

RAPPORT

Helhetlig vurdering av avrenning fra Velde's anlegg



Kunde: Velde Industri AS

Prosjekt: VVA_Velde Miljø

Prosjektnummer: 10209138

Dato: 08.06.2020

Rev.:

2

Sammendrag:

Etter Fylkesmannen i Rogaland gjennomførte en inspeksjon av Veldes anlegg i januar 2018, har Fylkesmannen stilt krav om utarbeidelse av en helhetlig vurdering av avrenningen fra Veldes område. I den forbindelse ble det utarbeidet en beskrivelse av Veldes anlegg, dens nedslagsfelt og partikkelkilder. I sammenheng med en hydrologisk modell, ble så de største kilder for partikkelavrenning vurdert og hvilke tiltak som kan implementeres.

Hovedutfordringen er utskylling av sedimenteringsbassenget oppstrøms innløpsbekken til Grunningen i store regnværperioder. For å redusere vannmengden som ledes til sedimenteringsbassenget oppstrøms bekken, skal avrenning fra brudd-området snus mot Kyllesvatnet.

Rapporteringsstatus:

- Endelig
- Oversendelse for kommentar
- Utkast

Utarbeidet av: Friederike Krahner	Sign.:
Kontrollert av: Per Helge Ollestad	Sign.:
Prosjektleder: Per Helge Ollestad	Prosjekteier: Sven Olav Jensen

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
2	08.06.2020	Oppdatert iht. dagens situasjon og fremtidig situasjon	nofrie	noolpe

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Områdebeskrivelse	4
2.1	Nedslagsfelt	5
2.2	Hydrologisk beskrivelse av nedslagsfelt	6
2.2.1	Brudd-området/nedslagsfelt 1	6
2.2.2	Øst for Husafjellet/nedslagsfelt 2	7
2.2.3	Massefylling/nedslagsfelt 3	7
3	Partikkelkilder	8
3.1	Brudd-området/nedslagsfelt 1	8
3.2	Øst for Husafjellet/nedslagsfelt 2	9
3.3	Massefylling/nedslagsfelt 3	9
4	Hydrologisk modell	10
4.1	Arealinndeling	10
4.2	Inngangsparametre	10
4.3	Modellregn	12
4.4	Resultater	14
5	Partikkelavrenning	16
5.1	Partikkelavrenning fra nedslagsfeltene	16
5.2	Sedimenteringsbasseng ved tippen	17
5.3	Konklusjon	20
6	Tiltak	21
6.1	Tiltak på kort sikt	21
6.2	Tiltak på lang sikt	21

1 Innledning

I januar 2018 har Fylkesmannen i Rogaland gjennomført en inspeksjon av Veldes anlegg i Sandnes for å kontrollere om gjeldene krav fastsatt i eller i medhold av forurensningsloven overholdes. I tillegg ble avrenningsforholdene fra Veldes område fulgt opp under inspeksjonen. I den forbindelse har Fylkesmannen i Rogaland stilt krav om utarbeidelse av en helhetlig vurdering av avrenningen fra Veldes område. Dette innebærer bruk av en hydrologisk modell i kombinasjon med vurdering av ulike partikkelkilder.

2 Områdebeskrivelse

Velde AS holder til i Sandnes kommune med massefylling og masseuttak/brudd, som vist i figur 1.



Figur 1. Plassering Velde AS massefylling og masseuttak.

Omtrent 500 m vest for massefyllingen ligger Grunningen og omtrent 400 m øst for bruddet ligger Kyllesvatnet. Området rundt Veldes anlegg er preget av naturlig fjellandskap og landbruksområder. Det er fire fjell som ligger med tilknytning til Veldes anlegg. Ognafjellet, Ranglefjellet og Kjølén er lokalisert nord for massefyllingen med Ognafjellet lengst til vest og Kjølén lengst i øst. I tillegg ligger Husafjellet sør for massefyllingen mot Noredalsveien.

Områdene som i dag utgjør Velde Pukk As har hovedsakelig vært jordbruksområder fra tidlig 1900-tallet til begynnelsen av 2000-tallet. Området drenerte, likt som i dag, mot Grunningen, og selv området øst for Husafjellet drenerte på denne tiden mot nord og videre mot Grunningen. I begynnelsen av 2000-tallet begynte Velde å fylle opp terrenget øst for Husafjellet, noe som førte til stenging av den naturlige vannveien. For å unngå oppsamling av vann i dette område, og i forbindelse med utbygging av Noredalsveien, ble det lagt en 800 mm overvannsledningen som leder vannet mot Grunningen. Utvikling av Veldes anlegg og videre etablering av massefylling i vest har ført til større utfordringer knyttet til partikkelavrenning. Det ble derfor etablert sedimenteringsbassenger, både ved Noredalsveien og vest for massefyllingen, som vannet ble ledet gjennom før utslipp til Grunningen. I dag finnes det totalt fem sedimenteringsbasseng på

Veldes anlegg: ved porten, ved vaskeanlegget, vest for massefyllingen (oppstrøms Grunningen) og to ved betongspyleplassen (en til vaskevann og en til avrenning fra bruddområdet). Området øst for Husafjellet samt området sør for Ranglefjellet er ferdig fylt på i dag og fungerer som landbruksjord.

2.1 Nedslagsfelt

Veldes anlegg og omkringliggende områder kan deles inn i tre nedslagsfelt som drenerer til sedimenteringsbassenget oppstrøms bekken til Grunningen, som vist i figur 2. Nedslagsfelt 1 inkluderer brudd-området og øst-siden av Kjølen. Nedslagsfelt 2 inkluderer området mellom Husafjellet og bruddet, samt et lite område sør for Noredalsveien. Nedslagsfelt 3 inkluderer massefyllingen samt dalen mellom Ranglefjellet og Ognafjellet.



