

Teknisk notat



Til: **Dimensjon Prosjektledelse AS**
v/: **Edvard Hagman**
Kopi: **Risavika Havn AS v/ John Lunde**
Fra: **Norges Geotekniske Institutt**
Dato: **2008-3-10**
Prosjekt: **20051208 Risavika havn, Stavanger**
Utarbeid **Jan Erik Sørлие**
et av:

Tittel: **Risavika havn: Vurdering av forurensningspotensiale fra fjellhallene under utbyggingen og drift samt utførte tiltak**

Innhold

1	INNLEDNING	3
2	BASISDATA	3
	2.1 Forurensning i fjellhallene.....	3
	2.2 Havneplan og vannstander.....	3
	2.3 Grunnvannstand og strømning.....	4
3	LEKKASJE FRA FJELLHALL TIL VÅGEN OG TILTAK	4
	3.1 Lekkasje av forurenset vann	4
	3.2 Lekkasje av olje	4
	3.2.1 Oljelekkasje opp til grunnvannsspeilet.....	4
	3.2.2 Mindre oljelekkasjer i veggen	5
	3.2.3 Den ”store” oljelekkasjen	5
	3.2.4 Tiltak i nordøstre hjørne av Vågen	5
4	TETTING AV GAMLE ADKOMSTTUNNELER	5
5	FORBEREDELSE FOR INNFYLING AV SJØVANN TIL VÅGEN 7	
	5.1 Olje i fjellveggen	7
	5.2 Olje i bunnen av Vågen	7
	5.3 Oppsamling av flytende olje og film på vannet.....	7
6	DIFFUSJON AV GASS TIL LUFT	7
7	DRIFTING AV VANNTRYKKET INNE I FJELLHALLENE.....	8
8	VERSTE SCENARIO: UTLEKKING AV RÅOLJE TIL VÅGEN UNDER DRIFT 8	

c:\users\christian.becker\appdata\local\microsoft\windows\temporary internet files\content.outlook\23ppot7u\adkomsttunneler og utlekking til vågen.doc

na

Postal address: P.O. Box 3930 Ullevaal Stadion, N-0806 OSLO, NORWAY
Street address: Sognsveien 72, OSLO
Internet: <http://www.ngi.no>

Telephone: (+47) 22 02 30 00
Telefax: (+47) 22 23 04 48
e-mail: ngi@ngi.no

IBAN: NO26 5096 0501 281
Bank account: 5096 05 01281
Business No. 958 254 318 MVA



9 OVERVÅKINGSPROGRAM 8

Figurer:

Figur 1: Snitt vågen og vannstander

Figur 2: Grunnvannsstrømning mot vågen fra fjellhall T3

Figur 3: Tetting av adkomsttunnelene

Figur 4: Sprekkesone i nordøstre hjørne av Vågen med forslag til injisering

Vedlegg

Vedlegg A: Forslag til injisering for tetting av oljelekkasje til Vågen

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

Dette er en gjennomgang av potensielle forurensningskilder fra fjellhallene under utbygging og drift av Risavika Havn. I tillegg omfatter dette hvilke tiltak som er utført og hva som gjenstår. Dette er en statusrapport på et tidspunkt hvor ca 80 % av arbeidene er avsluttet og de mest krevende sprengningsarbeider i forbindelse med fjellhallen og Vågen er utført.

Rapporten (NGI, 2006) som omhandler nedspregningen ved fjellhallene med miljørisiko og ingeniørgeologisk vurdering påpeker bl. a at det kan være mulighet for utlekking av både olje og forurenset vann via sprekker fra fjellhallen til Vågen under bygging.

Basert på de siste detaljer vedrørende utbyggingen, erfaringer under anleggs- og sprengningsarbeidet og gjennomgang av vannstander og vanntrykk er disse forholdene vurdert på nytt.

Risavika havn har stilt som krav at det ikke skal forekomme oljeforurensning fra fjellhallene til Vågen/Risavika under drift.

