

Estimert og målt sigevannsmengde fra nedbørsfelt som dreneres til gruvesystemet ved Raudsand Gruver

Til: Bergmesteren i Raudsand
Fra: Eirik Leikanger
Kopi til:
Dato: 01. Oktober 2014

Notatet har til hensikt å belyse sammenhengen mellom målt sigevannsmengde og estimert avrenning fra nedbørsfeltet som drenerer til gruvegangene ved Raudsand. Data er samlet inn i perioden 03. oktober 2013 til 09. september 2014.

Målt avrenning

Avrenning (sigevannsmengden) registreres hver time ved automatiske målinger av vannhøyde i utløpsbassenget. Vannhøyden måles med en trykkcelle (usikkerhet $\pm 0,1$ %) på en multiparameterlogger (SEBA UnilogCom og MPS-D8) plassert i utløpsbassenget. Utløpet fra bassenget er utformet med et 90° V-spor, og vannføringen beregnes på bakgrunn av etablert vannføringskurve for sporet. Målt avrenning er kontrollert og kalibreringskurve for V-sporet er justert etter vannføringsmålinger med bømte-tid-metoden. Det er ikke funnet avvik på kontrollmålingene som overstiger 5 %.

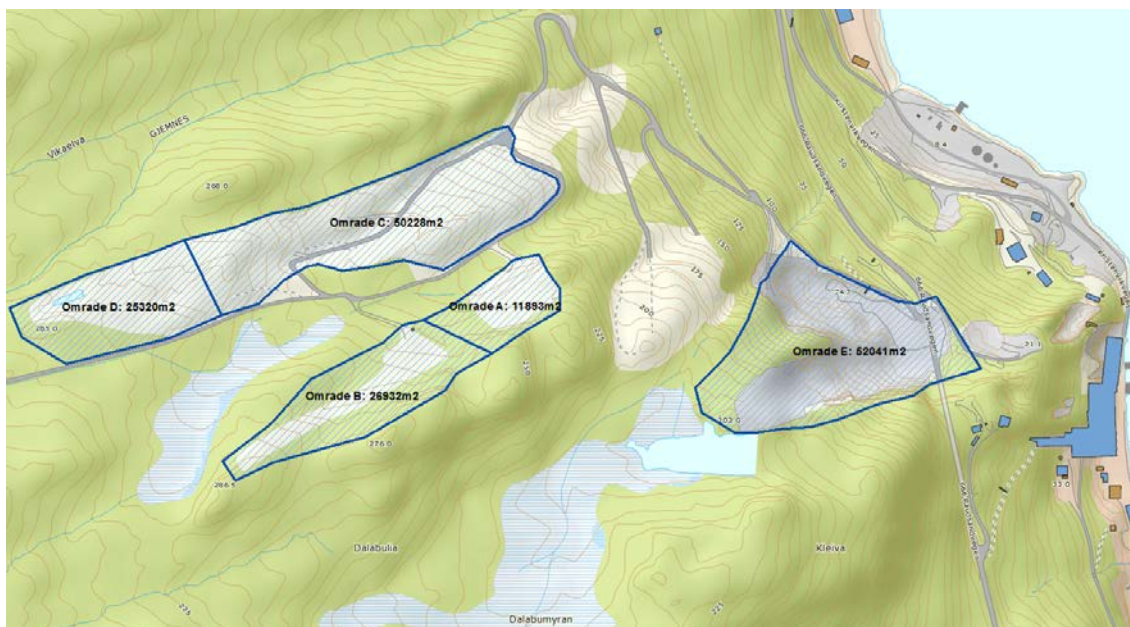
I perioden 03. oktober 2013 til 09. september 2014 er det målt en total sigevannsmengde på 99.316 (± 4.965) m³ ved utløpet fra gruvegangene. Dette gir en midlere sigevannsavrenning på 11,9 ($\pm 0,6$) m³/h i perioden (figur 1). Målingene viser to perioder med høy vannføring, november-desember 2013 og mars-april 2014, samt tre mindre flomtopper over midlere vannføring i løpet av sommeren 2014.



