

ULVESUND OCH UPPLÖSNINGEN PÅ ETT 115 ÅR GAMMALT SLÄNTSTABILITETSPROBLEM

ULVESUND AND THE SOLUTION TO A 115 YEAR OLD SLOPE STABILITY PROBLEM

Björn Sandström, WSP Sverige AB

Thomas Månsson, WSP Sverige AB

Urban Åkesson, Trafikverket

Kalle Mattson, Svevia AB

Peter Larsson, Svevia AB

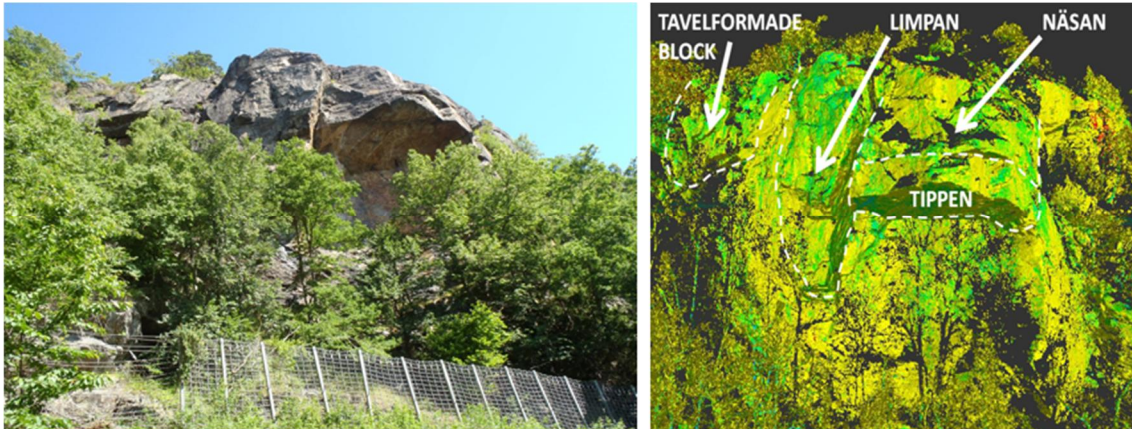
1. Sammanfattning

Vid en jordbävning 1904 rasade berget i Ulvesund norr om Göteborg och skapade ett 10 m djupt överhäng ca 50 meter upp i en brant bergslänt. I rasmassorna nedanför byggdes en väg och sedan dess har åtgärder för att säkra stabiliteten i slänten utretts i olika omgångar. Under 80- och 00-talet var åtgärder så gott som påbörjade när arbetena avbröts p.g.a. uppmärksammade risker. Nu har berget efter 115 år säkrats efter omfattande bergarbeten. Åtgärderna som har utförts är bl.a. installation av upp till 40 m långa linstag, bultning och bergrensning med hjälp av repteknik samt sprängning av lösa block 40 m upp i slänten. Dimensionering av bergförstärkningen har gjorts genom 3d-modellering baserad på laserskanning både från marken och drönare. Vi presenterar ett för Sverige helt unikt bergprojekt med lång historia och stora utmaningar, både tekniska och arbetsmiljömässiga. Vi redogör också för hur man gick till väga för att analysera huruvida de kostsamma åtgärderna var samhällsekonomiskt försvarbara.

2. Inledning och Projekthistorik

Ovanför Väg 678 vid Ulvesund i Uddevalla kommun reser sig en nästan 100 meter hög bergslänt. Femtio meter upp i slänten finns ett större överhäng som sticker ut 10 meter utanför nedanliggande näst intill vertikala slänt. Bergslänten består av flera delar och i bergslänten förekommer flera riskområden som benämns Näsan, Tippen, Limpan och Tavelformade block, se Figur 1.

Det stora överhänget bildades vid ett ras orsakad av en jordbävning 1904. Av rasmassorna som delvis rasade ut i havet byggdes nuvarande väg. Det spektakulära överhänget har sedan dess hängt hotfullt över vägen och stabiliteten i berget har varit en följetång i lokal media och Trafikverket har i flera omgångar utrett frågan.



Figur 1. Definition av områden kring det stora överhänget. Överhängets djup under "Tippen" är ca 10 m, total slänthöjd är 60-70 m ovanför befintlig väg. Högra figuren bygger på laserdata från mätning utförd av WSP 2016.

Efter att WSP 2016 fick uppdraget att ta fram ett beslutsunderlag för riskreducerande åtgärder i området gjordes en sammanställning av tidigare utredningar avseende bergstabiliteten. Nedan presenteras en sammanfattning av projekthistoriken. I nedanstående sammanställning ingår inte geotekniska eller vägteknska utredningar.

