



Statens vegvesen

Notat

| | |
|-----------|--------------------------------------|
| Til: | Jan Børge Thorsen |
| Fra: | Ressursavdelingen/Vegteknisk seksjon |
| Kopi til: | Øystein Aalen |

Saksbehandler/telefon:

Jone Strømsvåg / 41192235

Vår dato: 02.03.2017

Vår referanse: Kd217B-1

Fv 469 Nye Hidra landfast, ingeniørgeologiske vurderinger.

Det er utarbeidet en mulighetsstudie for Fv 469 Nye Hidra landfast i Flekkefjord kommune, Vest-Agder. Dette notatet er en kortfattet sammenstilling av tilgjengelig informasjon, kartgrunnlag, samt tidligere utførte undersøkelser og resultater. Det er i tillegg gjennomført en helikopterbefaring til Hidra 08.11.2016. Alle alternativ er med G/S-veg.

Følgende alternativer er aktuelle:

- **A1/A1-U:** Lang tunnel (ca. 1380 m) + hengebru (med og uten G/S-veg)
- **A2:** Fylling + kort tunnel (ca. 325 m) + hengebru
- **A3:** Fylling + mellomlang tunnel (ca. 775 m)
- **B1:** Fylling + hengebru
- ~~**D1:** Fylling + flytebru (UTGÅR GRUNNET FOR LAV SEILINGSHØYDE)~~



Figur 1. Oversiktskart over alternativene. D1 er ikke lenger aktuell.

Ingeniørgeolog Audun Langelid har utført kollegakontroll av notatet.

Tidligere undersøkelser

Følgende rapporter/undersøkelser ligger til grunn for notatet:

- Intern rapport nr. 2326. Kjerneboring og tomografi. Vurdering av undersøkelsene.
- Oppdrag nr. K-156 A. Rapport nr. 1. Rv. 469 Undersjøisk tunnel til Hidra.
- Oppdrag nr. K-156 A. Rapport nr. 3. Rv. 469 Kjerneboring og tomografi.
- Oppdrag nr. K90A. Rv 465 Farsund – Ulland. Geologiske undersøkelser for tunnel.
- Rv 465 Farsund – Ulland. Ingeniørgeologisk beskrivelse for anbud.
- Ras på stoff Ravneheitunnelen. Artikkel fra Fjellsprengningskonferansen 2007.
- Geologisk rapport for reguleringsplan 2006. Utarbeidet av Statens vegvesen. Oppdragsrapport nr. 2006098589-2.
- Geologisk rapport for konkurransegrunnlag 2011. Utarbeidet av Multiconsult. Rapportnr. 312377.

Berggrunnsgeologi

NGUs berggrunnskart, se figur 2, viser at østlig del av Hidra og fjellsiden på fastlandssiden domineres av bergarten charnockitt. Charnockitt er en pyroksenholdig, granittisk bergart. Alle tunnelalternativene (A1, A2 og A3) ligger i sin helhet innenfor charnockitten, men noe båndgneis kan forekomme for lang tunnel (A1).

Resultater og vurderinger fra kjerneboringen, utført i 2001–02 gjennom Hidrasundet, beskriver en bergart som er homogen med tanke på mineralinnhold og tekstur. Den beskrives videre som mørk grå, middels- til grovkornet og uten foliasjon. Den fremstår som relativt frisk og uforvitret utenom sprekkene.



Figur 2. Berggrunnskart over området. Tunnelalternativer er vist med stiplede linjer.

Svakhetssoner og dypforvitring

Lineamentene (svakhetssoner eller forsenkninger i berggrunnen) i området har retning NØ/ØNØ–SV/VSV og NV–SØ. Noen lineamenter har retning NNØ–SSV. Hidrasundet er orientert VNV–ØSØ. Et typisk trekk ved bergarten charnockitt er tendensen til dypforvitring. Dette kan forekomme langs tettstilte planparallele brudd eller knusningssoner. Det er grunn til å regne med at forvitringen når dypest langs svakhetssoner. Der brudd eller bruddsoner opptrer forvitrer bergarten med dannelse av kloritt, rust og leire. Dette er mineraldannelser som øker behovet for sikring.

