forhold at skredene skjer meget hurtig og oftest uten forvarsel, gjør at kvikkleireskred kan bli katastrofale. Kvikkleireskredet i Rissa er illustrerende i så måte, se figur 1. Skredet ble utløst av et mindre terrenginngrep nede ved innsjøen Botnen. 5 mill. m³ leire raste ut i løpet av få minutter. Skredgropen ble 1,5 km lang.

Faren for kvikkeireskred er begrenset til områder under marin grense (MG). MG ligger på fra kote 125 til 225 på Østlandet og i Trøndelag og en del lavere på Sørlandet, Vestlandet og i Nord-Norge, se figur 2. Nødvendig dokumentasjon om faren for kvikkleireskred skal fremlegges ved all utbygging i områder med marin leire hvor det kan være skredfare. Det er planlegger/tiltakshavers ansvar å fremskaffe relevant informasjon om forholdene og bringe på det rene hvorvidt det aktuelle plan-/utbygningsområdet kan være utsatt for skredfare.



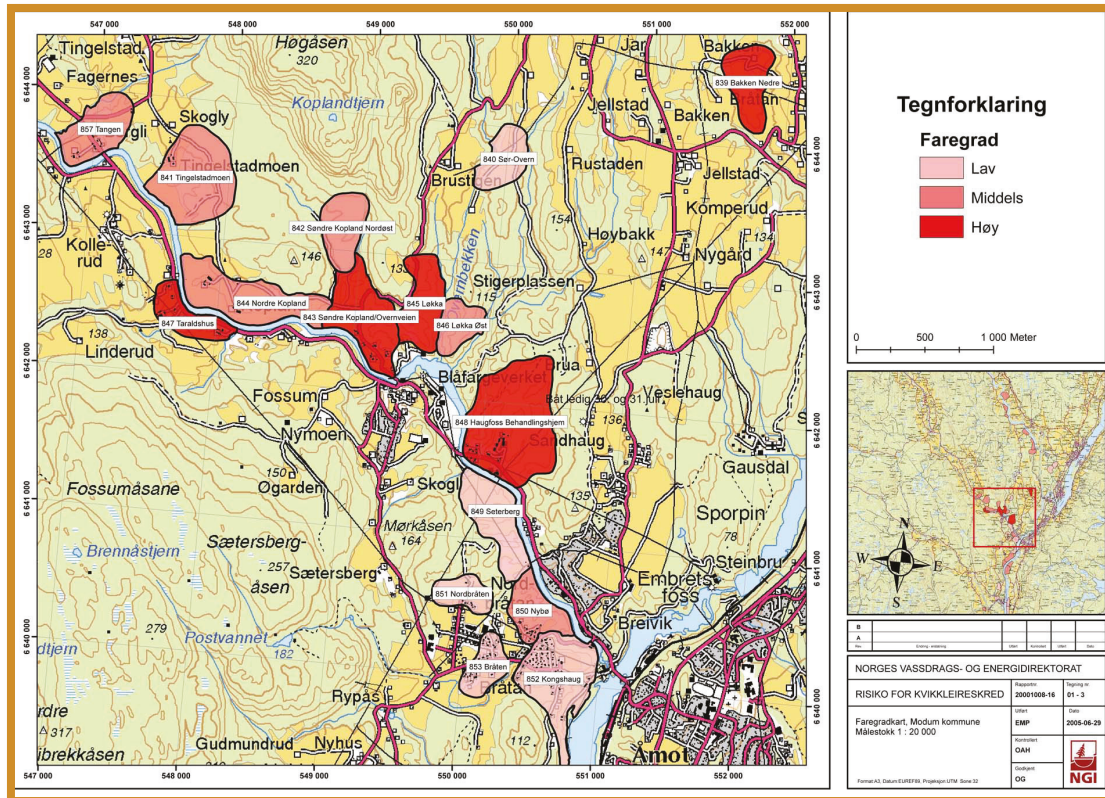
Figur 2 Linjene viser marin grense (MG), hvor høyt havet sto etter at innlandsisen trakk seg tilbake.

FAREGRADEVALUERING

Et viktig element i forebyggingen av kvikkleireskred, er å foreta "faregradevaluering" i forbindelse med plan-/og byggesaker i områder med mulig fare for kvikkleireskred. Faregrad er et mål for hvor stor fare det er for at et skred skal inntreffe. En viktig del av faregradevalueringen vil være å lokalisere mulige utløsningsområder for skred. Dette er spesielt viktig, idet skred i kvikkleire kan bre seg langt fra selve utløsningsstedet, kfr Rissa-skredet.

For Østlandet og Trøndelag forligger det kart som viser lokaliteten av større faresoner, klassifisert med hensyn til faregrad, konsekvens og risiko, ref. www.ngu.no/Skrednett, se figur 3. Marine områder utenfor sonene må evalueres og eventuelt undersøkes med tanke på skredfare ved planbehandling/utbygging.

Faregradevalueringen inngår som en del av en risikoanalyse. Analysen er basert på en kvalitativ metode utviklet for områder med kvikkleire, ref/1/. Faregrad og konsekvens evalueres for hver enkelt sone, basert på poengverdier. Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av menneskelig aktivitet i sonen: antall personer, bebyggelse, infrastruktur etc. Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:



Figur 3 Eksempel på faregradkart, utsnitt av Modum kommune.

Faregrad:	Lav	Middels	Høy
Konsekvens:	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget alvorlig

Faregrad- og konsekvensevurderingen er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse:
 Risiko = faregrad x konsekvens. Risiko er inndelt i fem klasser, hvorav 5 er høyeste risiko.

For plan- og byggesaksbehandling er det faregradevalueringen (sannsynligheten for skred) som legges til grunn. Risikoklassifiseringen benyttes ved prioritering av områder som skal sikres mot skred.

STABILITETSANALYSER/KONTROLL

En viktig målsetting for myndighetene har vært å legge til rette for en mest mulig enhetlig vurdering av skredfareproblemer internt i det geotekniske fagmiljøet. Dette er spesielt viktig i områder med fare for kvikkleireskred, idet oppgavene er meget krevende og at konsekvensen ved et skred kan være meget stor. For å søke å oppnå dette, er det utarbeidet en veiledning for geotekniske rådgivere ved vurdering av stabilitet i områder der sensitiv/kvikk leire utgjør fare for skred, ref /2/. Anbefalingen omfatter blant annet forslag til type og omfang av grunnundersøkelser, valg av metoder for stabilitetsanalyser og krav til minimum sikkerhetsnivå (materialfaktor). Anbefalingen er utarbeidet av en arbeidsgruppe bestående av representanter fra de største geotekniske konsulentmiljøene: Multiconsult, Rambøll, Vegdirektoratet og NGI. Det henstilles til at myndighetene påser at veiledningen legges til grunn ved all geoteknisk prosjektering i områder med fare for kvikkleireskred.