1904

Enligt äldre tidningsuppgifter orsakade en jordbävning 1904 ett ras som bildade det stora överhänget i Ulvesund. Av rasmassorna byggdes nuvarande vägbank i vattnet.

1947

Enligt uppgifter i PM daterat 1984-09-03 (se nedan) har äldre personal från Vägverkets arbetsområde i Ljungskile vittnat om att omfattande skrotning av berget utfördes 1947.

1984

PM Bergslänt Ulvesund. VTI, 1984-09-03.

I samband med denna utredning utfördes en inmätning av berget med repteknik. Vid klättringen lossnade flera huvudstora block som delvis föll ut på vägen.

I utredningen bedöms berget som inhomogent och har låg bergmekanisk kompetens. I området förekommer sprickstyrda lineament i N-S och NO-SV. De större bergutfallen har uppkommit genom att dessa två sprickriktningar bildar vinkel och har åstadkommit en sågtandsliknande vertikal bergyta. En 3D-modell av berget i skala 1:200 uppfördes i frigolit som underlag för de planerade åtgärderna.

För att stabilisera berget föreslås i denna utredning nedsprängning av 3200-6200 m³ berg i överhänget samt bergrensning och bergförstärkning av områdena vid sidan av överhänget. Sprängningen rekommenderas att utföras genom slätsprängning med en tätsöm med c/c 0,6 m. Efter sprängning skulle hela området täckas med bergnät. Som ett andra alternativ föreslås att flytta vägen. Detta bedöms dock som mer kostsamt än att åtgärda berget genom nedsprängning.

Som ett tredje alternativ föreslår VTI att det berörda bergområdet förankras med ca 25-30 m långa kabelbult. Det bedöms dock som i det närmast ogenomförbart att borra dessa hål från överhängets utsida och snett upp in i berget.

1985

Efter utredning 1984 beslutar Vägverket att berget ska tas ner under våren 1985. Byggtiden beräknas till omkring två månader (*Protokoll från Vägverket VF0dv, Göran Uller, 1985-01-14*).

Vid byggmöte 1985-02-25 ändras byggstarten till hösten 1985 på grund av vinter och isproblem på bergets överyta. Här nämns att det behövs tre månader från byggstart till arbetets färdigställande. Byggstart fastställs till 1985-08-26.

Vid ett möte 1985-06-25 går man igenom de geotekniska undersökningarna och det bedöms krävas kompletterande geotekniska undersökningar för att bedöma effekterna på vägen vid en nedsprängning av berget och om det föreligger skredrisk.

Vid ett möte hos Vägverket 1985-10-04 presenteras de kompletterande geotekniska undersökningarna. Beräkningar visar att stabiliteten i befintlig väg ej är tillfredsställande. Vägbanken är byggd på kvicklera och det har påträffats block större än 5 m vid borrningarna. Vid mötet bedöms det som sannolikt att ett skred inträffar vid nedsprängning av berget oavsett metod. På mötet görs också bedömningen att det skulle vara mer kostsamt att åtgärda berget genom bergrensning än att dra om vägen. Av skäl som ej finns dokumenterade i det material som funnits tillgängligt för WSP läggs projektet efter detta möte på is.

1994-2003

I november 1994 sätts 16 st mätdubb upp på berget ovanför överhänget. Därefter utfördes inmätning av bergytan vid 16 tillfällen fram till 2003. Med undantag för en mätning 2002 har mätningarna varit identiska vid varje mättillfälle. Inmätningen som utfördes 2002 finns inte med i det underlag som WSP haft tillgång till men då efterföljande mätning 2003 var identiskt med de tidigare 14 mätningarna får det antas att avvikelserna 2002 berodde på ett mätfel.

2001-2002

Två större block faller ner från berget under vintern 2001/2002. Blocken kommer dock ej från det stora överhänget. Ett fångsnät monteras upp ovanför vägen som skydd mot nedfallande stenar. I samband med raset tas frågan om bergets stabilitet åter upp.

2002

PM Stabilitet för väg 675 vid Ulvesund, Vägverket, 2002-10-16

En ny utredning påbörjas för att kontrollera om, hur och till vilken kostnad som bergöverhänget kan tas ner eller säkras på plats.

I samband med denna utredning diskuteras också risken för en skredinducerad våg i fjorden vid en nedsprängning av berget.

2003

Väg 675, Ljungskilemotet – Ulvesund. Vurdering av faren for bølger generert av undersjøisk skred. NGI, 2003-01-17.