Under drivingen av Ravneheitunnelen på Fv 465 i Farsund kommune, som i stor grad er drevet i charnockitt, opplevde man i mars 2007 et ras på stuff. Raset kom da tunneldrivingen kom i kontakt med en 3 m mektig og steil knusningssone utsatt for dypforvitring. Overdekningen i området var på over 150 m. Det raspåvirkede området nådde en høyde på 85 m over tunnelhengen. Totalt raste det inn ca. 3000 m³.

Tunnel og overdekning

For alle tunnelalternativ vil overdekningen være god, med unntak av en svakhetssone ved pr. 170 for alternativ A1 ved Kvellandstrand (NØ–SV). Alle påhugg vurderes som gjennomførbare slik de er plassert nå, men må optimaliseres med tanke på skredfaren i senere planfase. Det forventes at det må gjøres risikoreduserende tiltak ved påhuggene.

Det er ikke innhentet kunnskap om bergspenningene i området. For kort tunnel må det antas en dalsideeffekt som gir forhøyede spenninger parallelt fjellsiden, som i bergrommet kan gi en anisotrop spenningsbilde. Anisotropien forsterkes ofte jo lenger ned i dalsiden man kommer. Dette kan resultere i blokkutfall i tunnelrommet. Slike spenningsrelaterte utfall opptrer normalt sett ved overdekning > 300 m, altså ved høydeforskjeller større enn hva som er tilfellet her, men varierer også med styrken på bergarten.

Anleggstekniske forhold tunnel

Bergmassens oppsprekning og svakhetssoner vil få betydning for tunneldrivingen i forhold til driving og sikring. Sprengningsteknisk er charnockitten uforutsigbar og sprekker lett opp. Fra kjerneboringen i 2001–02 ble det observert at bergarten lett deles opp i flere retninger etter slagpåkjenning fra hammer, også langs ikke synlige sprekkeplan. Dette, sammen de generelle sprengningsegenskapene til charnockitten, vil antakeligvis kreve et tyngre sikringsopplegg enn det som vil fremkomme av en bergmasseklassifisering av bergarten i dagen. Dette kan f.eks. bety tykkere sprøytebetong enn det som normalt er påkrevet (minimumstykkelse 15 cm). Det vil også påvirke inndriften. Under drivingen av Ravneheitunnelen hadde man også problemer med mye innlekkasje og høyt vanntrykk.

Topografi og skredfare

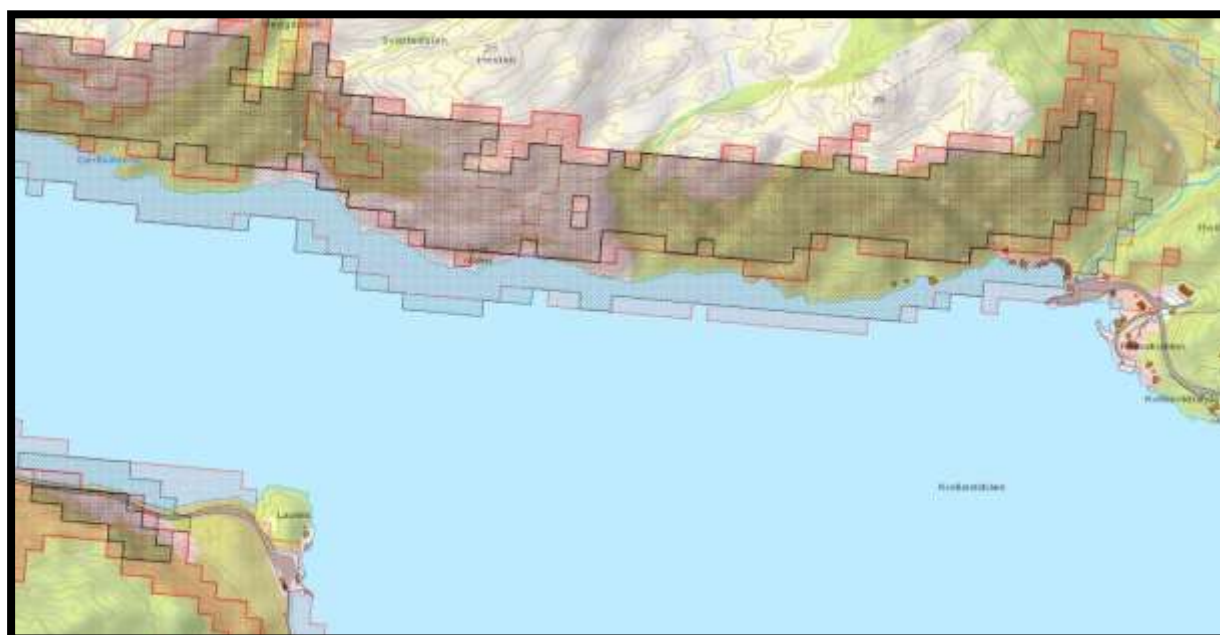
De høyeste toppene, Launesåsen, Hesten og Forekammen, ligger på henholdsvis 167 m, 235 m og 208 m. Terrenget på begge sider av Hidrasundet har helning > 30°, se figur 3. Aktsomhetskartene fra NVE viser at hele fjellsiden er potensielt skredutsatt, både for steinsprang og snøskred, se figur 4. Det er flere steder observert urmasser langs foten av fjellsiden som indikerer tidligere nedfall. Det ligger høyst sannsynlig en del skredmasser