For ytterligere å sikre at utbyggingsoppgaver i områder med fare for kvikkleireskred behandles på en sikker og enhetlig måte, er det i retningslinjene innarbeidet krav om at all prosjektering skal forelegges for uavhengig faglig kontroll.

KOMMUNEPLAN

For planområder der det er lagt ut for utbygging/fortetting og/eller spredt utbygging i LNF områder, skal det foretas en vurdering av om det kan foreligge fare for at kvikkleireskred kan inntreffe innenfor hele eller deler av planområdet. Likeledes skal det vurderes om hele eller deler av planområdet ligger innenfor utløpsområdet for skred. På dette planstadiet kreves det ikke utført egne grunnundersøkelser. Arbeidet består i innsamling og evaluering av foreliggende informasjon og skal som et minimum omfatte følgende punkter:

1. *Undersøke om det kan finnes marin leire i planområdet.* Grunnlagsmaterialet vil være kvartærgeologiske kart og informasjon om beliggenheten av marin grense (MG). Data fra foreliggende grunnundersøkelser skaffes til veie.
2. *Undersøke om planområdet ligger innenfor utløpsområdet for skred.* Grunnlagsmaterialet vil være det samme som under pkt. 1.

Dersom svarene er negative på pkt. 1 og 2, er området klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred.

Dersom svaret er positivt på pkt. 1 og/eller pkt. 2 :

3. *Tidligere kartlagte faresoner markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
4. *Utløpsområder for skred markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
5. *Dersom planområdet ligger utenfor tidligere kartlagte fareområder, gjøres en vurdering av hvorvidt det kan foreligge en potensiell skredfare.* Kvartærgeologiske kart (løsmassetyper og mektighet, fjellblotninger etc.), topografiske kart (skråningshelninger, høydeforskjeller) og eventuelle tidligere grunnundersøkelser (bestemmelse av forekomster av sensitiv/kvikkleire) legges til grunn for vurderingen. I vurderingen av en sones utstrekning, skal det antas at et skred kan forplante seg en avstand tilsvarende $15 \times H$ (skråningshøyden) bakover fra utløsningsstedet. For øvrig henvises til ref. /2/.
6. *Nye faresoner faregradevalueres (ref. /1/) og markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
7. *Nye utløpsområder for skred markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
8. *Krav om eventuelle supplerende undersøkelser, faregradevalueringer, stabilitetsanalyser med mer ved reguleringsplanutarbeidelse skal fremgå i retningslinjene til planen.* Om mulig angis omfang av undersøkelser og kostnader.

REGULERINGSPLAN

Dersom det på kommuneplannivå ikke er vurdert om det kan foreligge fare for kvikkleireskred, må dette inngå i arbeidet med reguleringsplanen, se punktene 1-8 i det overstående.

På reguleringsplannivå skal områdestabiliteten analyseres og eventuelle behov for generelle stabilitetsforbedrende tiltak avklares. Arbeidet omfatter følgende aktiviteter:

9. *Grunnundersøkelser gjennomføres for å kunne foreta en nærmere vurdering av skredfaren.* Undersøkelsene skal som et minimum gi grunnlag for kartlegging av forekomst/utbredelse av sensitiv/kvikkleire. Om nødvendig skal undersøkelsene også gi grunnlag for analyse av stabilitetsforholdene. Krav til omfang og kvalitet av undersøkelsene er drøftet i ref. /2/.

Dersom undersøkelsene viser at det ikke forekommer kvikkleire på området eller at kvikkleiren har slik beliggenhet at kvikkleireskred ikke kan inntreffe, er området klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred.

Dersom undersøkelsene derimot har påvist kvikkleire med beliggenhet som tilsier at kvikkleireskred kan inntreffe, skal området utredes videre:

10. *Faregradevaluering utføres for situasjonen før og etter gjennomføring av planen.* For enkelte større soner kan det være aktuelt å foreta en oppdeling av sonen i flere mindre soner, som bedre avspeiler den sannsynlige utstrekningen av et kvikkleireskred. Evalueringen utføres for den stabilitetsmessig ugunstigste delen av sonen.
11. *Stabilitetsanalyser utføres for situasjonen før og etter gjennomføring av planen.* Krav til analysemetoder og bestemmelse av styrkeparametere er drøftet i ref. /2/.
12. *Behovet for sikringstiltak vurderes.* I noen tilfeller kan det være behov for å gjennomføre omfattende sikringstiltak, også utenfor selve utbygningsområdet. Slike forhold er det viktig å få avklart tidligst mulig i planprosessen
13. *Foreta ekstern kontroll av geoteknisk prosjektering, utført på reguleringsplannivå.* Geoteknisk prosjektering i områder med fare for kvikkleireskred kan være meget krevende, og konsekvensen ved et skred vil ofte være stor. Det er derfor bestemt at det skal gjennomføres ekstern kontroll av prosjekteringen.

Som det fremgår av overstående, vil geoteknisk rådgivning utgjøre en viktig del av planarbeidet.

I det etterfølgende er det nærmere gjort rede for hvilke krav som stilles til den geotekniske rådgivning i forbindelse med gjennomføring av reguleringsplan. Det stilles krav til hvilke geotekniske problemstillinger som skal utredes samt at det stilles krav til sikkerhetsnivåene ved stabilitetsanalyser. Kravene avhenger av hvilke faregradklasse området har, samt av utbygningsprosjektets konsekvens.

Geotekniske problemstillinger som skal utredes

Den etterfølgende tabellen viser hvilke problemstillinger som skal utredes av geoteknisk rådgiver, avhengig av konsekvensen ved utbygging (prosjektkategori A, B, C og D) og faregradklasse.

Prosjektkategori	Faregradklasser før utbygging		
	Høy	Middels	Lav
A. Tilflytting av mennesker: Boliger, skoler, institusjoner, industri- og næringsbygg o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll
B. Viktige samfunnsmessige funksjoner: Hovedveier, Toglinjer, VAR-anlegg og sentralt Kraftnett o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll
C. Ingen tilflytting, påvirker stabiliteten: Veier, grøfter, planeringer og oppfyllinger o.l.	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll	Stabilitetsberegning Ekstern kontroll
D. Ingen tilflytting, liten påvirkning på stab.forholdene: Små tilbygg (< 20 m ²), grunne grøfter (<2 m), mindre planering (<1 000 m ³) og små oppfyllinger (<1 m) o.l.	Stabilitetsberegning	Rettledning, ref /3/	Rettledning, ref /3/

Kommentarer til tabell

En utbygging deles inn i en av fire kategorier, A, B, C og D, avhengig av konsekvens ved et skred.