2 BASISDATA

For å forstå hva som påvirker spredning av mulig forurensning er det viktig å forstå strømningsretninger, vanntrykk og gradienter som styrer eventuell spredning av forurensning fra fjellhallene.

2.1 Forurensning i fjellhallene

I fjellhallen er det, som vist på figur 2, noe råolje med en egenvekt på ca 0,9 øverst under hengen, herunder ligger et 2 til 4 m tykt lag av voks som inneholder hydrokarboner som i olje, med egenvekt ca. 0,92 som flyter på ferskvannet inne i fjellhallen. I ferskvannet er det oppløste hydrokarboner hvor BTEX og PAH og må betraktes som forurenset vann.

Det foregår produksjon av gas ved sulfatreduserende bakterier, dvs mest metan og noe hydrogensulfid. Produksjonen har avtatt jevnlig over flere år og forventes og avslutte når sulfatmengden er brukt opp av bakteriene.

2.2 Havneplan og vannstander

Figur 1 viser snitt gjennom Vågen og havneplanet med sjøvannstander omgjort til NGO landsystemet. Det som er gitt og ikke kan forandres er at høyeste og laveste astronomiske tidevann er henholdsvis + 0,43 m og - 0,48 m. Høyeste og lavest observerte vannstander, som opptrer sjeldent er henholdsvis + 1,16 m og - 0,85 m.



2.3 Grunnvannstand og strømning

Grunnvannstanden inne på det nedsprenget området (havneområdet) varierer og vil kommunisere med vanntrykket inne i fjellhallene. Det som vil avgjøre grunnvannsnivået er hvor mye nedbør som vil infiltrere ned i fjellet og fjellhallene, hvor mye som vil lekke ut fra fjellhallene og hvordan grunnvannet over fjellhallene vil strømme mot sjøen. Forutsetningen for strømning er at permeabiliteten, dvs at sprekker er til stede og at det er en viss trykkgradient som driver strømningen.

Det vil være likevekt mellom trykket over fjellhallene og innvendig i fjellhallene (hydrostatisk) og det vil ikke foregå strømning fra fjellhallen oppover. Derimot vil det pga forskjellen mellom grunnvannstanden over fjellhallene og Vågen som nå er tørr foregå strømning av grunnvann ut mot Vågen som vist på figur 1.

Figur 2 viser hvordan man ser for seg utlekkingen (skjematisk og teoretisk) av forurenset ferskvann i fjellhallen og ut mot Vågen

3 LEKKASJE FRA FJELLHALL TIL VÅGEN OG TILTAK

3.1 Lekkasje av forurenset vann

I fjellhall T3 som er nærmest vågen viser det seg, at nå som Vågen er tørrlagt, lekker det vann diffust ut og den sprengete fjellveggen "svetter" på en del partier og vanntrykket i fjellhallen synker i tørre perioder. Vanntrykket ligger for tiden på ca + 0,5 m. Nedbøren og tilførsel av ferskvann bidrar til å erstatte senkningen av grunnvannstanden og vannlekkasjen fra fjellhallen. Det som har vært observert av utlekking har vært beskjedent. Når Vågen fylles opp og utlekkingen får mottrykk forventes denne utlekkingen å bli ubetydelig. Volummessig vil det utlekkede vannet til en hver tid bli erstattet. Forurensningsmessig vil mengden av utlekket forurenset ferskvann være ubetydelig og diffus og ikke direkte målbar. Fortynningen i Vågen vil også være meget stor. Mengde utlekket vann fra fjellhallen vil være direkte målbar ved volummåling av tilført ferskvann for å opprettholde vanntrykket i fjellhallen. Se kap. 7 for drifting av vanntrykket i fjellhallene.

3.2 Lekkasje av olje

3.2.1 Oljelekkasje opp til grunnvannsspeilet

Råoljen som er litt lettere enn voksen ligger derfor over voksen og under henget i fjellhallen og har begrenset mulighet til å bevege seg. Imidlertid kan fri fase råolje bevege seg oppover i vannfylte sprekker på grunn av oppdrift. Det er derfor en teoretisk mulighet for at råolje kan nå opp til grunnvannsspeilet. Herfra kan oljen bevege seg i retning av Vågen på grunnvannsspeilet forutsatt at sprekken er til stede.