Figur 2. Oversikt over nedslagsfelt.

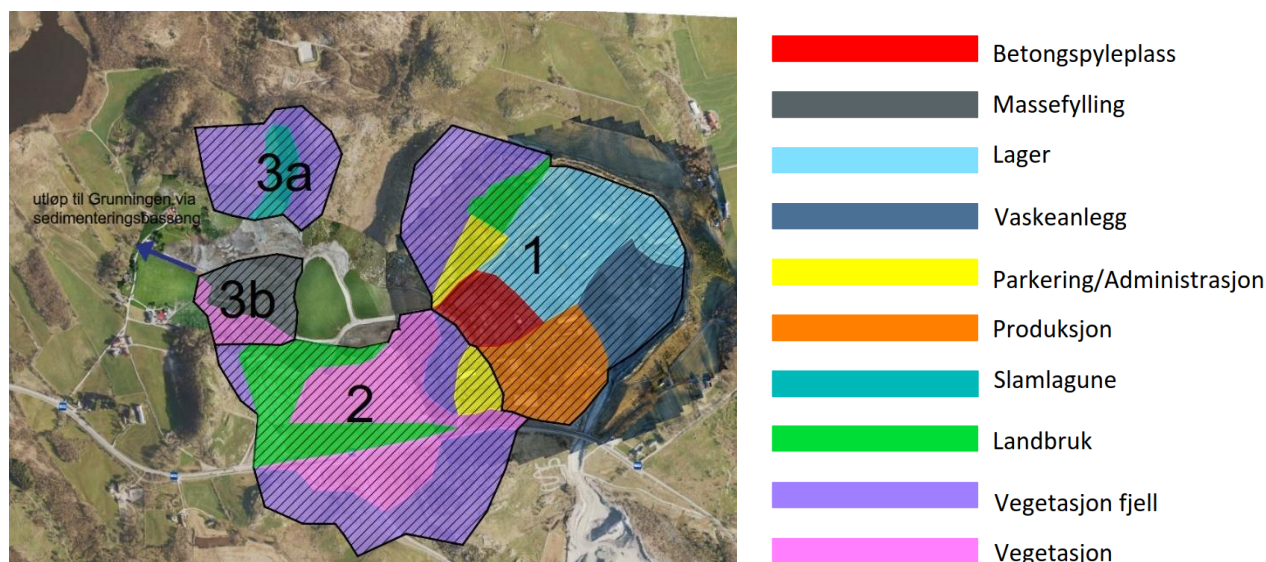
Nedslagsfelt 1 avgrenses av Kjølen i nordvest, grensen på det nedsenkete bruddområdet i nord og øst, undergangen i sør og et høybrekk i sør/sørvest. Høybrekket mellom nedslagsfelt 1 og 3 befinner seg ved overgangen fra landbruksområdet til bruddområdet. Høybrekket mellom nedslagsfelt 1 og 2 følger veien ved administrasjonen sørover mot Noredalsveien.

Nedslagsfelt 2 avgrenses av fjell i sør, et høybrekk på Noredalsveien omtrent 250 m vest for avkjørselen til Sviland, et høybrekk på Noredalsveien like før undergangen i øst og et høybrekk i nord gjennom landbruksarealet.

Nedslagsfelt 3a avgrenses av et høybrekk i enden av dalen mellom Ognafjellet og Ranglefjellet og en terskel som er bygd i sørenden av dalen. Denne dalen brukes til lagring av finpartikulære restmasser fra vaskeanlegget. Dette området kommer til å refereres til som «slamlagunen». Nedslagsfelt 3b inkluderer massefyllingen. Landsbruksområdene mellom nedslagsfelt 1 og 3a/3b

avskjæres med grøfter slik at disse ikke drenerer til sedimenteringsbassenget. Landbruksområdene er derfor ikke tatt med i denne rapporten.

Videre skal det gis en nærmere hydrologisk beskrivelse av nedslagsfeltene. For å gjøre beskrivelsen lettere, ble nedslagsfeltene delt inn i flere delområder, som vist i figur 3.



Figur 3. Inndeling av nedslagsfeltene.

2.2 Hydrologisk beskrivelse av nedslagsfelt

Nedslagsfeltene knyttet til Veldes anlegg er av ulik karakter og ble derfor delt inn slik som vist i figur 3. Inndelingen brukes i denne beskrivelsen og er basert på ulike hydrologiske egenskaper. Brudd-området ble delt inn i betongspyleplass, vaskeanlegg, produksjon, parkering/administrasjon og lager. Selv om disse delområdene har tette flater og nokså like hydrologiske egenskaper, ble det allikevel valgt å dele disse inn basert på funksjonen som kan være knyttet til ulik partikkelavrenning. I tillegg ble slamlagunen merket som et eget delområde, da denne hovedsakelig har en lagringsfunksjon og mer kontrollerte inn- og utløp. Videre ble flatene delt inn i landbruk, vegetasjon og vegetasjon i kombinasjon med fjell. Disse gruppene er også nokså like, men det vil være forskjell i både avrenningshastigheter og infiltrasjonskapasitet. Selv om vegetasjon på fjell kan holde tilbake en del vann og forsinke dets avrenning, er infiltrasjonskapasiteten ofte liten grunnet lite jordmasser over fjellet. I tillegg vil stort fall redusere infiltrasjon i grunnen samt øke avrenningshastigheten. Landbruksområder har høyere infiltrasjonskapasitet enn vegetasjon på fjell, men ofte høyere avrenningshastigheter enn naturlige vegetasjonsflater. Sistnevnte skyldes at en forholdsvis jevn overflate med lav vegetasjon, vil forsinke avrenningen i mindre grad enn ujevne overflater med små groper, stein og høyere vegetasjon. Naturlige vegetasjonsflater med ujevne overflater, groper, stein og høyere vegetasjon vil dermed ha høyest infiltrasjonshastighet og lavest avrenning.