- A. Tilflytting av mennesker.** Det kreves både faregradanalyse, stabilitetsberegninger og uavhengig kontroll, når faregradklassen før utbygging for sonen er høy eller middels. I faregradklasse lav kreves ikke faregradevaluering.
- B. Viktige samfunnsmessige funksjoner.** Samme utredninger som for prosjektkategori A.
- C. Ingen innflytting, påvirker stabiliteten.** Kreves ikke faregradevaluering
- D. Ingen innflytting, liten påvirkning på stab. forholdene.** Kreves stabilitetsanalyse i faregradklasse høy, for øvrig kreves kun at ”Rettledning ved små inngrep i/ved skrån timer i kvikkleire” følges, ref /3/.

Krav til sikkerhetsnivåer

Den etterfølgende tabell viser hvilke krav som stilles til sikkerhetsnivåer ved stabilitetsanalyser, avhengig av konsekvensen ved utbygging (prosjektkategori A, B, C og D) og faregradklasse. Sikkerheten kan bestemmes enten ved stabilitetsanalyse eller ved at terrenginngrep medfører en stabilitetsmessig forbedring.

Faregradklasse	Krav til sikkerhetsnivå				
	Stab. analyse	Forbedring av sikkerhet ved fysiske terrenginngrep			
	Tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet	Vesentlig forbedring	Forbedring	Ikke forverring	"Rettledning.."
Høy	A, B, C, D	A, B	C	D	
Middels	A, B, C	A, B	C		D
Lav	A, B, C			A, B, C	D

Definisjon av begrepene "tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet", "vesentlig forbedring", "forbedring" og "ikke forverring" er gitt i ref. /2/.

For prosjektkategoriene A og B er kravene identiske. Tilstrekkelig sikkerhet mot skred kan dokumenteres ved stabilitetsanalyser, både for byggefasen og permanent. Dette gjelder for alle tre faregradklasser. Ved alternativ dokumentasjon, forbedring gjennom fysiske tiltak, forlanges "vesentlig forbedring" for faregradklassene høy og middels og "ikke forverring" for faregradklasse lav.

For prosjektkategori C kan tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres ved stabilitetsanalyser, både for byggefasen og permanent. Dette gjelder for alle tre faregradklasser. Ved alternativ dokumentasjon, forbedring gjennom fysiske tiltak, forlanges "forbedring" for faregradklassene høy og middels og "ikke forverring" for faregradklasse lav.

For prosjektkategori D kreves stabilitetsmessig dokumentasjon kun for faregradklasse høy, enten ved at tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet bekreftes, eller ved å dokumentere at de fysiske inngrep tilfredsstiller kravet om "ikke forverring" av sikkerheten. For soner i faregradklase middels og lav anvendes "Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner", se ref. /3/.

BYGGEPLAN

Krav som ikke er utredet/gjennomført i forbindelse med kommuneplan (punktene 1-8) og reguleringsplan (punktene 9-13) skal oppfylles i byggeplan.

I byggeplan skal kravet om at området skal ha tilstrekkelig sikkerhet mot skred dokumenteres.

14. *Uttalelse med dokumentasjon om at området har tilstrekkelig sikkerhet skal foreligge før oppstart.* Ansvarshavende skal ha sentralgodkjennelse i tiltaksklasse III. Dersom det er nødvendig å foreta stabilitetsforbedrende tiltak, skal disse være gjennomført før oppstart av utbyggingsprosjektet.

BEGREPER/DEFINISJONER

I Kvikkleire, blir flytende ved omrøring.

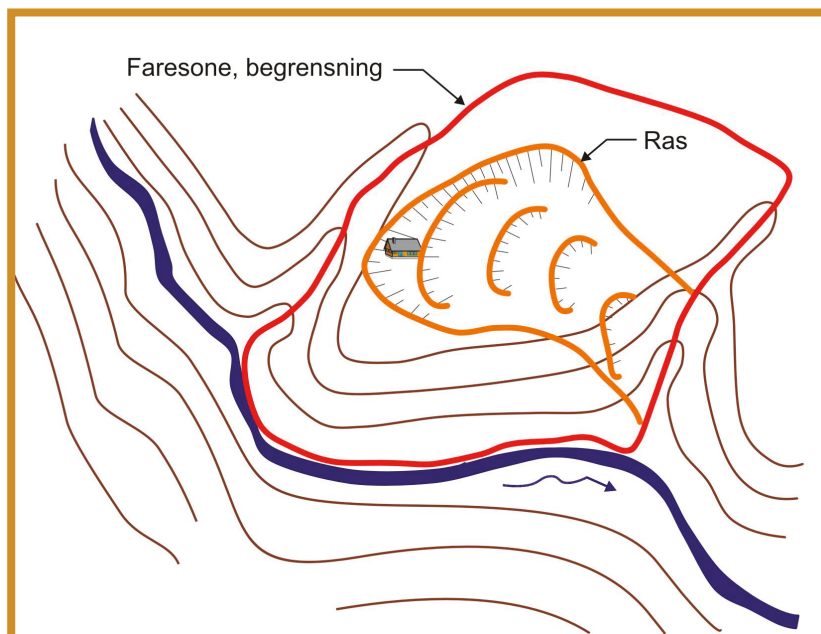
Praktisk talt all leire i Norge er avsatt i saltvann (marin leire). Saltet i porevannet er bindemiddelet i leiren. Gjennom de siste 8 – 10 000 år har det skjedd en gradvis utvasking av saltet. Når saltet forsvinner blir leiren kvikk. Effekten av at saltet er borte er at leiren blir flytende ved omrøring, når den blir overbelastet eller kommer i bevegelse. Det er denne egenskapen som gjør at skred i kvikkleire kan få så stor utstrekning. Uforstyrret kvikkleire har tilnærmet samme styrke som en ikke kvikk leire. En kvikkleire er altså en vanlig marin leire der saltet er vasket ut. I teorien kan all marin leire bli kvikk.



Kvikkleire kan gjenvinne sin styrke ved tilsetning av salt til leiren. Tilsetning av kalk/semest har en ennå gunstigere innvirkning på styrkeegenskapene til leiren. Kalk/semesttilsetning har derfor gjennom de siste 20-30 årene blitt en mye anvendt grunnforsterkningsmetode i bløte sensitive leirer.

II Kvikkleiresone, angir antatt maksimal utbredelse av et eventuelt kvikkleireskred.