Selv om sannsynligheten for utlekking av olje via grunnvannsspeilet er liten anbefales det å sette inn et tiltak. Det anbefales å etablere en drenerende drensledning langs kaikanten bak betongforsterkningen med kummer og oljeavskillere, se figur 2. Hvilket nivå man skal legge seg på bør diskuteres nærmere da dette henger sammen med hvilket grunnvannsniva man kan forvente over fjellhallen T3.

3.2.2 Mindre oljelekkasjer i veggen

Under nedspregningen av Vågen rant det olje rant ut av sprekker. Dette tydet på at Vågen avskjærer noen sprekker som tidligere endte opp som tette. Noen av disse sprekkenes har inneholdt små mengder med råolje fra raffeneriets tid som nå har tømt seg. Dette skjedde fire steder. Det har ikke vært ansett nødvendig å gjøre noe tiltak da disse lekkasjene stoppet av seg selv.

3.2.3 Den "store" oljelekkasjen

En isolert oljelekkasje ble observert i fjellveggen i begynnelsen av desember. Lekkasjen avtok gradvis og etter ca en mnd var mengde utlekket olje estimert til ca 100 l. Da denne lekkasjen var større og forskjellig fra de andre små lekkasjene kan det være en mulighet for at denne oljen kom fra råoljen i fjellhallen. Det ble derfor bestemt å utføre injisering langs fjellkanten med sikte på å avskjære og tette mulig tilførsel av olje. Det henvises til vedlegg A hvor dette tiltaket er beskrevet. Resultatet var vellykket da injeksjonsmasser fylte opp sprekkenes og kom ut i dagen i fjellveggen. Sprekkene er jevnlig under observasjon for å se om all oljelekkasjen har gitt seg.

3.2.4 Tiltak i nordøstre hjørne av Vågen

Det henvises til figur 4 som viser sprekkesystemet i nordre del av fjellhallene og hvordan de strekker seg inn i nordøstre hjørne av Vågen. Etter utsprengningen av dette partiet vil man se hvordan denne sprekkesonen er både horisontalt og i dybden og om noen av sprekkenes fører vann og/eller olje. Uansett lekkasjer skal dette område injiseres i en lengde av ca 50 m parallelt med sprengningslinjen. Man legger opp til å følge samme prosedyre som ved forrige injisering.

4 TETTING AV GAMLE ADKOMSTTUNNELER

Det er to adkomsttunneler til de fire fjellhallene, en på sjøsiden og en på landsiden som ble benyttet under byggingen, se figur 3. I henhold til "as built" rapporten ble disse adkomsttunnelene lukket in mot fjellhallene med betongvegger med ekspanderende betong rundt samt injisering i fjellet rundt pluggen. (ingen byggetegninger foreligger men man må forvente at betongveggene er armert). Pluggene ble testet ved å fylle opp adkomsttunnelene med ferskvann til kote 0,0 og man kunne måle lekkasjen inn i hallen. Med tomme fjellhaller var dette et vesentlig vanntrykk, for de laveste betongveggene ca. 29 m og for de øvre betongveggene ca 12 m. Til tider under driften var fjellhallene tomme for råolje. Maksimum lekkasje var målt til 21 m³/døgn (dette inkluderte også all annen



innlekkasje i fjellhallen) og var akseptert. Under miljøovervåkingen fra 2001 til 2005 var vannstanden i den øvre adkomsttunnelen målt til + 3,00 m. Dette har gitt et vanntrykk på ca 17 m. Den nedre adkomsttunnelen har vært utsatt for fullt grunnvannstrykk på ca kote + 20 m som med tom fjellhall gav et trykk på 49 m. Større lekkasjer gjennom disse betongveggene har aldri vært nevnt. Adkomsthallene har alltid vært en del av grunnvannsregimet rundt fjellhallene som har alltid vært ferskvann. Etter at Vågen er sprengt ut og ikke fylt opp er den øvre tunneladkomsten tørr og den nedre er fylt med ferskvann. Når Vågen fylles vil den øvre adkomsten bli fylt med sjøvann mens den nedre vil forbli ferskvann i lange tider før saltvannet vil skifte det ut.