NGI kommer fram till att risken för en skredinducerad våg i fjorden som blir högre än 1,5 m är mindre än 1/1000.

2003

Risikanalyis och underlag för beslut om åtgärder för del av väg 675 Ulvesund – Ljungskile. Vägverket. 2003-06-27.

Nitro Consult AB och BohusGeo AB tar fram en riskanalys där man går igenom möjliga åtgärder för att säkra berget. De alternativ som utreds är:

- Nedsprängning av bergöverhäng
- Bergförankring av bergöverhäng
- Stödjande konstruktion under överhänget (kontreforer av platsgjuten betong)
- Påldäck för att hindra skred vid nedsprängning av berget
- Omläggning av väg
- Tunnel genom berget

Utredningen kommer fram till följande rekommendationer:

1. Det större överhänget (den s.k. ”näsan” med ”tuppen”) förankras med förspända linstag borrade från överytan.
2. Den s.k. ”limpan” väster om överhänget förstärks med förspända linstag. Dessa stag borrar från bergöverytan och förses med en låsbricka på utsidan av berget.
3. De s.k. ”tavelformade blocken” väster om limpan rensas ner genom bergrensning eller sprängning.

De andra alternativen förkastas i utredningen p.g.a. höga risker eller betydligt större kostnader än de föreslagna alternativen.

2004

Väg 675, Ulvesund – Ljungskile, Bergstabilitet. Förstudie. Beslutshandling 2004-08-16. Vägverket.

I denna beslutshandling väljer Vägverket att gå vidare med projektet enligt de rekommendationer som NitroConsult kom fram till i sin utredning, d.v.s. att förankra bergöverhänget med linstag.

2006

Bergarbeten på väg 675 i Ulvesund. Vägverket, 2016-05-19.

I denna PM ger Vägverkets bergspecialist Håkan Thorén sina synpunkter på projektet med att säkra berget i Ulvesund. Han betonar framför allt de stora osäkerheterna som råder i uppskattade kostnader för de utredda åtgärdsförslagen. Rekommendationen som ges i denna PM är att vägen rivs och att en ny väg byggs norr om den gamla.

Någon gång här avbryts projektet igen pga ekonomiska skäl.

2013

Förstudie. Väg 675 vid Ulvesund. Projekterings-PM /Bergteknik. Petro Team, 2013-03-04.

En besiktning av berget utförs med repteknik. Baserat på handnära observationer av sprickorna i bakkant av det stora överhänget så bedöms det inte föreligga någon stor risk för ras av "näsan" och "tuppen". Ingen bergförankring av överhänget bedöms därför behövas. Det kringliggande berget ("limpan" och "tavelblocken") bedöms fortfarande som instabilt.

De åtgärder som rekommenderas är:

- Bergrensning av hela området
- Bergförstärkning av instabila block
- Mätning av bergrörelser i det stora överhänget med extensometrar monterade i kärnbrorhåll
- Ersätta befintlig fångstnät nedanför överhänget med ett nytt.

Vid besiktningen som utfördes av Petro Team från rep 2013 tog man sig hela vägen in under det stora överhänget och kunde observera berget på handnära avstånd. Den horisontella spricka som i Nitro Consults riskanalys från 2003 bedömts vara lerfylld och som bildar tuppen på näsan visade sig vid besiktningen 2013 vara ett glimmerrikt foliationsplan och bedömdes ej påverka bergstabiliteten negativt. Det branta sprickplanet som bildar den vertikala bergytan upp till överhänget fortsätter enligt Petro Teams utredning inte upp bakom överhänget. Sammanfattningsvis gjordes 2013 bedömningen att risken för ras från både näsan och tuppen är liten.