En kvikkleiresone angir et mulig skredfarlig område. Som oftest går sonen ned mot et vassdrag. Størrelsen på en sone er basert på topografiske kriterier, samt i de fleste tilfelle også resultatet av enkle geotekniske undersøkelser. En sone angir antatt maksimal utbredelse av et skred. Maksimal utbredelse kan bare inntreffe dersom grunnforholdene er mest mulig ugunstige i hele sonen.



Figur 4 Skissen illustrerer at skred i kvikkleire kan bre seg langt fra utløsningsstedet. Stabilitet må vurderes for hele sonen

Supplerende undersøkelser vil ofte vise at forholdene er mindre ugunstige enn antatt. Resultatet av supplerende undersøkelser kan derfor bli at en sone:

- Utgår
- Begrenses i utstrekning
- Får en lavere faregradklassifisering.

Det skal påpekes at det kan være skredfarlige områder også utenfor sonene. Skred utenfor sonene vil i de fleste tilfelle få vesentlig mindre omfang enn skred innenfor sonene, mindre enn 10 dekar.

III Kvikkleireskred, kan berøre hele sonen.

Skred i sensitiv/kvikk marin avsetning av leire og/eller silt. Skred i kvikkleire skiller seg ut fra skred i ikke kvikke leirer ved at utstrekningen kan bli meget stor, skredene skjer hurtig samt at det sjelden gis forvarsel. Dette tilsier at aktsomhetsnivået må være høyt ved anleggsvirksomhet i en kvikkleiresone.

Et skred i en kvikkleiresone kan ramme områder som ligger langt fra utløsningsstedet. For å sikre seg mot skred ved bygging i en kvikkleiresone, må det derfor evalueres hvorvidt skred utløst på andre deler av sonen kan ramme prosjektet. Det er derfor ikke tilstrekkelig å analysere sikkerheten for skred lokalt. Risikoanalyser er et egnet verktøy til å lokalisere stabilitetsmessig utsatte områder.

IV Risikoanalyse

For å kunne redusere omfang og skader av uønskede hendelser, som for eksempel leirskred, utføres risikoanalyser før utbygningsprosjekter igangsettes. Risikoanalyser er utviklet for dette formålet. Risikoanalyser utføres for "nåsituasjonen" og for "situasjonen etter utbygging", slik at effekten av gjennomføringen av utbyggingsplaner kan fremgå. Risikoanalysen vil avdekke faregrad-, konsekvens- og risikonivået. For partier med uakseptabelt risikonivå må det gjennomføres tiltak for å redusere risikoen. Aktuelle tiltak kan være: supplerende grunnundersøkelser med reviderte stabilitetsanalyser, endring av topografien (gjenfylling av raviner/nedplanering av rygger), forbedre grunnens geotekniske egenskaper (kalk-/sementpeler) eller foreta endringer i planene.

Risiko er produktet av sannsynligheten (faregraden) for og konsekvensene av hendelsen.

NGI har utviklet en kvalitativ metode for kartlegging av risiko for skred i områder med kvikkleire, hvor faregrad og konsekvens evalueres for hver enkelt sone basert på poengverdier. Metoden er beskrevet i /1/.

REFERANSELISTE

- /1/ NGI. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, Revisjon 2 datert 16. desember 2002.
- /2/ NVE. Anbefalte krav til geoteknisk prosjektering ved utbygging i områder med fare for kvikkleire-skred.
- /3/ NGI. Rettledning ved små inngrep i/ved skråninger i kvikkleire.

Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner



Veiledningen legger opp til at sikkerhetsmessige vurderinger av små inngrep i kvikkleiresoner skal kunne gjennomføres av kommuners tekniske etat og landbrukskontor. Det er gitt råd om hvordan ulike inngrep kan gjennomføres slik at faren for store skred ikke blir vesentlig forverret. Prinsippskissene er ment som et hjelpemiddel til å identifisere problemer som man i ulike situasjoner står overfor.

Inngrep i kvikkleiresoner vil ofte innebære en stabilitetsforverring. Konsekvensene kan være dramatiske. Selv relativt små inngrep vil erfaringsmessig kunne resultere i store skred: Båstadskedet i 1974, 70-80 dekar (utløst ved bakkeplanering), Rissaskredet i 1978, 330 dekar (utløst ved oppfylling) og skredet i Hornneskilen i 1983, 20 dekar (utløst ved oppfylling). Det er derfor viktig at rådene gitt i det etterfølgende blir fulgt. Ved tvilstilfeller forelegges prosjektene geoteknisk rådgiver til uttalelse.

Kun faren for store skred inngår i vurderingen. Faren for lokale utglidninger i grøfter, byggegrop, gjennom fyllmasse o.l. må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

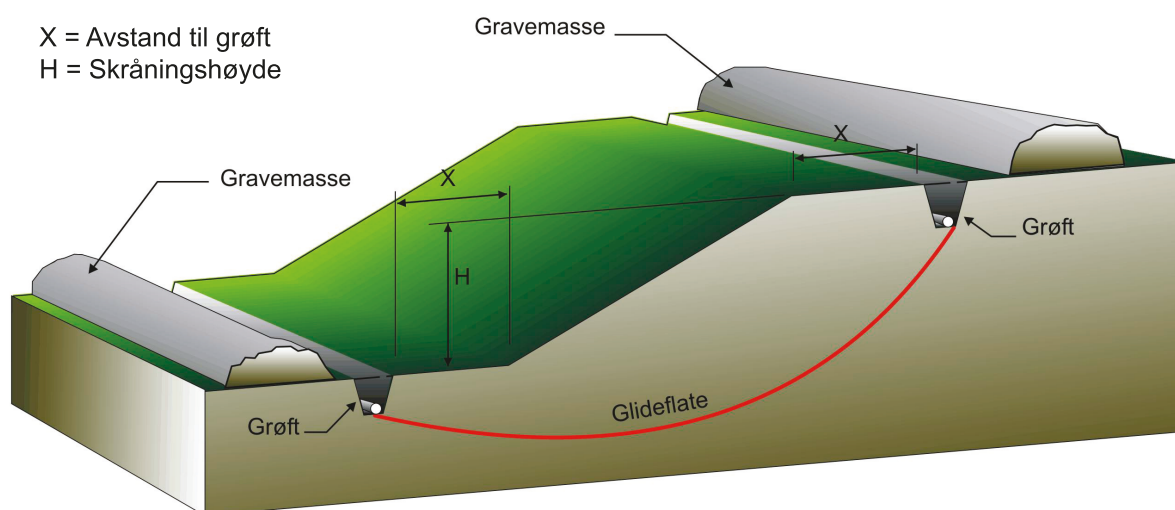
GRAVING AV GRØFTER

Dette avsnittet omhandler graving av inntil 2 m dype grøfter. Grøfter mer enn 2 m dype bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse. Vedrørende lokal stabilitet i forbindelse med gjennomføring av grøftarbeidene, henvises til «Forskrifter ved graving og avstiving av grøfter», utgitt av Statens arbeidstilsyn.