Den fremtidige situasjonen for Risavika havn vil være helt forskjellig. Vannstanden i adkomst hallene vil være på 0,0 m (sjønivå) og inne i fjellhallene planlegges et trykk på +1,5 m (eller kanskje nærmere 1,0 m). Denne forskjellen er meget liten og vil sannsynligvis gi meget lite med utlekking av forurenset vann fra fjellhallene og ut i adkomsttunnelene.

Hvis adkomsttunnelene forblir åpne mot vågen er det noe usikkert hvordan vannkvaliteten vil utvikle seg. Det er ferskvann i dag men kan bli gradvis mer salt hvis man ikke opprettholder et grunnvannsnivå på ca +1,5 m. Så lenge overtrykket i fjellhallene opprettholdes vil ikke saltvann trenge inn. Hvorvidt saltvann kan ha en deteriorerende effekt på betongveggene er usikkert. Det er ikke kjent om det ble benyttet sulfat resistent sement i betongen.

Man kan forestille seg at det forurensede vannet i fjellhallene kan begynne å lekke ut i adkomsttunnelen. Det er urimelig å se for seg at dette vil skje plutselig med store åpninger og omfattende utstrømning. Hvis det begynner å lekke vil dette mest sannsynlig være i små mengder. Den automatiske etterfyllingen med ferskvann vil erstatte det utlekkede vannet slik at trykk og vannstand opprettholdes i fjellhallen. Over sikt ser man for seg at det og forurensede vannet vil bli erstattet med nytt ferskvann som gjennom kjemisk likevekt vil over tid vil bli like forurenset som det opprinnelige vannet. Sulfatinnholdet vil ikke bli erstattet og vil gradvis forsvinne. Det forurensede vannet som lekker ut i adkomsttunnelen og videre til vågen og Risavika vil aldri kunne bli målt pga den kraftige fortynningen.

Figur 3 viser hvor man eventuelt kan tette/lukke begge overvåkingstunnelene. Den tekniske løsningen på dette krever imidlertid en egen byggteknisk prosjektering. Den øvre adkomsttunnelen (kote -14,5 m) kan inspiseres og man kan utføre en skikkelig tilstandsbefaring av betongveggene som står "tørre" med fullt vanntrykk inne i fjellhallen. Det antas imidlertid at dette er en lite sikret tunnel og det medfører risiko å gå inn der. Lukkingen av denne tunnelen er for så vidt enkel å bygge da det kan foregå tørt.

Med det man har av data og informasjon i dag er det ikke uten videre noe grunn for å tette disse adkomsttunnelene. Man kan også leve med mulige forventede lekkasjer i fremtiden. Det er liten økonomisk usikkerhet involvert og det er ingen miljørisiko til stede



5 FORBEREDELSE FOR INNFYLING AV SJØVANN TIL VÅGEN

Før Vågen fylles skal en del arbeider utføres for å minimere mengden av fri fase olje og den nødvendige beredskap skal planlegges slik at oljen som flyter opp under oppfyllingen blir fjernet.

5.1 Olje i fjellveggen

Fra oljelekkasjene i veggen mot fjellhallen ble mindre deler av veggen dekket med olje. Dette er allerede fjernet ved høytrykksspyling. Det som fortsatt er igjen av brunrødlig farge på fjellveggen er ikke olje men utfelt jern fra grunnvannet.