2.2.1 Brudd-området/nedslagsfelt 1

Nedslagsfelt 1 er preget av mye tette flater da store deler av bruddet er asfaltert eller støpt med betong. Dette fører til lite infiltrasjon av nedbør og dermed mye avrenning. Nordvest delen er preget av noe landbruk og fjell (Kjølen).

Innenfor bruddet ved betongspyleplassen finnes det to sedimenteringsbasseng– ett mindre basseng til vaskevann fra betongbiler og ett større basseng som samler opp avrenning fra tilknyttete områder samt utløpet fra sedimenteringsbasseng for vaskevann. Det større bassenget refereres til som «synken».

Etter restbetong fra bilene har blitt tømt til blokkproduksjon, vaskes bilene med omtrent 1000 liter vann som tømmes i det mindre bassenget. Her vil partiklene kunne sedimentere før vannet ledes videre til Synken.

Synken har blitt sprengt ut til en størrelse på 100 x 60 m x 15 m midt i bruddet og samler opp avrenning fra bruddområdet. For å redusere forbruk av vann kjøpt fra Sandnes kommune, gjenbrukes en stor del av vannet fra Synken innenfor bruddet. Dersom det er nødvendig pumpes vann fra synken videre til sedimenteringsbassenget ved porten i tørre perioder, slik at denne har god kapasitet til å holde tilbake vann i perioder med mye nedbør.

Vaskeanlegget har et eget sedimenteringsbasseng som renser vann fra vaskeprosessen. Renset vann og mindre deler avrenning fra vaskeanleggs-området gjenbrukes i vaskeprosessen og blir ikke ledet videre. Finpartikulære restmasser fra vaskeanlegget pumpes ved hjelp av vann til slamlagunen for sedimentering. Dette utgjør omtrent 60 m³/h og det pumpes 7,5 timer per døgn. Utløpet fra slamlagunen pumpes så tilbake til Synken.

2.2.2 Øst for Husafjellet/nedslagsfelt 2

Nedslagsfelt 2 består av vegetasjonsområder/fjellområder og landbruk med god infiltrasjonskapasitet.

Innenfor nedslagsfelt 2 finnes det ett sedimenteringsbasseng ved hovedporten til Veldes anlegg. Sedimenteringsbassenget håndterer vann fra en liten del av administrasjonsområdet og utløpsvann fra Synken (som beskrevet under 2.2.1) før dette ledes videre i en 800 mm overvannsledning til sedimenteringsbassenget ved massefyllingen.

Området sør for Noredalsveien drenerer mot veien i nord og samles i lavbrekket som befinner seg omtrent 150 m øst for avkjørselen til Sviland. Sandfangsluk langs veien tar unna vannet i lavbrekket og leder dette videre til Ø800 mm overvannsledningen som går fra sedimenteringsbassenget ved porten til sedimenteringsbassenget ved massefyllingen.

Området øst for Husafjellet og landbruksarealet i nord og i øst drenerer mot lavbrekket og sedimenteringsbassenget ved porten. Herfra ledes vannet videre i den Ø800 mm overvannsledningen til sedimenteringsbassenget ved massefyllingen.

2.2.3 Massefylling/nedslagsfelt 3

Nedslagsfelt 3 består av deponi, fjellområder og landbruk.

Dalen mellom Ognafjellet og Ranglefjellet brukes til lagring av finpartikulære restmasser fra vaskeanlegget. I tillegg vil vann fra fjellsidene samles i dalen. En terskel i enden av slamlagunen holder tilbake slammet og filtrerer vannet før dette pumpes tilbake til synken. Slamlagunen forsinker avrenning fra fjellsidene og kan holde tilbake en del vann ved større regnskyll.

Avrenning fra et lite område sør for massefyllingen renner mot sedimenteringsbassenget.

Massefyllingen består av mye løse masser og er preget av et stort fall. Avrenning fra massefyllingen drenerer til sedimenteringsbassenget. Fallet reduserer infiltrasjonskapasiteten og øker avrenningshastigheten mot sedimenteringsbassenget. Det er derfor etablert et sand-/steinfilter mellom massefyllingen og sedimenteringsbassenget som reduserer vannhastigheten og holder tilbake en del partikler.

Sedimenteringsbassenget som er plassert ved foten av massefyllingen er siste grensepunkt for vannet før dette slippes ut i innløpsbekken til Grunningen. Vannet renner over en terskel og via en Ø800 mm åpning ut av bassenget. Det er plassert en målestasjon i utløpet av bassenget som måler vannføring, pH og turbiditet kontinuerlig.

3 Partikkelkilder

For å kunne relatere avrenning fra Veldes anlegg til partikkelutslipp må det ses på ulike kilder av partikler innenfor nedslagsfeltene. Det skal gis en oversikt over mulige partikkelkilder innenfor de tre nedslagsfeltene.

3.1 Brudd-området/nedslagsfelt 1

Kjølen er preget av godt etablert vegetasjon på faste fjellmasser. Det er lite løse masser og dermed også lite mulighet for partikkeltransport fra fjellområdet.

Landbruksarealet er lite og godt etablert over mange år. Jordet brukes til grasproduksjon og blir dermed ikke pløyd årlig. Transport av partikler fra åpne jordbruksflater er dermed ikke et problem. Da jordet har vært brukt til dette formålet i mange år, er rotsystemet godt etablert. Sistnevnte reduserer risikoen for partikkelavrenning ytterlig.