Grøfter i ravinert terreng

Graving av grøfter i eller i nærheten av en bratt leirskråning vil ha en ugunstig innvirkning på skråningsstabiliteten. Forverringen beror på at man ved grøftingen reduserer lengden på den potensielle glideflate. Herved reduseres også skråningens stabiliserende kapasitet, se fig. 1.

Desto større avstand mellom grøft og skråning, desto mindre innvirkning på stabiliteten.



Figur 1 Ved graving av grøfter i fot og topp av bratte leirskråninger bør gravemassene plasseres vekk fra skråningen.

Grøftens innvirkning på stabiliteten kan grovt inndeles i følgende fem kategorier:

1. $X > 4H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten vil være av liten betydning. Grøfter, inntil 2 m dype, kan etableres uten spesielle tiltak.

2. $4H > X > 2H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten vil være av betydning. Grøfter må graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres (spesielt viktig for grøfter ved foten av skråninger). Gravemassene plasseres vekk fra skråningen.

3. $X < 2H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig. Se for øvrig pkt. 2.2.1 «Lukking av bekker».

4. *I skråningens koteretning:*

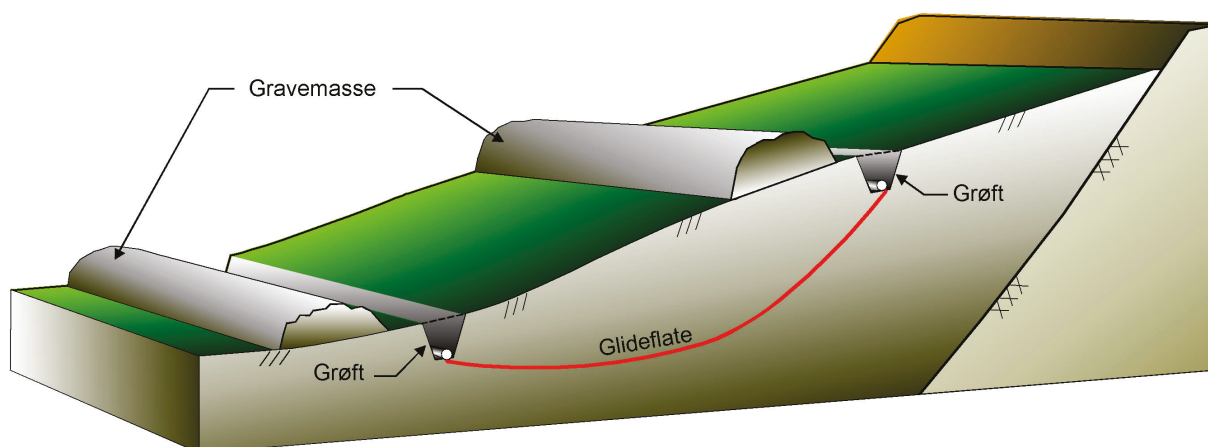
Innvirkningen på skråningsstabiliteten er meget stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig.

5. *I skråningens fallretning:*

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er begrenset. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres.

Grøfter i jevnt hellende terreng

Graving av grøfter vil ha en ugunstig innvirkning på sikkerheten. Forverringen beror på at grøftingen reduserer lengden på den potensielle glideflate og således reduserer skråningens stabiliserende kapasitet, fig. 2.



Figur 2 Jevnt hellende terreng med grøfter

I terreng med jevn helning vil grøftens innvirkning på skråningsstabiliteten som regel være tilnærmet uavhengig av om plasseringen er langt nede eller høyt oppe i skråningen.

I skråningens koteretning:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er av betydning. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres. Gravemassene plasseres nedenfor grøften og i avstand fra denne tilsvarende minst 2 x grøftedybden.

I skråningens fallretning:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er begrenset. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 12 m.

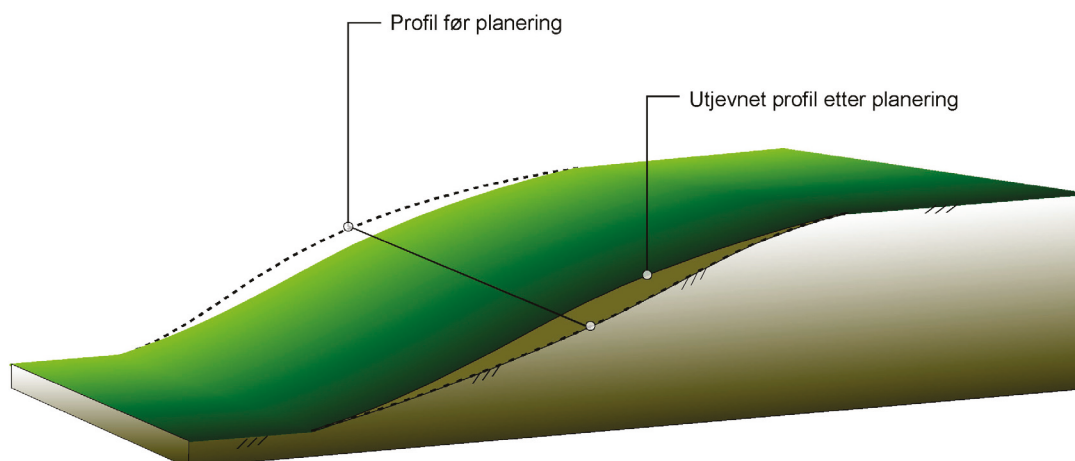
BAKKEPLANERING

Dette avsnittet omhandler planeringsarbeider, med massevolum mindre enn 1000 m³ eller areal mindre enn 10 dekar. Arbeider som faller utenfor nevnte kriterier forutsettes forelagt geoteknisk sakkyndig til uttalelse. Likeledes forutsettes det at alle permanente planeringsarbeider skal resultere i en uendret eller forbedret stabilitet. I forbindelse med ethvert bakkeplaneringsprosjekt er det imidlertid vanskelig å unngå en stabilitetsforverring under enkelte faser av arbeidet. De etterfølgende retningslinjer er utarbeidet med spesiell vekt på å unngå slike midlertidige stabilitetsforverringer.