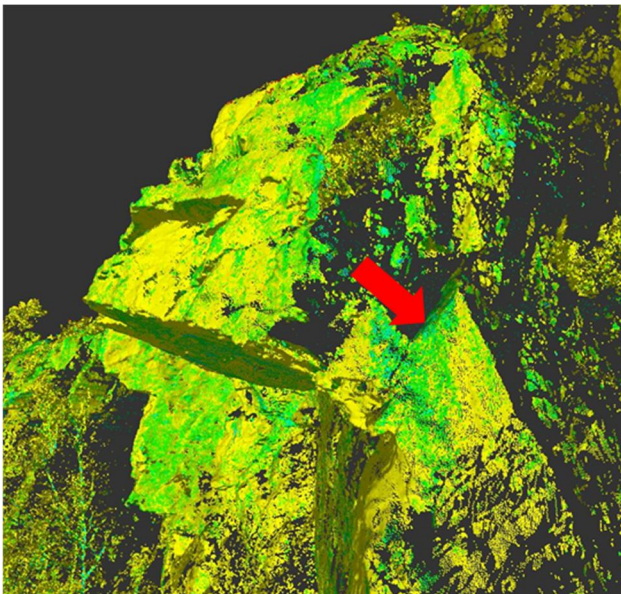
4. Beslutsunderlag

När WSP kom in i uppdraget fanns en stor mängd utredningar framtagna och den repbesiktning som utförts under 2013 visade på en liten risk för ras av det område som kallas Näsan och Tuppen var liten. Dock hade det föreslagits att övervakning av bergrörelser skulle ske i kärnbrorhåll. Efter att inmätning av de dubb som suttit på berget sedan 1994 visade att inga rörelser skett på 22 år beslutades att inte installera ytterligare mätutrustning. Att ett brott i berget som skulle leda till ett ras i det stora överhänget skulle ske succesivt på ett sådant sätt att man hade någon nytta av extensometermätningar bedömdes inte heller sannolikt.

Även om bergpartiet med det stora överhänget, Näsan med tuppen, bedömts som stabilt så fanns det flera områden i bergslänten som behövde åtgärder. Framförallt bedömdes området med Tavelblocken som instabilt, men det fanns ett stort behov av bergrensning och bergförstärkning i stora delar av slänter kring överhänget. Inom aktuellt projektet ingick också att åtgärda den geotekniska stabiliteten och vägprofilen nedanför slänten, i samband med dessa åtgärder skulle också bergslänten runt överhänget säkras.

Att åtgärda berget runt överhänget utan att göra något åt Näsan, vars rasrisk varit ett stort samtalsämne i området i mer än 30 år, bedömdes inte vara det enklaste att förklara för allmänheten och kommunen. Därför beslutades att en kvantitativ riskbedömning skulle tas fram för att kunna avgöra om det var samhällsekonomiskt försvarbart att åtgärda Näsan. Även om det vid en besiktning bedömts att risken för att Näsan skulle rasa ner var liten så behövdes lite mer kött på benen för att efter 30 års utredande kunna ta beslutet att inga åtgärder behövdes.

Observationer både av VTI 1985, Nitro Consult 2003, Petro Team 2013 samt WSP 2016 visade också att det förekommer sprickor som är parallella med rasbranten. Även i datan från den laserskanning som utfördes 2016 förekommer sprickplan som är parallella med rasbranten i anslutning till det stora överhänget, se Figur 2. Dessa sprickor har dock ej bedömts som kontinuerliga genom hela överhänget.



Figur 2. Sprickyta öster om det stora överhänget som är parallell med rasbranten. Figuren bygger på laserdata från mätning utförd av WSP 2016.

Vid en kvantitativ riskbedömning vägs den totala skadekostnaden inklusive skadade/omkomna samt samhällskostnader för vägvstängning och återställning efter ett större ras in. Den totala skadekostnaden sätts i relation till åtgärds-kostnaden. Om skadekostnaden per år större än åtgärds-kostnaden, utslagen på åtgärdens livslängd, bedöms åtgärden vara samhällsekonomiskt försvarbar.

För att kunna göra en kvantitativ riskbedömning behövde risken för ett större ras kvantifieras. Risk för ras får sättas i förhållande till bergförstärkningens tekniska livslängd på 120 år. Sett i ett längre perspektiv har bergets överyta haft sin nuvarande form sedan inlandsisen drog sig tillbaka från området för ca 14 000 år sedan. Stora delar av de block som ligger i och nedanför branterna i området härstammar troligen från

tiden strax efter istiden då det rådde tundraliknande förhållanden i området och frostvittringen var omfattande. Raset som bildade Näsan, inträffade vid en jordbävning 1904. Jordbävningens epicentrum låg i södra Oslofjorden och hade magnituden 5,4 och är den största jordbävningen i området de senaste 1000 åren. Efter raset 1904 har det inträffat 13 st jordbävningar i Sverige med magnituden >4 , flera av dessa hade sitt epicentrum ute i västerhavet. Näsan har suttit kvar vid jordbävningen 1904 samt vid alla efterkommande mindre jordbävningar. I Mo i Rana i Norge hade man en jordbävning 1819 med magnitud 5,9-6,0 vilket är det kraftigaste skalv som inträffat i Skandinavien de senaste 1000 åren. Detta skalv påverkade dock inte svenska västkusten på samma sätt som skalvet 1904.