Figur 1: Målt sigevannsmengde i utløpet fra gruvegangene (utløp til Tingvollfjorden) i perioden 10. Oktober 2013 til 09. September 2014.

Nedbørsfelt og avrenningskoeffisienter

Fagerhaug (2012) og Bergmesteren i Raudsand (Aarvold, 2014) har tidligere gitt estimater av nedbørsfeltene som drenerer til gruvesystemet med utløp til Tingvollfjorden. Bioforsk gjennomførte en enkel befaring i området den 23. september 2014 og har med bakgrunn i dette og tilgjengelige kartdata, vurdert feltenes avgrensinger og estimert feltenes areal. Bioforsk har valgt å dele inn det totale nedbørsfeltet i 5 mindre områder (figur 2).



Figur 2: Kart som viser antatt nedbørsfelt som leder dreneres til underliggende gruveganger.

Nedbørsfeltene har ulike egenskaper og ulik dreneringsvei, hvert nedbørsfelt der derfor vurdert hver for seg. Siden det ikke foreligger data som kan benyttes i avanserte klimamodeller, og at det ikke er gjennomført grundige undersøkelser av nedbørsfeltene, er det benyttet avrenningskoeffisienter. Avrenningskoeffisientene skal ta hensyn tilbakeholdelse av vann i terrengforsenkinger og løsmasser, planteopptak og fordampning. Tabell 1 viser erfaringsbaserte avrenningskoeffisienter som normalt benyttes for ulike areal-/områdetyper:

Tabell 1: Erfaringsbaserte avrenningskoeffisienter som normalt benyttes i beregning av overflateavrenning (Lindholm, 2008)

Område/avrenningsflate	Avrenningskoeffisient (ϕ)
Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 – 0,95
Grusveier/-plasser	0,50 – 0,80
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 – 0,50
Fjellområde u/lyng og skog	0,50 – 0,80
Fjellområde m/lyng og skog	0,30 – 0,50

Område A: er avgrenset til området rundt Deponi 1, som dekker et område på ca. 10 000 m² (Fagerhaug, 2012). Dersom antatt tilsigsområde inkluderes utgjør området om lag 12 000 m² (figur 2). Overflaten av deponiet ligger på kote +234, sjakten /sammenrast gruvesystem ledes omtrent vertikalt nedover i gruvesystemet koblet sammen med hovedgruven (K+D-Malmen) på kote -150 (vedlegg 1). For å stabilisere rasområde i Z-Malmen ble rasområdet fylt om med morenemasser og noe finstoff. Gjenværende forsenkning på toppen av denne fyllingen er benyttet som deponi for saltslag og filterstøv (Fagerhaug, 2012).

Fagerhaug (2012) la til grunn at deponiet infiltrerer vertikalt nedover i gruvesystemet og at sigevann ikke ledes vekk fra deponiet ved overflateavrenning. Under befaring ved Deponi 1, den 23. september 2014, ble det observert at dette avrenningsmønsteret ikke stemmer lenger. Årsaken til endret avrenningsmønster skyldes påbegynte avslutningstiltak for Deponi 1. På overflaten er det bygd opp et skrått terreng med komprimerte masser (bilde 1A), hvor vannet vil renne av på overflaten og nedover langs adkomstvei til deponiet. Her samles vannet opp ledes inn i sjakt nordøst for Deponi 1. En mindre del av vannet anslagsvis 1.000 m³, inntil fjellskrent (bilde 1B), vil infiltrere ned i gruvesystemet gjennom utfylte og deponerte masser. Det antas at 50 – 80 % av nedbøren vil føres ned i gruvesystemet ($\phi = 0,50 - 0,80$) under Deponi 1 (12 000 m²).



Bilde 1: bilde A viser overflaten på Deponi 1 og adkomstveien til deponiet. Bilde B viser gjenværende forsenkning i terrenget hvor vannet trolig infiltrerer direkte til gruvegangene.