Det foreligger allerede en veiledning om utførelse av bakkeplaneringsarbeider: «Aktuelt fra Landbruksdepartementets opplysningstjeneste», nr. 2 og nr. 4, 1974". Kapitlet om skredfare vil fortsatt være retningsgivende for planeringsarbeider utenfor potensielt skredfarlige områder.

Stabilitetsforhold etter ferdig planering

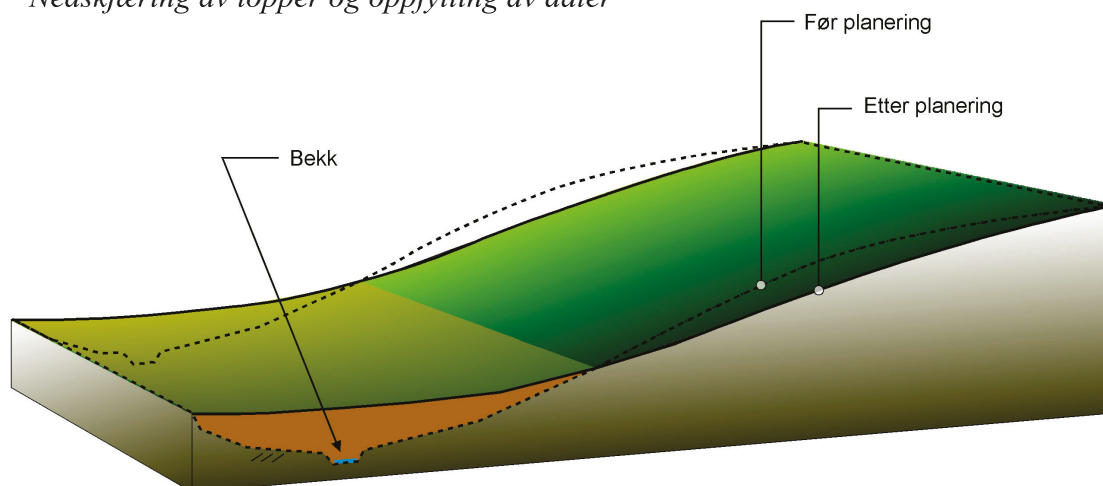
1. Utjevning av mindre lokale rygger og søkk ved sideveis forskyvning av masser



Figur 3 Sideveis planering ved utjevning av mindre lokale rygger og søkk har liten innvirkning på stabiliteten

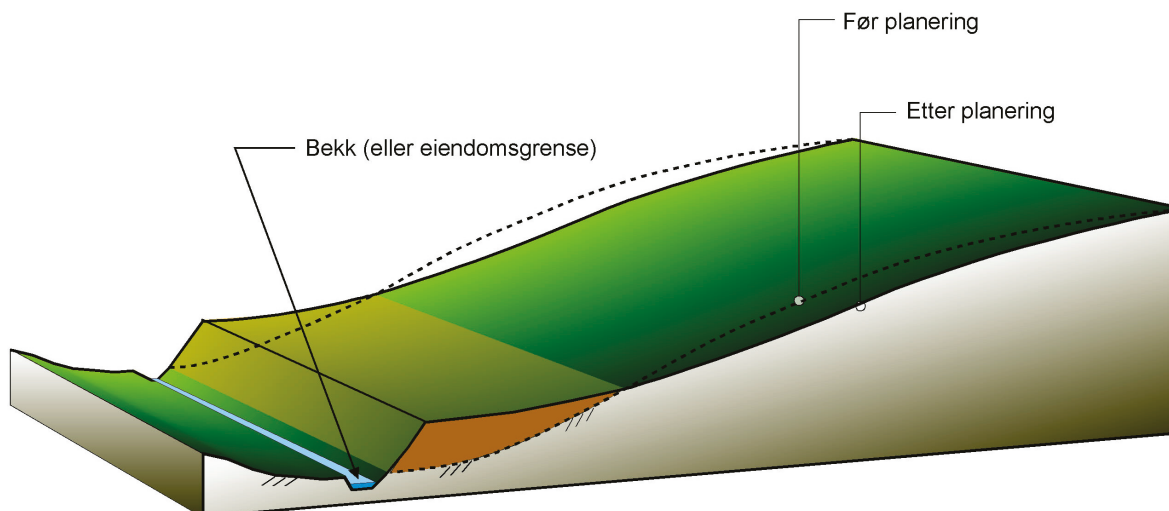
Arbeidet har liten innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan utføres når det ikke legges opp større massedepoter under arbeidet.

2. Nedskjæring av topper og oppfylling av daler



Figur 4 Planering ved oppfylling av dalbunnen forbedrer stabiliteten

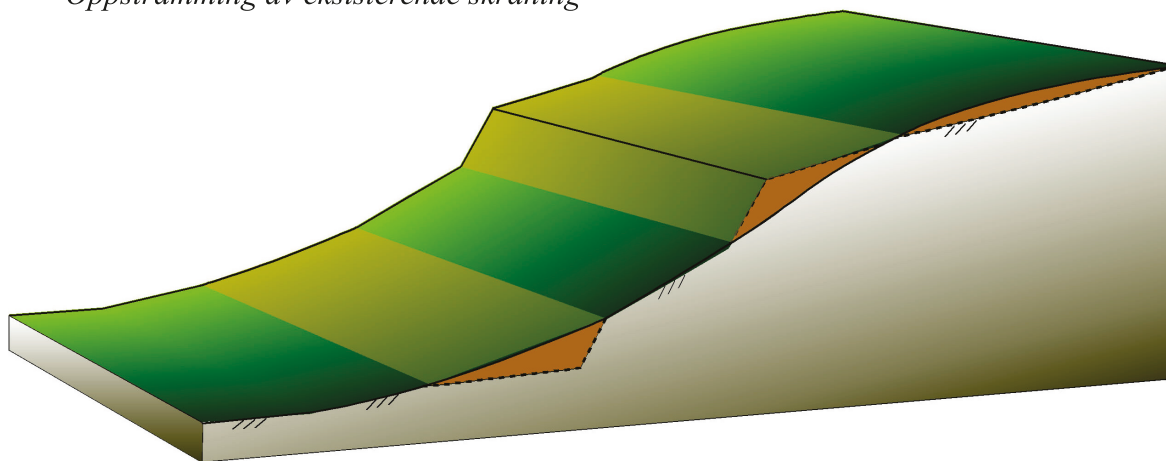
Arbeidet har positiv innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan gjennomføres under forutsetning av at arbeidene i anleggsfasen ikke medfører nevneverdig stabilitetsforverring. Dette er behandlet nærmere under "Stabilitetsforhold under planeringsarbeidet".