Hur stor risken är för att det stora överhänget rasar under en period på 120 år går inte att kvantifiera utan mycket stora osäkerheter. Raset som skedde 1904 skedde längs ett större blankslag och i den undre delen av bergslänten förekommer ett lager med sedimentgnejs med låg hållfasthet som lokalt kan ha underminerat det rasade bergpartiet. Då sprickan bakom överhänget enligt besiktningen 2013 ej är kontinuerlig ger detta rent beräkningsmässigt ett stabilt berg. Risken för ras ligger därför i omfattande yttre påverkan som skapar en kontinuerlig spricka bakom överhänget.

För att överhuvudtaget kunna räkna på risken för att Näsan ska rasa inom 120 år gjordes ett antagande att det skulle krävas minst ett skalv motsvarande det 1904 för att Näsan ska rasa och att frekvensen av jordbävningar $>5,4$ är 1 per 1000 år. Detta antagande ger att det inträffar 0,12 jordbävningar med magnituden $>5,4$ under en tidperiod på 120 år.

Vilken magnitud på ett jordskalv som i verkligheten skulle leda till att Näsan rasar ner är inte utrett och skulle även det bygga på mycket stora osäkerheter. Antagandet att det skulle ske ett ras vid ett skalv med magnitud $>5,4$ får anses som mycket konservativt. Vi är väl medvetna om osäkerheterna i det statistiska underlaget men har här försökt att med flera antaganden kvantifiera risken för att ha något att kunna sätta i proportion till kostnader för bergförstärkning och riskbedömningsberäkningarna.

Resultatet av den kvantitativa riskbedömningen visade att det var samhällsekonomiskt försvarbart att åtgärda Näsan trots den bedömda låga risken för ras.

Med detta som underlag beslutade Trafikverket att även Näsan skulle åtgärdas i samband med att bergarbetena för att säkra berget i de andra delarna av slänten utfördes.

5. Projekterade och utförda åtgärder

Efter Trafikverkets beslut gick WSP vidare och tog fram handlingar för upphandling av entreprenör för att säkra bergslänten inklusive det stora överhänget. Som underlag för dimensionering av bergförstärkning utfördes en terrestrisk laserskanning som senare kompletterades med fotogrammetri från drönare. Utifrån insamlad data skapades en 3D-modell av hela området där bergvolymen kunde definieras som underlag för

dimensionering av bergförstärkning. I augusti 2018 drog bergarbetena igång med Svevia som entreprenör, åtgärderna färdigställs under våren 2019.

De utförda bergarbetena har bland annat omfattat:

- Installation av upp till 40 m långa linstag, Ø 0,6". Linstagen borras av arbetsmiljö- och praktiska skäl in från ovansidan av bergkrönet.
- Bergrensning från rep, se Figur 3.
- Bultmontering från rep.
- Installation av GWS-stag från rep.
- Platsgjutna betongkontreforer 20 m upp i slänten.
- Installation av bergnät.
- Nedsprängning av lösa block 50 m upp i slänten.

Då stora delar av bergarbetena behöver utföras med hjälp av repteknik och att arbeten behöver utföras på ca 70 m höjd har detta inneburit en hel del arbetsmiljömässiga utmaningar. För att bedöma genomförbarheten ur arbetsmiljösynpunkt togs tidigt under projekteringen kontakt med företag som utför reparaten för konsultation och för att bedöma genomförbarheten i projektet.

Det ovanliga uppdraget har krävt stort engagemang av både Trafikverket som beställare, WSP som konsult och Svevia som entreprenör. Med Svevia på plats har många projekterade lösningar fått justeras och anpassas efter de verkliga förhållandena och efter input från de bergarbetare som utfört själva arbetet på berget. Det är en sak att projektera en lösning baserat på en besiktning och en 3D-modell och en annan att utföra åtgärderna hängande i rep 60 m ovanför marken.

De långa borringarna med flacka vinklar utförda med sänkhammare för installation av linstag har inneburit en hel del utmaningar. Förekomsten av återkommande kontinuerliga sprickor i berget har bl.a. lett till urspolning och i vissa fall har hydraulisk kontakt uppstått mellan borrhål vilket krävt injektering och omborring av borrhål. Det höga lufttrycket vid borringarna i kombination med ytnära sprickor vid borrhålsplatsen ledde till att berget lokalt lyfte sig. För att säkra berget runt borrhålsplåsar från lyftning installerades förspända PC-bult som därefter injekterades för att även täta ytberget.

Logistiken att hantera personal och material upp och ner för den ca 70 m höga slänten har också krävt noggrann planering av Svevia. Bland annat monterades ett sinnrikt vadersystem upp där GWS-stagen kunde hissas upp till de områden där de skulle monteras.



Figur 2. Pågående bergrensning från rep.