Ved vaskeanlegget vaskes og sorteres masser inni størrelsesfraksjoner som lagres og gjenbrukes. Fraksjonene som produseres består av løse masser, noe som kan føre til transport av partikler ved nedbør. Massene lagres allikevel på adskilte plasser og beskyttes i stor grad mot avrenningen. I tillegg gjenbrukes noe fra avrenningen i vaskeprosessen. Finpartikulære restmasser pumpes til slamlagunen og kan dermed ikke renne av området.

Parkeringsplassen/lagringsplassen i nord består hovedsakelig av tette flater og noe løse masser. Løse masser kan transporteres videre med regnet til Synken. Arealet er dog så lite, at dette ikke vil være av stor betydning.

Det som defineres som «Lager» i figur 3 er et stort område som både inkluderer kjøreveier og tette flater for lagring av salgsvarer. Det er en stor andel løse masser innenfor dette område. Massene er allikevel adskilt med murer og i stor grad beskyttet mot avrenning. I tillegg er hoveddelen store fraksjoner og lite finmasser.

Ved betongspyleplassen vaskes betongbiler med vann som tømmer vaskevannet i sedimenteringsbassenget. Bassenget er godt beskyttet mot ytre vannstrømmer og har god kapasitet. Vaskevannet vil dermed ikke ha en direkte innvirkning på partikkeltransport fra overflater. Det er allikevel en stor andel fine partikler i vaskevannet som ikke sedimenterer like fort som tilslaget. Disse ledes videre til Synken for ytterlig sedimentering. Den største utfordringen med tanke på partikkelavrenning er sedimentene fra bassenget som mellomlagres i nærheten av betongspyleplassen. Sedimentene er dog plassert slik at bortledning av partikler under nedbørshendelser unngås i størst mulig grad.

I produksjonsområdet er det en del løse masser som kan bidra til partikkelavrenning under nedbørshendelser. Andelen finmasser er dog liten. Avrenningen ledes via sandfangsluk til Synken, slik at partikler allerede kan sedimentere i sandfangslukene før vannet ledes videre.

Da en stor del av avrenningen innenfor bruddområdet ledes via Synken og gjenbrukes, vil denne bidra i mindre grad til partikkelavrenning til andre nedslagsfelt. I tillegg beskyttes mye av løse masser med murer for å unngå at disse skylles bort ved regnhendelser. Finpartikulære masser som ofte kan være vanskelig å sedimentere transporteres direkte til slamlagunen med lang oppholdstid. Utløpet pumpes så tilbake til Synken for ytterlig sedimentering.

3.2 Øst for Husafjellet/nedslagsfelt 2

Nedslagsfelt 2 er preget av landbruk, vegetasjonsområder og fjell. Som beskrevet under 3.1 vil fjell bidra lite til partikkelavrenning. Landbruksjord og vegetasjonsområder i nedslagsfelt 2 er også godt etablert med etablerte rotsystemer, slik at dette ikke anses som en kilde for partikler. Slitasje fra Noredalsveien kan være en kilde for partikler, men veiarealet som inngår i nedslagsfelt 2 er lite.

3.3 Massefylling/nedslagsfelt 3

Nedslagsfelt 3 er preget av fjellandskap, vegetasjonsområder og massefylling. Som beskrevet under 3.1 og 3.2 vil ikke fjellområder og godt etablerte vegetasjonsområder utgjøre en kilde for partikler.

Slamlagunen består av mye finpartikulære masser og det ble derfor gjort flere tiltak for å hindre utslipp av finpartikler fra slamlagunen. Sandterskelen i utløpet av slamlagunen filtrerer vannet før utslipp, noe som reduserer videre transport av finpartikler. I tillegg ligger innløpet til slamlagunen innerst i dalen, noe som øker oppholdstiden og dermed sedimenteringskapasiteten. Videre sedimentering i Synken vil også bidra til ytterlig fjerning av finpartikler.

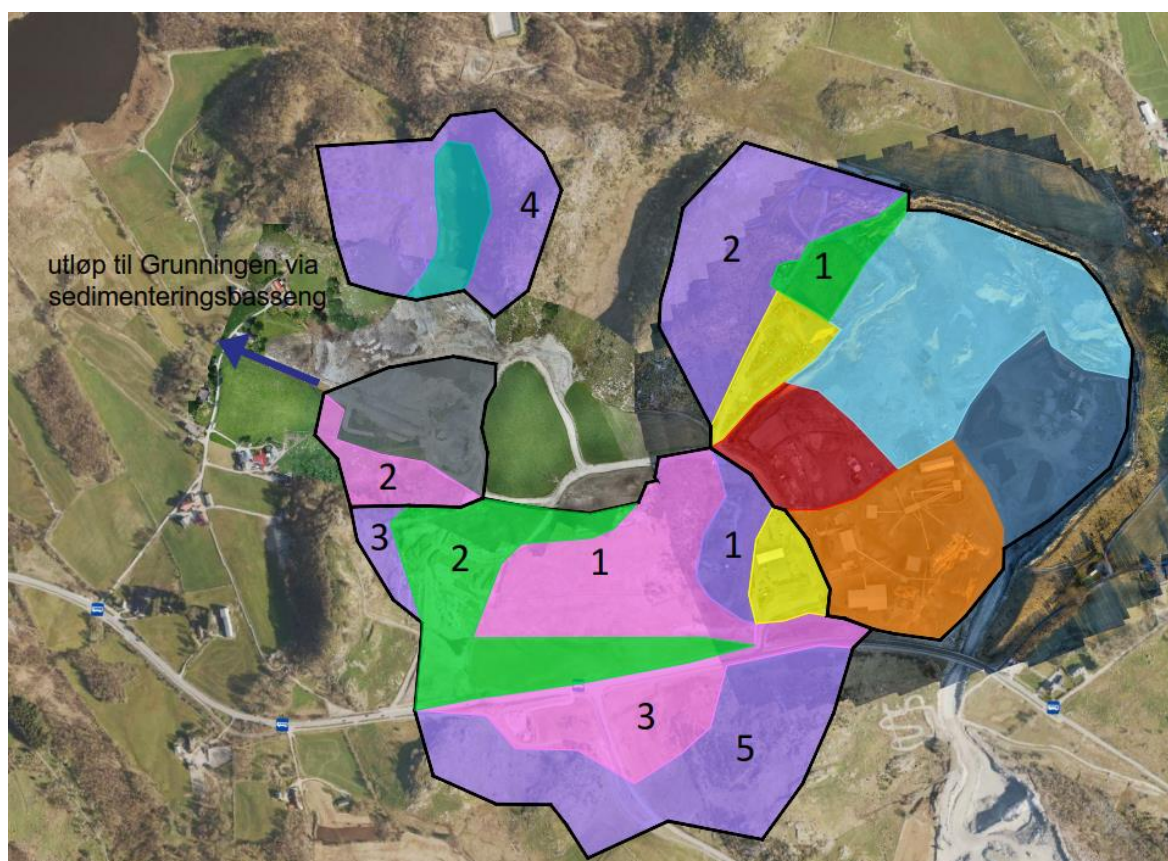
Selve massefyllingen anses som den største kilden til partikler i nedslagsfelt 1 da denne har en stor helning og består av løse masser. Et stort fall vil også bidra til større avrenningshastigheter og dermed økt transport av partikler. For å hindre høy tilførsel av partikler fra massefyllingen ble det etablert en terskel av sand og stein som reduserer vannhastigheten og filtrerer vannet før dette ledes til sedimenteringsbassenget.