Figur 5 Oppfylling som avsluttes mot bekk, eiendomsgrense o.l. kan forverre stabiliteten

Fyllingen vil forverre den lokale stabiliteten ved bekken, og kan utløse skred som forplanter seg videre bakover. Dette kan igjen resultere i en større skredutvikling i bakenforliggende områder. Planene bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse før påbegynnelse.

3. Oppstramming av eksisterende skråning



Figur 6 Oppstramming av skråning ved utfylling fra topp eller utgraving i fot medfører forverring av stabiliteten.

Inngrepene, enkeltvis eller samlet, vil forverre skråningsstabiliteten og kan utløse skred. Store områder kan bli berørt. Inngrepene bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse og vil normalt betinge at grunnundersøkelser utføres.

Stabilitetsforhold under planeringsarbeidet

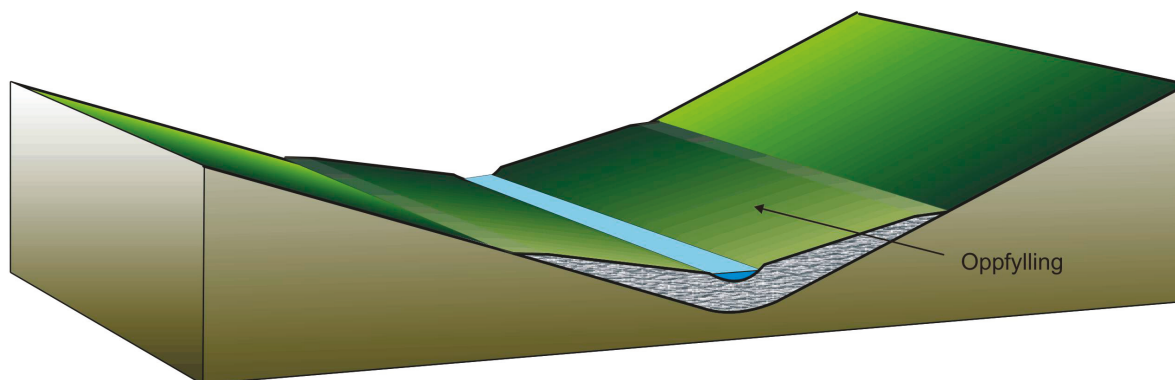
Ved bakkeplaneringsarbeider tar man generelt sikte på nedskjæring av høyereliggende partier og oppfylling av de lavereliggende. Som regel vil derfor bakkeplanering, når den er ferdig utført, kunne innebære en betydelig forbedring av stabilitetsforholdene i et område.

Ofte vil faren for skred være størst i forbindelse med utførelsen av selve planeringsarbeidene. Faktum er at i de fleste tilfeller der bakkeplanering har medført skred, har skredene skjedd som følge av midlertidig stabilitetsforverring under flytting av jordmasser. Det er derfor nødvendig at slike arbeider gjennomføres etter retningslinjer som ivaretar den stabilitetsmessige sikkerheten. De arbeidsoperasjonene som er anbefalt i det etterfølgende kan av denne grunn virke noe urasjonelle og kostnadskrevende, men anses nødvendige ut fra en sikkerhetsmessig vurdering.

1. Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen

Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen betinger lite graving/ tilrettelegging langs skråningsfot forut for oppfylling og er således stabilitetsmessig en gunstig løsning, se fig. 7.

Det er også andre grunner for å velge denne løsningen. Bekker skaper variasjon i landskapet, og mange planter og dyr er knyttet til bekkedragene. Videre bidrar åpne bekker til redusert forurensning nedstrøms, fordi den naturlige renseprosessen i vannet er avhengig av lys. Åpne bekker gir også mindre fare for flomskader, både fordi de normalt har større kapasitet for flomvannet, og fordi de gir bedre muligheter til å kontrollere avrenningsforholdene i flomsituasjoner enn lukkede systemer. Løsningen er benyttet med stort hell mange steder, bl.a. i forbindelse med NVEs sikringstiltak mot leirskred. Både internasjonalt og i en del byer/tettsteder i Norge har en sett verdien av det åpne vannet, og mange steder brukes betydelige ressurser på å gjenåpne tidligere lukkede vassdrag.



Figur 7 Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen er en god løsning både geoteknisk og miljømessig

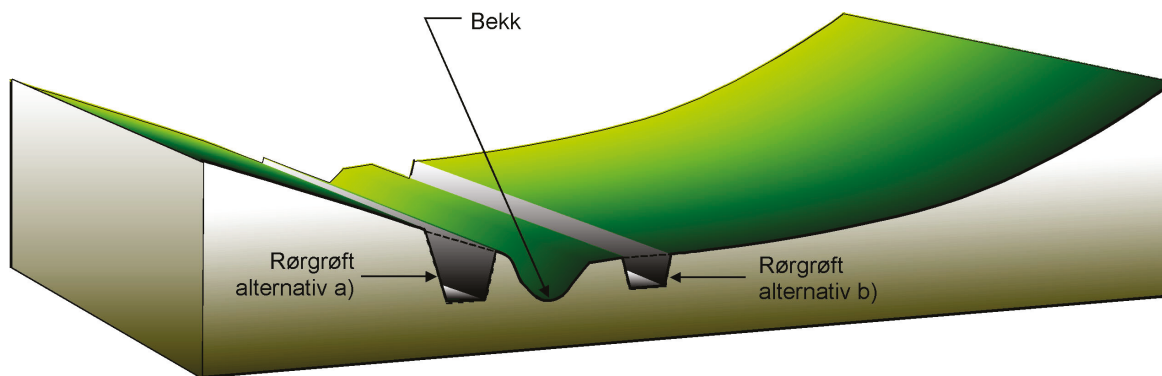
2. Lukking av bekker

I noen tilfeller kan det være ønskelig legge bekken i rør. Dette må utføres før oppstart av oppfyllingsarbeidene og kan således være en kritisk fase for stabiliteten. Det er først og fremst to forhold en skal være oppmerksom på i denne forbindelse:

Bekkeløpet må renskes for å sikre et stabilt underlag for rørene. Dersom dette innebærer en utdypning av løpet, må arbeidet utføres i seksjoner med maks. 6 m seksjonslengder. Ved utdypninger på mer enn 0,5 m bør geoteknisk sakkyndig kontaktes.

Det kan være ønskelig å rette ut rørgrøften i forhold til bekketraséen. Dette kan gjøres dersom en unngår undergraving av skråningen. Ved undergraving av skråningen på kortere eller lengre partier bør geoteknisk sakkyndig kontaktes, se fig. 8 alternativ a og b. Se også «GRAVING AV GRØFTER».