under vannspeilet som ikke er synlig fra dagen. Det kan heller ikke utelukkes isnedfall vinterstid. På befaringstidspunktet ble det observert isdannelse flere steder i fjellsiden.

Kartene viser områder der en må utvise aktsomhet for nevnte skredtyper. Det gjøres oppmerksom på at aktsomhetskartene er generert ut fra en datamodell som automatisk genererer utløsnings- og utløpsområdene. Det er ikke gjort feltarbeid ved utarbeidelse av kartene og de er derfor best egnet på oversiktsplan/kommunedelplan eller tidligere. Kartene sier ingenting om sannsynligheten for skred. Siden det ikke er bebyggelse eller infrastruktur i nærheten, er det ingen observasjoner eller statistikk på den faktiske skredfrekvensen langs fjellet på landsiden.



Figur 3. Hesten (t.v.) og Forekammen (t.h.) markert med kryss. Launesåsen nede til venstre.



Figur 4. Aktsomhetskart for steinsprang (svart) og snøskred (rød).

Det er registrert 15 skredhendelser (stein) langs Hidrasundet og Fv 469, se figur 5. Disse hendelsene har funnet sted i perioden 2001–2016. Av disse har:

- 10 kommet fra fjell/dalside/ur (naturlig sideterreng)
- 5 kommet fra vegskjæring
- 3 av nedfallene kommet fra høyder > 50 m (øvrige fra < 50 m)
- 6 av nedfallene endt i grøft
- 9 av nedfallene nådd vegbanen






Figur 5. Registrerte skredhendelser langs Fv 469 (grå). Skredpunkt markert med blått.

Risikoakseptkriterier for skred på veg

Alle tiltak på og langs veg som krever en byggeplan/reguleringsplan omfattes av risikoakseptkriteriene i NA-rundskriv 2014/08, se figur 6. Dagens trafikkmengde er ÅDT = 565 (på fastlandet) og ÅDT = 515 (på Hidra). I 2040 er trafikkmengden beregnet til å ligge på ÅDT = 800. Det fremgår av risikomatrisen at tiltaket kan ha en årlig skredfrekvens pr. enhetsstrekning i området på $F \leq 1/50$ for å havne i grønt område. En enhetsstrekning er definert som en veglengde på ca. 1 km.

Dersom tiltaket ligger i gul sone vil aksept avhenge av skredintensitet og kost-nytte-analyse. Akseptnivå besluttes av regionledelsen (vegeier hos fylkeskommunen).

| | | | | | | | |
|---|-------------------------------|---|------------------|--|-------------------|------------|--|
| Årlig nominell skredsannsynlighet pr. enhetsstrekning | I $1/2 \geq F > 1/5$ | | | | | | |
| | II $1/5 \geq F > 1/10$ | | | | | | |
| | III $1/10 \geq F > 1/20$ | | | | | | |
| | IV $1/20 \geq F > 1/50$ | | | | | | |
| | V $1/50 \geq F > 1/100$ | | | | | | |
| | VI $1/100 \geq F > 1/1000$ | | | | | | |
| | VII $1/1000 \geq F$ | | | | | | |
| Trafikkmengde (ÅDT) | A <200 | B 200 - <500 | C 500 - <1500 | D 1500 - <4000 | E 4000 - <8000 | F ≥8000 | |
|  Akseptabel strekningsrisiko | |  Tolererbar strekningsrisiko. Aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte-analyse. Akseptnivå besluttes av regionledelsen (vegeier hos fylkesk.). | |  Uakseptabel strekningsrisiko | | | |

Figur 6. Risikomatrix. Tiltaket vurderes å ligge i gul/rød sone (klasse III–IV).