Område B: er avgrenset til Strosse syd (sammenrast del av gruven, sydvest for Deponi 1) og tilhørende nedbørsfelt. I område B vil nedbøren renne av mot lavpunktet i Strosse Syd, herfra vil vannet drenere til samme gruvesystem som avrenningen fra Deponi 1 (Z-malmen, vedlegg 1). Bergmesteren har opplyst at området som dreneres til Z-malmen (deponi 1 og strosse syd) utgjør et totalt areal på ca. 30 000 m² (Aarvold, 2014). Deponi 1 utgjør om lag 12 000 m² av dette arealet. Ved gjennomgang av tilgjengelig kartgrunnlag virker dette arealestimatet noe lavt for Strosse syd. Sannsynlig nedbørsfelt for Strosse syd er ca. 27 000 m² (figur 2). Det antas at avrenningen fra feltet er sammenlignbar med avrenning fra fjellområder med begrenset vegetasjon ($\phi = 0,50 - 0,80$) (tabell 1).

Område C: er avgrenset til dagbruddet til tidligere Raudsand gruver. Dagbruddet er benyttet som deponi og blir omtalt som Deponi 2. Fagerhaug (2012) anslår at Deponi 2 dekker et areal ca. 60 000 m², som strekker seg fra kote +240 og ca. 1km nedover til kote +150. På bakgrunn av opplysninger gitt av Bergmesteren, og terrengforholdene, vurderes Deponi 2 et areal på anslagsvis 50 000 m². Sivevann fra Deponi 2 samles opp i et lavtliggende område nedstrøms deponiet, hvor det ledes videre i rør til hovedgruven (K + D-malmen).

Det er lite sannsynlig at avrenning fra deponi 2 vil ledes andre steder enn til dette lavbrekket. Fagerhaug (2012) har gjengitt utdrag fra tidligere geolog i Raudsand Gruver Svein Parr sin vurdering av de geologiske forholdene i dagbruddet/deponi 2: *“bunnen av deponi 2 består av rød gneis, en relativt massiv og tett bergart.” “Noe oppsprekking nær utsprengte områder er naturlig å anta, men sannsynligheten for at det skal være omfattende sprekkesystemer som skal lede større mengder sivevann til utspring nede i lia er små.” “Siden det ikke finnes underliggende åpninger vil naturlig avrenning være til bunnen av strossa.”*

Helningen på deponiet er bratt (9 %) og vann i deponiet vil raskt renne nedover i terrenget. Det er imidlertid flere naturlige, og unaturlige, forsengkninger og blokkeringer i terrenget som vil holde tilbake vann etter nedbør. Avrenningen fra deponiet/dagbruddet (50 000 m²) antas å være i størrelsesorden 50 – 80 % ($\varphi = 0,50 - 0,80$).