4 Hydrologisk modell

For å modellere avrenningen fra Veldes område ble EPA SWMM benyttet. SWMM (storm water management model) er en hydrologisk modell som kan brukes til å simulere avrenning fra overflater. Programmet er utviklet av EPA (Environmental Protection Agency). SWMM opererer med del-nedslagsfelt (subcatchment) som kan defineres med en rekke inngangsparameter. Et regnhyetogram for det aktuelle området legges inn og brukes til å generere avrenning fra de ulike del-nedslagsfeltene. Transport av vann kan legges inn på bakken, eller via ledninger, kanaler og lagringsenheter. Basert på inngangsdata, kan SWMM beregne avrenningen fra hvert delområde for en gitt simuleringsperiode.

4.1 Arealinndeling

For å kunne modellere avrenning fra Veldes anlegg ble denne delt inn i delområder som vist i figur 4. Da det ble delt inn i flere delområder for landbruk, vegetasjon og vegetasjon med fjell, ble disse delområdene også merket med tall 1-5. Denne inndelingen ble også lagt inn i modellen.



Figur 4. Inndeling i del-nedslagsfelt.

4.2 Inngangsparametre

For at modellen skal oppføre seg så realistisk som mulig, må del-nedslagsfeltene defineres med ulike parametre. SWMM's brukermanual definerer verdier for ulike parametre under ulike forhold. Verdiene fra SWMM ble brukt i kombinasjon med verdier fra VA-normer og egen erfaring. Verdier brukt for ulike del-nedslagsfelt er gitt i tabell 1. Området som er markert som slamlagune, inngår i «Vegetasjon_fjell_4» i tabell 1. Verdier definert inkluderer:

1. Areal
2. Bredde som beregnes ved å dele arealet på den gjennomsnittlige tilrenningslengden
3. Gjennomsnittlig fall
4. % Imperv som sier noe om andelen av impermeable flater
5. Manningstall (M-tall) for overflater som sier noe om ruhet på overflater
 - a. For impermeable flater ble dette satt til 0,01
 - b. For permeable flater ble dette satt til 0,15
6. Depression storage (D-store) som sier noe om hvor mye vann som kan lagres i overflaten
 - a. For impermeable flater ble denne satt til 5 mm
 - b. For permeable flater ble denne satt til 100 mm
 - c. For vegetasjonsområder ble denne satt til 200 mm
7. % Zero – Imperv som sier noe om hvor stor andel av de impermeable flater som ikke kan lagre vann

Tabell 1. Inngangsparametre del-nedslagsfeltene.