Skredsikringsplan Region sør

Det gjøres oppmerksom på at det på Hidrasiden ligger inne en skredpunkt i Regions sør sin skredsikringsplan (blå strekning i figur 5). Dette punktet er registrert med skredfrekvens for steinsprang på 0,5 (annet hvert år) og skredfaktor 2,1 («lav» skredfaktor). Området er utsatt for forvitring og steinsprang. Det anbefales at punktet ses i sammenheng med evt. bygging av Fv 469 Nye Hidra landfast.

Dersom det blir behov for fyllmasser eller deponering av masser, kan dette gjøres samtidig som man utbedrer skredpunktet. Ved masseunderskudd i prosjektet kan masser hentes ved graving eller sprengning fra skredområdet. Ved masseoverskudd kan disse deponeres slik at vegen kan legges lenger vekk fra skredpunktet. Begge løsninger vil redusere faren for skred på veg. Detaljer rundt mulig gjennomføring må avklares i neste planfase.

Vurdering av alternativene

ALTERNATIV A1 (lang tunnel, med og uten G/S-veg)

Alternativet går i lang tunnel og er ikke utsatt for skred fra sideterrenget, med unntak for påhuggsområdene. Tunnelen, med lengde 1380 m, vil bli drevet i bergarten charnockitt,

muligens også noe båndgneis. Tunneltraséen går lenger inne i fjellet enn alternativ A2 og A3 og det kan dermed forventes mer gunstige spenningsforhold. Bergoverdekningen er høyest for dette alternativet som gir lavere sannsynlighet for at svakhetssoner vil influere på tunnelnivå. En markant svakhetszone krysser tunnelen ved Kvellandstrand (pr. 170) med orientering NØ–SV. Her er det ikke sikker bergoverdekning for tunneldriving.

ALTERNATIV A2 (fylling + kort tunnel)

Alternativet følger fjellsiden over en lengde på ca. 700 m og vil dermed være mer skredutsatt enn alternativ A1, A3 og B1. Tunnelen, med lengde 330 m, vil bli drevet i bergarten charnockitt. For dette tunnelalternativet må det forventes en dalsideeffekt som gir forhøyede spenninger parallelt fjellsiden. I bergrommet kan dette gi et anisotropt spenningsbilde. Denne effekten forsterkes ofte jo lenger ned i dalsiden man kommer, og kan resultere i blokkutfall i tunnelrommet. Bergoverdekningen og sidedekningen er lavest for dette alternativet som gir høyere sannsynlighet for at svakhetssoner vil influere på tunnelnivå.

ALTERNATIV A3 (fylling + mellomlang tunnel)

Alternativet følger fjellsiden over en lengde på ca. 260 m og vil dermed være mer skredutsatt enn alternativ A1, men mindre skredutsatt enn A2 og B1. Tunnelen, med lengde 780 m, vil bli drevet i bergarten charnockitt. Bergoverdekningen er høyere enn for alternativ A2, men lavere enn for A1. Dette alternativet gir dermed lavere sannsynlighet for at svakhetssoner vil influere på tunnelnivå enn alternativ A2, men høyere enn for A1.

ALTERNATIV B1 (fylling)

Alternativet følger fjellsiden over en lengde på ca. 400 m og vil dermed være mer skredutsatt enn alternativ A1 og A3, men mindre skredutsatt enn A2. Alternativet er uten tunnel og har dermed ingen utfordringer i forhold til påhuggsplassering, bergkvalitet eller overdekning.