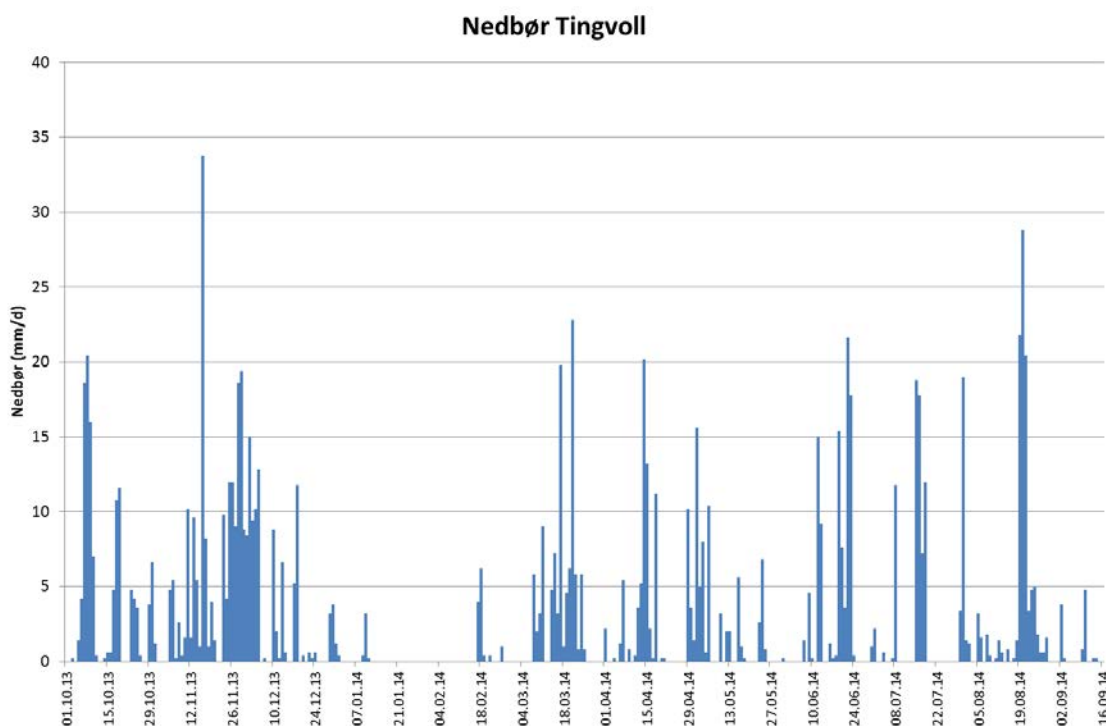
Område D: er definert som et myrområde oppstrøms Deponi 2 og er avgrenset av Bergmesteren til om lag 25 000 m². Bergmesteren har avgrenset området ved hjelp av høybrekk i terrenget. Det er en utfordring å avgrense slike myrområder uten kjennskap til de underliggende grunnforholdene. Det er ikke gjort noen vurdering eller undersøkelse av grunnvannstrømning i området. Avrenning fra myrområdet samles opp i gruvegang med utløp øverst i deponi 2, vannet ledes så videre i rør med utløp til terreng i deponi 2. For myrområdet oppstrøms (25 000 m²) vil det være naturlig å benytte en avrenningskoeffisient (φ) mellom 0,30 – 0,50 (tabell 1).

Område E: er avgrenset til nedbørsfeltet rundt et rasområde over hovedgruven (K+D-malmen) ved Fylkesvei 666. Bergmesteren har gitt opplysninger om høybrekk i området (Aarvold, 2014). Bratte fjellskrenter gir en tydelig avgrensing mot et relativt flatt område. Berggrunnen som avgrenser området vurderes, i likhet med dagbruddet, som tett. Estimert areal for nedbørsfeltet i område E er ca. 52 000 m² (figur 2). Avrenning fra området vil renne av på overflaten før det dreneres vertikalt ned i gruvesystemet ved rasområde. Avrenningen vil være i lavere enn for tette flater, grunnet enkelte forsengkninger i terrenget, men sammenlignbar med fjellområder med beskjeden vegetasjon (tabell 1). Det antas at 50 – 80 % av nedbøren ledes videre til gruvesystemet ($\varphi = 0,50 - 0,80$).

Nedbør og beregnet sigevannsmengde

I perioden 03. oktober 2013 – 14. september 2014 er det ved den metrologiske stasjonen ved Tingvoll målt 977,8 mm nedbør (figur 3). Den metrologiske stasjonen ligger ca. 9 km i luftlinje fra Raudsand (ca. 8 km fra Bergmesterens område).

Beregnet avrenning fra dette tilsvarer en tilførsel på 76 000 – 122 500 m³ til sigevannssystemet i perioden, og en midlere tilførsel på 9,2 - 14,7 m³/h i nedbørsfeltet til gruvegangene på Raudsand. Tabell 2 viser avrenning fra de ulike delfeltene.



Figur 3: nedbør målt ved den metrologiske stasjonen på Tingvoll i perioden 10. Oktober 2013 til 09. September 2014.

Tabell 2: Beregnede sigevannsmengder for de ulike delfeltene og det totale nedbørsfeltet.