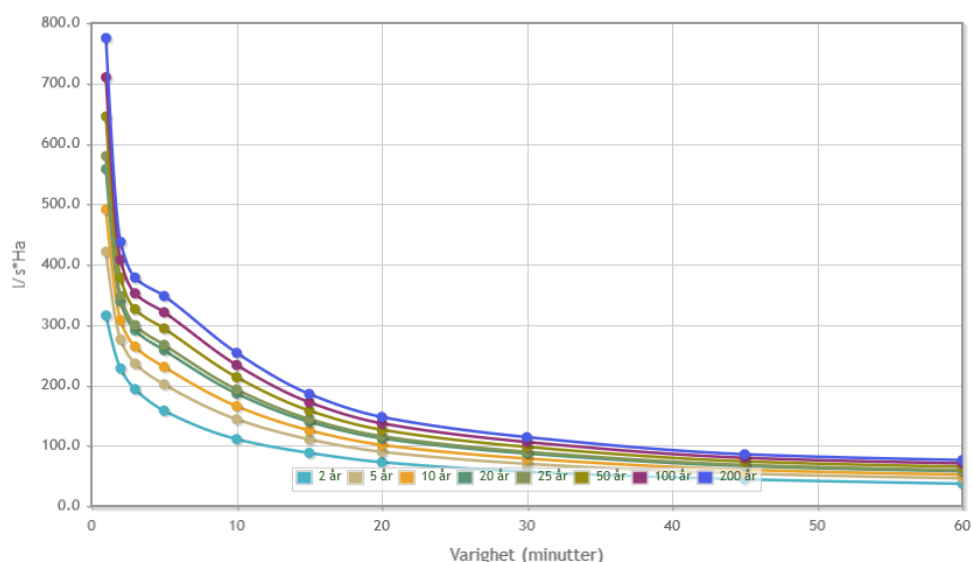
Verdi Delområde	Areal (ha)	Bredde (m)	Fall (%)	%-Imperv	%0-Imperv
Betongspyleplass	3,5	120	0,05	90	5
Massefylling	3,7	142	10	60	5
Lager	11,5	220	3	90	5
Vaskeanlegg	5,6	164	0,05	90	20
Parkering nord i nedslagsfelt 3	1,9	70	2	90	10
Parkering/admin.	1,6	95	3	90	30
Produksjon	6,9	195	0,05	90	20
Landbruk_1	1,6	65	2	20	5
Landbruk_2	7,5	127	1,2	20	5
Vegetasjon_1	14,7	335	4	20	5
Vegetasjon_2	1,8	58	10	20	5
Vegetasjon_3	5,6	94	3	20	5
Vegetasjon m/fjell_1	1,8	70	6	30	5
Vegetasjon m/fjell_2	7,4	163	18	30	5
Vegetasjon m/fjell_3	0,9	45	5	30	5
Vegetasjon m/fjell_4	4,3	116	40	30	5
Vegetasjon m/fjell_5	9,6	246	3	30	5

Andre verdier som ble definert i SWMM er:

1. Infiltrasjonsmetoden ble valgt basert på Horton likningen. Denne baserer seg på at infiltrasjonsraten synker eksponentielt fra et maksimum til et minimum i løpet av en regnhendelse.
2. Regnhyetogrammet er basert på IVF-kurven for Rovik. Det ble lagt inn 20-års nedbør.
3. Kumhøyder ble satt til 3 m
4. Rørledninger ble definert som sirkulære med et manningstall på 0,013
5. Gjenbruk innenfor brudd-området er definert ved å sende 75 % av avrenningen fra gjenbruksflatene ut av modellen.

4.3 Modellregn

For å simulere en regnhendelse ble det laget et regnhyetogram basert på IVF-kurven for Rovik. IVF-kurvene ble hentet fra det meteorologiske institutt og er vist i figur 5. Kurven for 20-års nedbør ble lagt til grunn i SWMM-modellen.



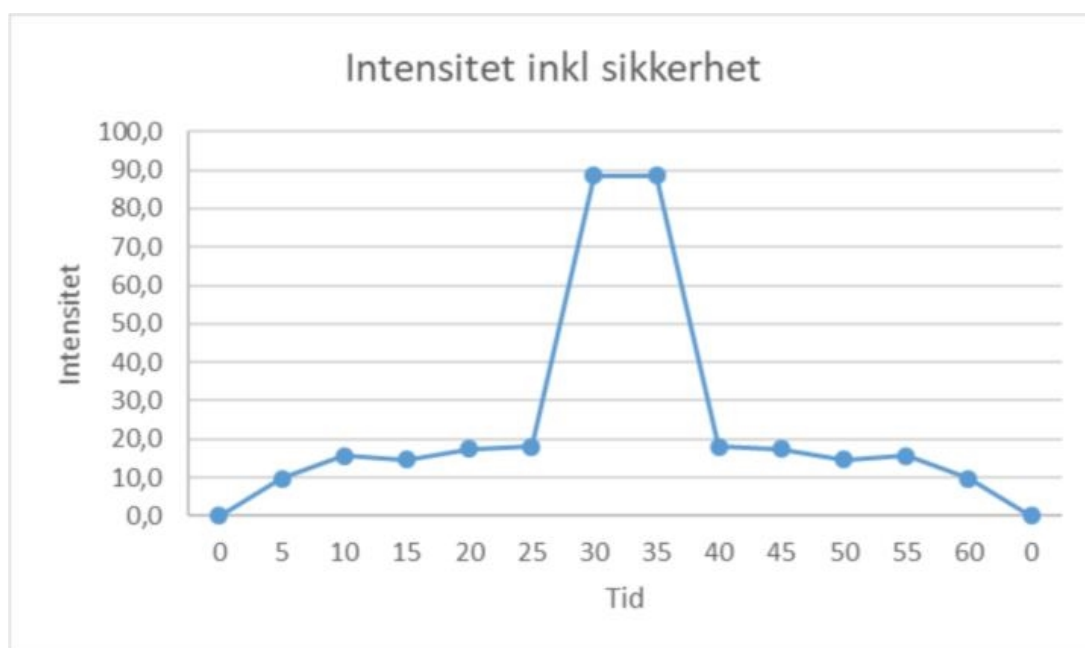
Figur 5. IVF kurve for Rovik (Sandnes) Kilde:MET.no.

Regnintensiteten ble beregnet for én time med 5-minutters intervaller som er vist i tabell 2. En sikkerhetsfaktor på 1,2 ble tatt med i beregningene. Regnhyetogrammet er vist i figur 6.

Tabell 2. Verdier for regnhyetogrammet.