Konklusjon

- Hele fjellsiden ligger innfor aktsomhetskartene til NVE og er potensielt skredfarlig terreng. Fra et ingeniørgeologisk perspektiv må det unngås å bygge ny veg i skredterreng. Dette kan gjøres ved å bygge seg rundt skredområdet (tunnel) eller legge vegen i tilstrekkelig avstand fra fjellsiden (fylling).
- Påhuggene for begge tunnelalternativer vil være skredutsatt. Plasseringen av disse må detaljeres slik at risikoen minimeres.
- Erfaringsmessig er charnockitten en vanskelig sprengningsteknisk bergart som kan bidra til økte sikringskostnader og forsinket inndrift for tunnelalternativene.
- Dypforvitring er påvist gjennom kjerneboringer i Hidrasundet. Det har også vært påtruffet i knusningssoner i tilsvarende bergart i Farsund (Ravneheitunnelen). Dypforvitrede soner kan derfor ikke utelukkes for tunnelalternativene.

De fire skisserte alternativene anses som gjennomførbare med den kunnskapen som besittes på nåværende tidspunkt. For alternativene med fylling langs fjellsiden er det viktigste at man opprettholder tilstrekkelig avstand fra fjellsiden for å unngå at skred kan nå vegen. Dette oppnås enten ved at magasinet på innsiden er av såpass bredde og volum at det vil fange

opp alt av nedfall, eller ved at det etableres sikringstiltak mellom veg og fjellside som hindrer nedfall i å nå veg (fangvoll, fanggjerd, mur). Det videre arbeidet må avklare omfang og plassering av dette. Slike installasjoner krever også vedlikehold og årlige inspeksjoner som det også må tas hensyn til. I enkelte tilfeller kan det å heve vegbanen være nok til at vegen selv danner barriere mot steinsprang. Foreløpig er vegen planlagt med avstand 20 m fra fjellsiden.

Det anbefales ikke å legge vegen på fylling tett inntil fjellsiden. Selv om skredfrekvensen skulle antas å være lav, vil det være en relativt lang strekning som blir skredutsatt, og dette anses ikke som en akseptabel løsning for et nytt veganlegg.

Ut fra et ingeniørgeologisk ståsted vurderes A1 og A3 som de beste alternativene. A2 vurderes som det dårligste alternativet.

Videre arbeid

Det videre arbeidet inkluderer følgende:

- Grundig gjennomgang av all eksisterende informasjon og tidligere undersøkelser.
- Detaljert kartlegging i felt av berggrunn, sprekker, svakhetssoner/forkastninger og forvitring, samt hvordan dette påvirker på tunnelnivå. Mekaniske tester av bergartene i området kan bli aktuelt (f.eks. trykkstyrke).
- Den «reelle» skredfaren må vurderes/beregnes og baseres på faglig skjønn, erfaringer, beregningsmetoder.
- På bakgrunn av den «reelle» skredfaren må det defineres en avstand som veglinjen bør ha til fjellsiden (gjelder for alternativene med fylling i Hidrasundet). Dette kan f.eks. estimeres ved bruk av RocFall eller andre lignende programmer. Krav til avstand vil være et resultat av utløpsdistansen, blokkstørrelse og energinivå til et mulig steinsprang og plassbehov til aktuelle tiltak på innsiden av veg.
- Avdekke kvalitet på steinmaterialer med tanke på bruk i vegbyggingen.
- Forskjæringer og påhugg må vurderes i detalj for tunnelalternativene. Det må legges spesielt vekt på skredfare og oversvømmelser.
- Tunnelenes kurvatur må detaljeres ut fra egnet påhuggsplassering og over- og sidedekning (tilstrekkelig innspenning).
- Det må gjøres en vurdering av mulig dypforvitring i berggrunnen og evt. foreslå egnende grunnundersøkelser for å avdekke det.
- Utføre bergmasseklassifisering ved bruk av Q-systemet og anslå sikringsomfang. Q-verdien tar ikke hensyn til bergartens mikroriss og motstand mot sprengning, og må derfor brukes med varsomhet.
- Forankringskamre for hengebru må vurderes.
- Prosjektet anbefales å ses i sammenheng med skredpunktet på Hidra i Region sør sin skredsikringsplan.

Andre typer undersøkelser, som ikke er nevnt over, kan bli aktuelt etter hvert som ny informasjon fremskaffes.