Nedbørsfelt	A	B	C	D	E	Totalt
Areal (m ²)	12 000	27 000	50 000	25 000	52 000	166 000
Avrenningskoeffisient (φ)	0,5–0,8	0,5–0,8	0,5–0,8	0,3–0,5	0,5–0,8	0,47–0,75
Beregnet sigevannsmengde totalt (m ³)	5 867 – 9 387	13 200 – 21 120	24 445 – 39 112	7 334 – 12 223	25 423 – 40 676	76 268 – 122 518
Beregnet midlere sigevannsmengde totalt (m ³ /h)	0,7 – 1,1	1,6 – 2,5	2,9 – 4,7	0,9 – 1,5	3,1 – 4,9	9,2 – 14,7

Samlet vurdering nedbør og avrenning

For perioden 03. oktober 2013 til 09. september 2014 er ut ifra nedbørsdata beregnet en total avrenning (sivevannsmengde) på ca. 76 000 – 122 500 m³ (midlere: 9,2 – 14,7 m³/h). I samme periode er det sivevannsmengden i utløpet fra gruvegangene målt til ca. 99 000 (± 5 000) m³ og en mildere sivevannsmengde på 11,9 (± 0,6) m³/h. Målt sivevannsmengde er gjennomsnittet av laveste og høyeste beregnede sivevannsmengde.

Målingene viser god sammenheng mellom nedbørsmengder og avrenning (figur 1 og 3). Nedbør i perioden april til september ser ut til å generere mindre avrenning enn i november-desember og i mars-april. Avrenningen ved utløpet øker generelt raskt etter nedbørsepisoder, noe som indikerer at vann ledes raskt bort fra nedbørsfeltet. At det kun oppstår en avrenningstopp etter en nedbørsepisode indikerer at avrenningen fra delnedbørsfeltene kommer når gruvegangene noenlunde samtidig. Dette virker å være tilfelle for område C og E, som er de to største nedbørsfeltene (figur 2). Øvrige delfeltene kan ha noe lengre avrenningstid. Rask respons i avrenningen etter nedbørsepisoder indikerer også lav fordrøying av vannet i gruvegangene. Dette kan bety at oppholdstiden til vannet i gruvegangene er lav.

Det er en viss usikkerhet rundt beregningene av generert sivevann fra de 5 delnedbørsfeltene til som drenerer til gruvegangene. Den største usikkerheten er knyttet til arealavgrensingen av nedbørsfeltene, men også avrenningen fra området. Nedbørsfeltet som drenerer til gruvegangene er komplekst, hovedsakelig grunnet de mange inngrepene i området. Det har derfor vært nødvendig å ta høyde for en viss usikkerhet ved beregningene. For delnedbørsfeltene er det benyttet avrenningskoeffisienter som totalt gir et avvik på 37 % mellom høyeste og laveste beregnede sivevannsmengde for hele nedbørsfeltet (tabell 2).

Den relativt gode sammenhengen mellom målt og beregnet sivevannsmengde sannsynliggjør at de vurderinger som er gjort vedrørende avgrensingen, og beskrivelsene, av nedbørsfeltene stemmer forholdsvis godt.

Det er størst usikkerhet rundt nedbørsfelt D (myrområde oppstrøms Deponi 2). Denne usikkerheten kan enkelt elimineres ved å lede vannet fra dette området utenom deponi 2, og dermed utenom gruvesystemet. Dette vannet er ikke i kontakt med forurensede masser og bør av den grunn ikke ledes inn til deponi 2 hvor det bidrar til økt avrenning fra de deponerte massene. Terrengforholdene i nedbørsfelt A (Deponi 1) er slik utformet at nedbør enkelt kan ledes bort av dette fra gruvegangene og til naturlig bekkedrag sørøst for deponiet. Dette bør utføres i tråd med avslutningstiltakene for Deponi 1 beskrevet av Fagerhaug (2012).

Ås, 10.10.14



Eirik Leikanger

Referanser

Fagerhaug, A. 2012. Depnoier i Bergmesteren gruver - Plan for avslutning og etterdrift – Deponi 1. Multiconsult-rapport: 415281/002 (07.10.2012)

Aarvold, V. 2014. Oversendelse av kartgrunnlag og avgrensinger av nedbørsfelt (e-post 11.09.13)

Metrologsik institutt. 2014. http://www.yr.no/sted/Norge/Møre_og_Romsdal/Nesset/Raudsand/detaljert_statistikk.html (lest: 14.09.14)