5.2 Olje i bunnen av Vågen

Oljelekkasjen har rent ned til bunnen av Vågen og det meste er fjernet. Noe er igjen og det mest er samlet i området der nedre tunneladkomst kommer opp i dagen i bunnen av Vågen. For å prøve å samle opp noe mer olje anbefales det at man senker vannstanden i en åpen gravd grøft i fyllmassene. Steiner som er tilgjengelig og fortsatt er oljefarget skal transporteres vekk.

5.3 Oppsamling av flytende olje og film på vannet

Når terskelen sprenges og sjøvannet flommer inn vil alle rester av fri fase olje som ligger nede i bunnen av Vågen flyte opp og legge seg på vannoverflaten. Ved hjelp av lenser må man lede oljen som flyter slik at den samles opp og skimmes/suges opp til tankbil. Opplegg for å fjerne film må også tilrettelegges.

6 DIFFUSJON AV GASS TIL LUFT

Det foregår metan og hydrogensulfid produksjon i fjellhallene ved sulfatreduserende bakterier som lever på oljeprodukter og sulfat under anaerobe forhold (ikke oksygen til stede). Metanproduksjonen i fjellhallene har pga stadig mindre sulfat vært synkende over flere år og målet er at en dag er sulfatmengden i fjellhallen brukt opp og produksjonen av metan vil opphøre. Gassen lekker ut av fjellhallene og siver opp gjennom sprekker til luft. Gasskonsentrasjonen i luft er akseptabel og det er derfor ønskelig å opprettholde den diffuse utlekkingen for å unngå oppsamling av gassen som da må ledes vekk.

Planen er å bygge et kjøredekk på havneplanet bestående av kjøresteiner slik at overflaten er åpen og gassen kan unnsnippe til luft hvor som helst. Denne løsningen er valgt fordi gassmengdene er små og vil fortsette å minske over tid. Tette overflateløsninger med oppsamling av gass er en mindre og mer kostbar løsning.



7 DRIFTING AV VANNTRYKKET INNE I FJELLHALLENE

Under drift, må vanntrykket i fjellhallene alltid være høyere enn høyeste vannstand ute i sjøen. Grunnen til dette er at man da unngår at sjøvann som inneholder sulfat kan penetrere inn i fjellhallene. Sulfat er en viktig forutsetning for at de sulfat reduserende bakteriene kan produsere metan.

Hvis infiltrasjonen av nedbør blir minimal vil sannsynligvis grunnvannstanden synke lavere enn + 1,5 m og det blir nødvendig å tilføre ferskvann til fjellhallene. Det er i forkant av hver fjellhall boret et skråhull ned til fjellhallen hvor man måler vannstanden i fjellhallen. Her blir det også mulig å tilføre vann hvis det er nødvendig. Planen er at dette skal foregå automatisk.

8 VERSTE SCENARIO: UTLEKKING AV RÅOLJE TIL VÅGEN UNDER DRIFT

Hvis det skulle oppstå en oljelekkasje i Vågen vil oljen flyte rett opp ved kaikanten mot øst. Det vil aldri kunne være mye, kun noen få liter.

9 OVERVÅKINGSPROGRAM

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information					
Dokumenttittel/Document title Fjellhaller: Miljøriskovurdering av adkomsttunneler og utlekking til Vågen				Dokument nr/Document No. 20051208	
Dokumenttype/Type of document		Distribusjon/Distribution		Dato/Date 2007-12-07	
<input type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		Rev.nr./Rev.No.	
<input checked="" type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
Oppdragsgiver/Client Dimensjon prosjektering AS					
Emneord/Keywords					
Stedfesting/Geographical information					
Land, fylke/Country, County				Havområde/Offshore area	
Kommune/Municipality				Feltnavn/Field name	
Sted/Location				Sted/Location	
Kartblad/Map				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	Original dokument				
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date		Sign. Prosjektleder/Project Manager	
				Jan Erik Sørle	

Teknisk notat
20051208 Risavika havn, Stavanger

Prosjektnr: 20051208
Dato: 2007-12-07
Rev:
Rev. dato:
Side: 10



Vurdering av forurensningspotensiale fra fjellhallene under utbyggingen og drift samt tiltak