Tid (min)	Intensitet (mm/time)
0	0
5	9,8
10	15,7
15	14,7
20	17,4
25	18,1

30	88,5
35	88,5
40	18,1
45	17,4
50	14,7
55	15,7
60	9,8
65	0

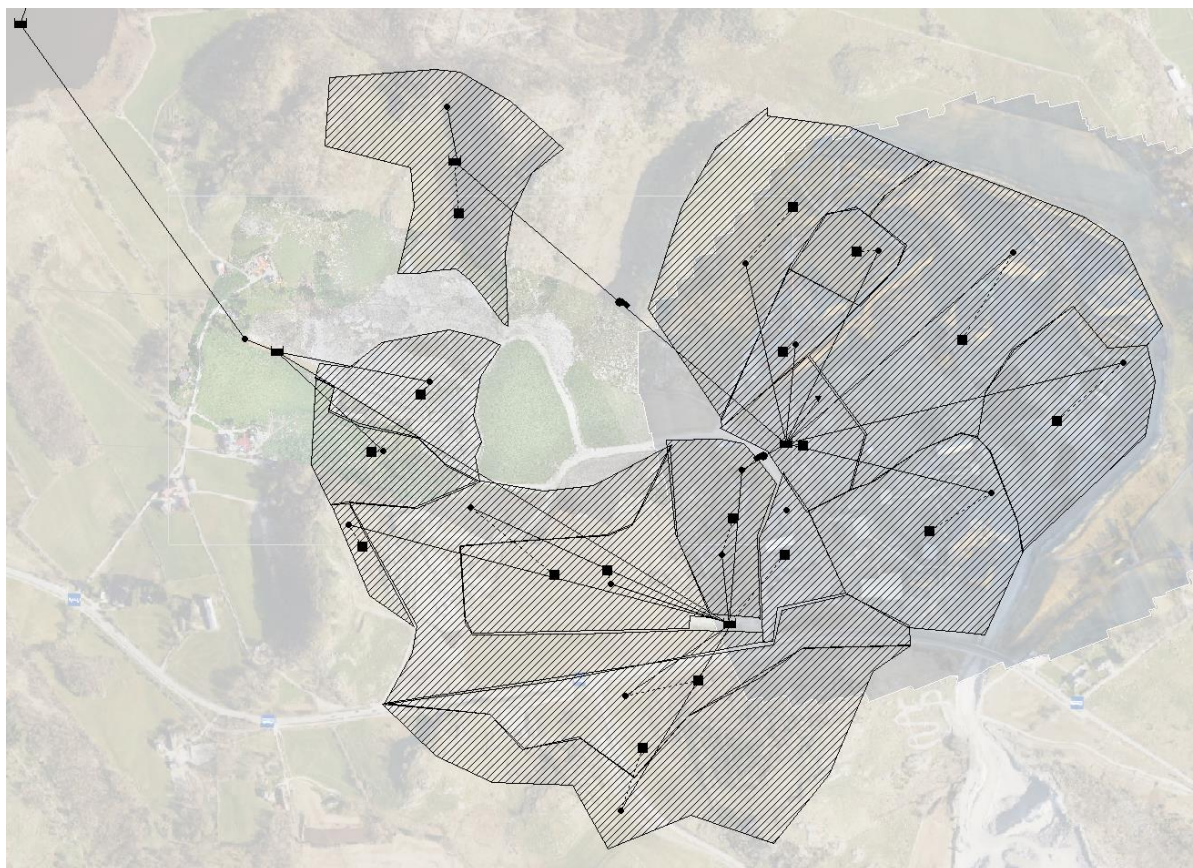


Figur 6. Regnhyetogram for Rovik.

4.4 Resultater

Oversikt over modellen er vist i figur 7, hvor flater og nedslagsfelt er definert.

Sedimenteringsbassengene er lagt inn som lagringsenheter og vises som knutepunkter i figur 7.



Figur 7. Oversiktsbilde fra SWMM-modell.

I modellen er det mulig å simulere avrenningen fra flatene for regnhendelsen som er lagt inn (Rovik). Dette vises ved at flatene farges, avhengig av hvor stor avrenningen er. Forandringen av avrenningen kan på denne måten følges for hvert 5. minutt. I dette kapittelet er det valgt å presentere maksimale avrenningsmengder fra flatene (tabell 3), samt maksimal vannføring ut av sedimenteringsbassengene og når denne verdien er oppnådd (tabell 4). Dette regnes som de viktigste resultatene for å kunne vurdere partikkelavrenningen nærmere.

Tabell 3. Maksimal avrenning fra del-nedslagsfelt.

Delområde	Maks. avrenning (l/s)
Betongspyleplass	227
Deponi	542
Lager	1866
Vaskeanlegg	338
Parkering nord i nedslagsfelt 3	358

Parkering/admin.	342
Produksjon	404
Landbruk_1	80
Landbruk_2	346
Vegetasjon_1	719
Vegetasjon_2	88
Vegetasjon_3	270
Vegetasjon m/fjell_1	133
Vegetasjon m/fjell_2	545
Vegetasjon m/fjell_3	65
Vegetasjon m/fjell_4	317
Vegetasjon m/fjell_5	694

Tabell 4. Maksimal vannføring i utløpet av sedimenteringsbasseng, samt tid ved maks. utløp.

	Maks. utløp (l/s)	Tid ved maks. utløp
Sedimenteringsbasseng porten	1263	00:43
Sedimenteringsbasseng massefylling	1342	00:47

Tabell 3 viser at Lager-området har størst avrenning, men dette området har også størst areal. Når avrenningen følges i modellen, øker avrenningen fortest fra flatene fra nedslagsfelt 3, samt bruddområdet. Dette skyldes nok forholdsvis stort fall fra fjellssidene i nedslagsfelt 3 og mye tette flater i nedslagsfelt 1. Avrenning fra flatene i nedslagsfelt 3 synker også fortest igjen etter omtrent 1:50 timer, bortsett fra deponiet. Etter omtrent 2:30 timer synker også avrenning fra nedslagsfelt 2 og 3 betydelig.

