



Bergen Kommune
Allehelgensgate 5
5016 Bergen

Att: Samferdselsdirektør Ove Foldnes

Professor
Harald Norem
Telefon +47 73 59 75 36
E-post Harald.Norem@ntnu.no

Vår dato:
4. oktober 2005

Vår ref.:
HN/AJE

Deres dato:

Deres ref.:

Ras mot boliger ved Hatlestad Terrasse, Bergen. Vurdering av rapporter fra Multiconsult AS

Bakgrunn

Samferdselsdirektør Ove Foldnes gjorde den 27. september 2005 en telefonisk henvendelse til Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet ved professor Harald Norem om å få kvalitetsvurdert konsulentrapportene som er utarbeidet av Multiconsult AS etter rasulykken den 14. september 2005 ved Hatlestad Terrasse i Bergen kommune.

Raset 14/9-05 var et jordras som ble utløst etter et intenst regnvær, og raset traff fem boligheter i et felt med eneboliger i rekke. Raset forårsaket at to personer omkom og flere ble skadet. Etter at raset skjedde har alle beboerne i den utsatte husrekka vært evakuert og det har vært reist tvil om det er forsvarlig å la eierne flytte tilbake.

Bergen kommune engasjerte Multiconsult AS allerede på rasdagen for å vurdere årsaken til ulykken, behov for evakuering og for å vurdere kortsiktige og langsiktige sikringstiltak. Multiconsult AS har utarbeidet tre rapporter/notater i forbindelse med dette oppdraget:

1. Notat G-01. Rasrisiko etter rekordnedbør 14.september. Hatlestad, datert 20.09.05
2. Rasrisiko etter rekordnedbør 14/09-05, Hatlestad. Befaring 23.09.05, datert 23.09.05
3. Notat G-02. Stabilitetsforhold. Årsaker til skredet, datert 26.09.05

I forbindelse med disse notatene er det også lagt ved en samling av foto og stabilitetsberegninger.

Denne rapporten er utarbeidet av professor Harald Norem og amanuensis Arnfinn Emdal, NTNU, og den gir vår vurdering av den faglige holdbarheten til rapportene fra Multiconsult AS.

Krav til sikkerhet for boligområder.

Plan- og bygningsloven og Byggeforskriften fastsetter nødvendige krav til sikkerhet mot sammenbrudd av boliger. Denne er fastsatt til 10^{-3} pr. år, og dette kravet gjelder både med hensyn til dimensjonering mot f. eks. snøtyngde og mot alle former for utglidning og ras. Det er vanlig å betrakte dette kravet som gjeldende for hvert enkelt av de forskjellige kriteriene, selv om dersom en bolig er utsatt for flere faremomenter vil den totale sikkerheten for boligen derved bli noe redusert.

I tilfellet med boligene med Hatlestad terrasse vil det si at en legger en sikkerhet på 10^{-3} til grunn for hver av faktorene jordras og steinsprang.

Vurdering av årsaken til skredet.

Multiconsult AS beskriver raset som et flaskskred, som er en betegnelse for ras hvor hele det utløste volumet løsner momentant. Uten at dette har konsekvenser for de viktigste konklusjonene, er vi i tvil om dette er en korrekt vurdering av forløpet av raset. Årsaken til at vi antar at skredet har løsnet som et initialskred er blant at rassåret viser at rasmassene til en viss grad har bredd seg ut til sidene. Dette tyder på skredmassene som har løsnet oppunder den øvre delen av Hatlestad terrasse har revet med seg masser nedover i skredbanen.

Etter vår vurdering er det fire årsaker som bør diskuteres med hensyn til å forstå årsaken til skredet:

1. Den kraftige nedbøren, både over lengre tid og den intense nedbøren den 14. september har ført til store poretrykk i grensesjiktet mellom fjellet og løsmassene.
2. Store mengder med overflatevann som har startet erosjon i overflaten og at skredet deretter har utviklet seg suksessivt.
3. Vanntilførselen til hus 97 forsvant allerede kl 17 dagen før raset inntraff. Den manglende vanntilførselen kan være forårsaket av en sakte glidning i jordmassene og påfølgende brudd i vannledningen. Det er ikke opplyst om vannet ble avstengt etter at tilførselen forsvant, men dersom det har vært et brudd i vannledningen har dette ført betydelig tilførsel av vann mot det stedet skredet har blitt utløst.
4. Det er rapportert at det har vært lagt ut en fylling i det kritiske området for bygging av en garasje. Denne garasjen er senere revet på grunn av store setninger, men det er ikke rapportert at massene har blitt fjernet. Den ekstra vekten av disse massene sammen med store nedbørmengder kan være en av årsakene til raset.