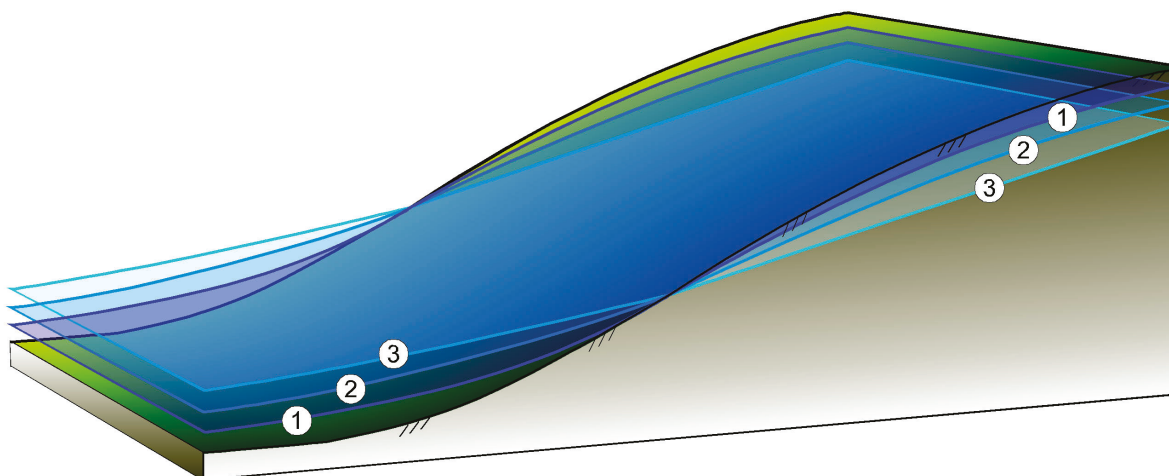
Det skal bemerkes at det finnes flere eksempler på at lukking av bekker har ført til betydelige skader som følge av oversvømmelse, enten fordi kulvertene er underdimensjonerte, eller fordi de tilstoppes.



Figur 8 Lukking av bekkeløp. Rørgroftalternativ «a» reduserer sikkerheten vesentlig og betinger vurdering av geoteknisk sakkyndig. Alternativ «b» har liten innvirkning på sikkerheten og kan gjennomføres.

3. Masseforflytning

I hovedsak bør planering i skredfarlige områder skje ved at massene for hvert skjær med doseren, skyves fra toppen av skråningen og helt ned i bunnen. Derved vil man helt kunne unngå midlertidige depoter og tipper, se fig. 9 a og b.



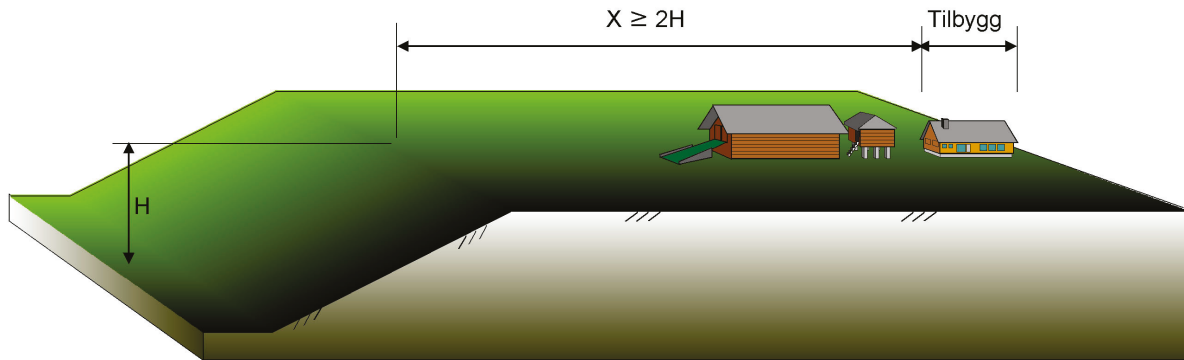
Figur 9 Planering av skråninger bør skje ved flåvis nedskjæring

NY BEBYGGELSE

Ved nye byggeprosjekter i områder med potensiell fare for kvikkleireskred forutsettes at nødvendige grunnundersøkelser utføres på forhånd. Det etterfølgende er derfor begrenset til å gjelde mindre tilbygg og nødvendig nybygging i tilknytning til eksisterende bebyggelse. En absolutt betingelse er at stabiliteten ikke forverres på grunn av bebyggelsen.

I ravinert terreng

I ravinert leirterreng, se fig. 10, må nybygget ligge i en avstand av minst 2 x ravinedybden fra topp skråning. Ved kortere avstand til topp skråning bør geoteknisk sakkyndig kontaktes. For å unngå tilleggsbelastning på grunnen, bør vekten av utgravde masser for kjeller minst tilsvare vekten av tilbygget. Gravemassene transporteres direkte bort fra området til sikkert deponeringssted.



Figur 10 Ny bebyggelse i ravinert leirterreng

I jevnt hellende terreng

I jevnt hellende terreng vil stabilitetskonsekvensene kunne være betydelige, slik at geoteknisk sakkyndig bør kontaktes på forhånd.

ANLEGG AV VEGER

Dette avsnittet omhandler nødvendig omlegging av mindre gårdsveger. Etablering av nye gjennomfartsveger i potensielt skredfarlige områder betinger grunnundersøkelser.

I ravinert terreng

Vegtraséer bør legges lengst mulig bort fra skråningstopp. Gravemassene fjernes fra området før bærelagsmassene kjøres ut. Veger nærmere enn 2H fra skråningstopp forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse.

I jevnt hellende terreng

Vegtraséer bør helst legges i terrengets fallretning. Veger som legges parallelt med skråningen eller på skrå i forhold til fallretningen, bør tilpasses topografien slik at skjæringer og fyllinger blir minst mulig. I tvilstilfeller anbefales det å ta kontakt med geoteknisk sakkyndig.

DEPONERING AV MASSER

De skraverte områdene på oversiktskartene angir potensiell fare for kvikkleireskred og må aldri benyttes som deponeringssted for fyllmasser, uten at de inngår i en plan for stabilisering av et område. Ofte benyttes nettopp raviner som tippsted for avfallsmasser i forbindelse med nydyrking, riving av gammel bebyggelse o.l. Slik ukontrollert deponering kan forverre stabiliteten betydelig og bør unngås. Konsekvensene kan bli svært alvorlige.

Angående utfylling for stabilisering av raviner, henvises til avsnitt 3: «BAKKEPLANERING», hvor aktuelle framgangsmåter er skissert.