Rapporten fra Multiconsult AS drøfter mulighetene for at det har oppstått artesisk vanntrykk nær fjelloverflaten. Dette forutsetter at det øvre løsmasselaget har liten permeabilitet. De tilsendte bildene tyder imidlertid på at det øvre løsmasselaget er delvis storblokkig og det er kanaler langs røttene. Vi anser det derfor lite sannsynlig at poreovertrykket i noen del av skråningen har vært større enn det hydrostatiske trykket.

Vann som har rent i grensesjiktet mellom fjelloverflaten og løsmassene har blitt presset ut i dagen i nedre del av skråningen der fjelloverdekningen er minimal. Store vannstrømmer i dette området vil redusere stabiliteten, men det er uvisst om strømmene har vært tilstrekkelige til å initiere et brudd eller til erosjon av finmasser.

Det er opplyst fra Ove Bjørkhaug, Bergen kommune, at alt overflatevann som drenerer ned mot øvre del av Hatlestad Terrasse tas vare på gjennom lukket drenering av denne vegen. I vanlige nedbørssituasjoner vil det derfor være minimale mengder med overflatevann fra høyere nivåer som føres fram til den bratte lia mellom de to nivåene av Hatlestad terrasse. Hvorvidt denne dreneringen

har vært tilfredsstillende under det intense regnværet den 14. september er uklart. Dersom dreneringen ikke har fanget opp alt vannet som renner ned mot vegen vil det passere vegen nettopp i det området hvor raset ble utløst. Hvordan den lukkede dreneringen har fungert under den intense nedbørsperioden bør undersøkes i detalj, fordi dette vil ha konsekvenser for vurdering av stabiliteten i senere nedbørsperioder.

Sannsynligvis har skredet løsnet som en kombinasjon av disse fire årsakene, hvorav den første årsaken utvilsomt har hatt stor betydning. Men høyst sannsynlig har også vekten av fyllmassene av garasjen og stor overflateavrenning vært en medvirkende årsak. Med hensyn til den brutte vannledningen må dette bare bli spekulasjoner, men også dette forholdet bør avklares i mer detalj.

Store poretrykk vil føre til at den generelle stabiliteten reduseres og dersom dette er den viktigste årsaken til bruddet vil dette initiere et ras i den nedre del av skråningen. Derimot tilsier alle de tre siste årsakssammenhengende at skredet vil løsne i øvre del av rasområdet.

På bakgrunn av de opplysningene og bildematerialet vi har fått tilsendt antar vi at skredet har startet i øvre del av rasområdet, og at det er initialraset som har forårsaket utglidningen av de nedenforliggende massene.

Vurdering av steinsprangfaren

Det er i rapporten fra Multiconsult AS opplyst at det registrert flere steinsprang mot nedre del av Hatlestad Terrasse, men at det ikke er rapportert om treff mot noen av husene. Dersom de utraste steinene har løsnet fra den grovsprengte fjellskjæringen mellom hus 40-48 er det naturlig at de ikke har nådd fram til husene. Dersom steinene derimot har løsnet fra den grove ura lenger opp i den bratte skråningen vil steinene lett kunne få en hastighet og utløpsdistanse slik at de når fram til husene.

I det tilsendte materialet er det ikke foretatt noen vurdering av sannsynligheten for at stein skal løsne og videre nå helt fram til husene. Bildene med stein som er i sakte bevegelse og rapportert nedfall av stein på vegen tyder på at en slik vurdering er nødvendig for å fastslå om boligene har en sikkerhet mot steinsprang som tilfredsstillende kravene til Byggeforskriften. En slik vurdering er også nødvendig dersom det foreslås sikringstiltak mot steinsprang.

Vurdering av faren for jordras

Stabilitetsberegningene som er presentert i rapporten er utført med valg av anerkjente verdier for de viktigste materialparametre, der det ikke foreligger nøyaktigere grunnundersøkelser. Det er påpekt i rapporten at sikkerhetsfaktoren bør være minst 1,3-1,6 for at sikkerhetskravene i byggeforskriften skal være ivaretatt. Vi er enige i denne vurderingen av krav til sikkerhetsfaktoren.

Det er i rapporten fra Multiconsult AS presentert beregninger av stabiliteten for fem snitt, A-E. Det er gjort en studie ved bruk av plan glidemodell som antar gjennomsnittlig helning i skråningsprofilene som vist i Notat G-02; tabell 1. De mest relevante profiler for rasområdet er B, C og E. For **tørr skråning uten attraksjon** i jorden, se Notat G-02; figur 1, viser resultatet at en trenger friksjon $\tan\phi$ større enn 0,70 for å oppnå en stabil skråning, dvs for at sikkerhetsfaktoren (materialkoeffisienten γ_m) skal være større enn 1,0. For blandingsmateriale er en friksjon på 0,70 en høy men ikke urimelig verdi. En tilsvarende beregning **med antagelse at jordlaget er vannmettet helt til overflaten** er vist i Notat G-02; Figur 2. En ser at en slik vannmetting fører til at sikkerhetsfaktoren blir halvert.

Merk at Profil E er ikke vist i figurene 1 og 2, men vil ligge mellom profilene B og C.

Dreneringsbetingelser

Beregningen i Notat G-02;Figur 2 er illustrativ da den viser at det ikke er mulig å oppnå sikkerhetsfaktor større eller lik 1,0 under de gitte forutsetninger selv med ekstreme verdier for friksjon. I dette ligger at selv en mindre oppmetting av jordlaget vil senke sikkerhetsnivået betydelig. Det er derfor grunn til å tro at skråningen har hatt gode dreneringsbetingelser opp gjennom tidene. I geologisk perspektiv vil imidlertid gjengroing, humusdannelse, nedbryting av bergartsfragmenter og tilførsel av finstoffer fra lenger opp i skråningen kunne være årsak til redusert permeabilitet av massene med dertil forverrede dreneringsbetingelser.

Kohesjon og attraksjon

Kohesjon er et bidrag til jordens skjærstyrke som ikke er avhengig av friksjon. For tynne jordlag har denne en stor beregningsmessig effekt på sikkerheten. Dette er fordi jorden utgjør liten vekt pr arealenhet mens skjærstyrken alltid har en verdi større eller lik kohesjonen. Et tynt kohesivt jordlag kan dermed tenkes på som "limt" til fjelloverflaten. For tykkere jordlag reduseres viktigheten av kohesjonen.

Bruk av attraksjon (som er avledet av kohesjon) må gjøres med forsiktighet. Dette er fordi jordmassene i de øvre jordlag kontinuerlig utsettes for nedbrytning ved fryse-tineprosesser og bevegelse i rotsystemer. I skråninger vil siging av massene føre til en vedvarende omrøring av jordmassene som effektivt bryter ned kohesjonen.

Rotsystemer

I vurdering av skråningsstabilitet er det generelt stor oppmerksomhet rundt risikoen forbundet med avskoging og redusert stabilitet som følge av at rotsystemer brytes ned. Så også her. Bilder fra Hatlestad terrasse viser at det i den nederste del av rasområdet ligger igjen rotsystemer som ser ut til å ha gått helt til fjelloverflaten og inn i sprekker i fjellet. Dette er en sannsynlig årsak til at skråningens nedre del (som er brattest) har opprettholdt stabilitet inntil raset gikk det 14/9. Det er vanskelig å kvantifisere effekten av rotsystemer men den har samme karakter som kohesjon ved at den foreligger som et konstant styrkebidrag. I den øvre del av rasområdet er det vanskelig å vurdere rotsystemene ut fra bilder, men generelt er det tykkere jordlag og det vil være naturlig å anta at rotsystemene har mindre stabilitetsmessig betydning.

Løsmassene har ligget stabilt i flere tusen år, og det er grunnlag for å diskutere om det er beregningene som er unøyaktige eller om skråningen er så ustabil som beregningene tilsier. Etter vår vurdering kan utløsingen av raset ha en årsak ved at nyere tiltak har redusert den naturlige stabiliteten, spesielt gjelder dette garasjefyllingen og det mulige bruddet av vannledningen. Dersom den lukkede dreneringen for øvre del av Hatlestad Terrasse har fungert tilfredsstillende har dette imidlertid ført til øket stabilitet.

Vi er enige i konklusjonene til Multiconsult AS om at de vurderte boligene på det nåværende tidspunkt ikke tilfredsstillter Byggeforskriftens krav til sikkerhet mot ras.

Det mest utsatte området med hensyn til nye ras er sannsynligvis fra begge sider av rassåret, hvor terrenget er sårbart med hensyn til erosjon under nye intense nedbørsperioder.

Vurdering av aktuelle sikringstiltak

Multiconsult AS konkluderer med at det sannsynligvis er rimeligere å fraflytte hele den utsatte husrekka pluss boligene 48A og 48B. Dessuten anbefaler de å bygge ny veg der husene står i dag og videre å legge opp en jordvoll på nåværende veg for å sikre den nye vegen mot senere utglidninger. En slik jordvoll vil ha begrenset sikringseffekt dersom den legges for nær eksisterende fjellskjæring. Det er derfor nødvendig å tegne opp tverrprofiler av veg, jordvoll og skråning før en kan ta stilling til dette sikringstiltaket.

Det er i det tilsendte materialet ikke vist til hvilke sikringstiltak som er vurdert eller hvilken sikkerhet som en forventer å oppnå med de tiltakene Multiconsult AS antyder som mulige i rapporten. Bergen kommune har imidlertid opplyst om at Multiconsult AS er i ferd med å utarbeide en mer detaljert rapport med vurdering av aktuelle sikringstiltak.

Inntil en slik rapport foreligger ønsker vi ikke å uttale oss nærmere om hvilke muligheter det finnes for å for å sikre den aktuelle skråningen til tilfredsstillende sikkerhetsnivå.

Vennlig hilsen

Harald Norem

Arnfinn Emdal