Tabell 4 viser at maksimal utløpsmengde i sedimenteringsbassengene ved porten og ved massefyllingen skjer etter omtrent 43 min etter regnsimuleringen er startet. Dette stemmer bra med regnhyetogrammet og tyder på at SWMM klarer å simulere en viss forsinkelse. Utløpsmengde i synken har vært 0 l/s i simuleringsfasen, da det ble lagt inn at pumpa fra Synken først starter når vannspeilet er 2 m lavere enn topp terrenget. Da pumpa ikke startet i simuleringen, tyder dette på at Synken kunne fordrøye hele avrenningen fra en regnhendelse med 20 års gjentakelsesintervall.

Det må allikevel tas hensyn til at vannmengdene vist i tabell 3 og 4 er for et 20 års regn, dvs. et regn som skjer én gang per 20 år. En «vanlig» regnhendelse som kan skje flere ganger i løpet av et år vil ikke kunne generere så store vannmengder som er vist i tabell 3 og 4. I tillegg vil vann som kommer fra vegetasjonsområder forsinkes mer enn det som kan modelleres i SWMM. I realiteten er det små groper, stein og andre hinder som vil holde tilbake vann og lagre vann. Dette kan dog ikke legges inn i SWMM-modellen. Modellen er allikevel god til å kunne gi en innsikt i avrenningen og særlig om tiltak kan føre til reduksjon av vannmengder i tabell 4.

5 Partikkelavrenning

Dette kapittelet skal gi en oversikt over sammenhengen mellom partikkelkilder beskrevet i kapittel 3 og resultater fra SWMM-modellen beskrevet i kapittel 4. Videre gis det en oversikt over analyseresultater av målt suspendert stoff konsentrasjon i utløpet av sedimenteringsbassenget ved tippen, samt resultater fra den kontinuerlige målingen av turbiditet og vannføring i utløpet av sedimenteringsbassenget.

I vurdering av partikkelavrenningen er det fire hovedprinsipp som skal legges til grunn:

1. Jo mindre partiklene er, jo lettere skylles disse av flatene
2. Jo mindre partiklene er, jo lengre blir disse transportert
3. Jo mindre partiklene er, jo lavere sedimenteringshastighet har de
4. Jo mer vann som ledes gjennom et sedimenteringsbasseng, jo mindre oppholdstid har vannet og jo mindre sedimenteringstid har partiklene

5.1 Partikkelavrenning fra nedslagsfeltene

Avrenning fra brudd-området er relativt høy, da dette er preget av mye tette flater. Særlig lager-området bidrar mye til avrenningsmengder. Lagring av løse masser i lager- og vaskeanleggsområdet er dog delt inn med murer og er dermed mindre utsatt for å bli skylt bort i store nedbørsituasjoner.

Avrenning fra Kjølen er høy med 545 l/s, men fjellområder anses ikke som en betydelig partikkelkilde. Vannet fra Kjølen renner allikevel via parkeringsplassen i nord til Synken, hvorfra det kan ta med seg en del partikler. Parkeringsplassen anses dog ikke som en stor kilde for partikler. I tillegg samles vannet fra Kjølen, landbruksområdet og parkeringsplassen i Synken hvor partikler kan sedimentere.

Da avrenning fra bruddet, bortsett fra produksjons- og administrasjonsområdet, renses i Synken og gjenbrukes til stor grad, anses ikke disse flatene til å bidra betydelig til partikkelavrenning.

Kilder til finpartikler er vaskeanlegget som skiller ut den minste fraksjonen som ikke kan gjenbrukes. Dette pumpes dog til slamlagunen og tilbake til Synken, slik at partiklene har lang oppholdstid totalt sett. I tillegg inneholder vaskevann fra betongbiler finpartikler, men også vaskevannet ledes videre til Synken med lang oppholdstid.

Avrenning fra dalen mellom Ognafjellet og Ranglefjellet vil bidra til vannmengden som håndteres i slamlagunen. Terskelen i enden av slamlagunen sørger for et bra fordrøyningsvolum av både avrenning fra fjellsidene og restmassene fra vaskeanlegget. I tillegg sedimenterer partikler ytterligere i Synken.

Tippen/massefyllingen inneholder mye løse masser slik at en stor andel partikler kan bli ledet videre til sedimenteringsbassenget i regnværperioder. En sand/steinfilter i enden av tippen reduserer allikevel vannhastigheten og filtrerer bort større partikler.

Partikkelkilder fra nedslagsfelt 2 er lite, da mye av flatene består av fjellområder og godt etablert vegetasjon og landbruk. Slitasje fra Noredalsveien kan bidra noe til partikkelavrenning, men veivannet blir både renset i sandfangsluk og gjennom sedimenteringsbasseng ved porten før dette ledes videre vestover.

5.2 Sedimenteringsbasseng ved tippen

I dette kapittelet skal det ses nærmere på rensegraden av sedimenteringsbassenget ved tippen og hvilke faktorer som kan ha en negativ innvirkning på rensegraden.

I tabell 5 er det gitt prøveresultatene av suspendert stoff i utløpet av sedimenteringsbassenget ved tippen fra og med uke 1 i 2020. Målecontaineren tar prøver i utløpet av bassenget proporsjonalt med vannføringen. Vannprøvene samles i én beholder og tas prøve av én gang i uka. Prøvene sendes til Eurofins for analyse av suspendert stoff og turbiditet.

Tabell 5. Konsentrasjoner av suspendert stoff for sedimenteringsbasseng ved tippen

Uke	Suspendert stoff (mg/l)	Turbiditet (FNU)
1	2,2	25
2	370	460
3	160	190
4	60	91
5	87	190
6	100	140
7	130	170
8	63	80
9	20	33
10	77	91
11	69	91
12	32	47
13	15	39
14	35	51
15	14	22
16	7,5	17
17	18	35

I tillegg til blandingsprøver i utløpet av sedimenteringsbassenget er det tatt stikkprøver hver mandag følgende plasser:

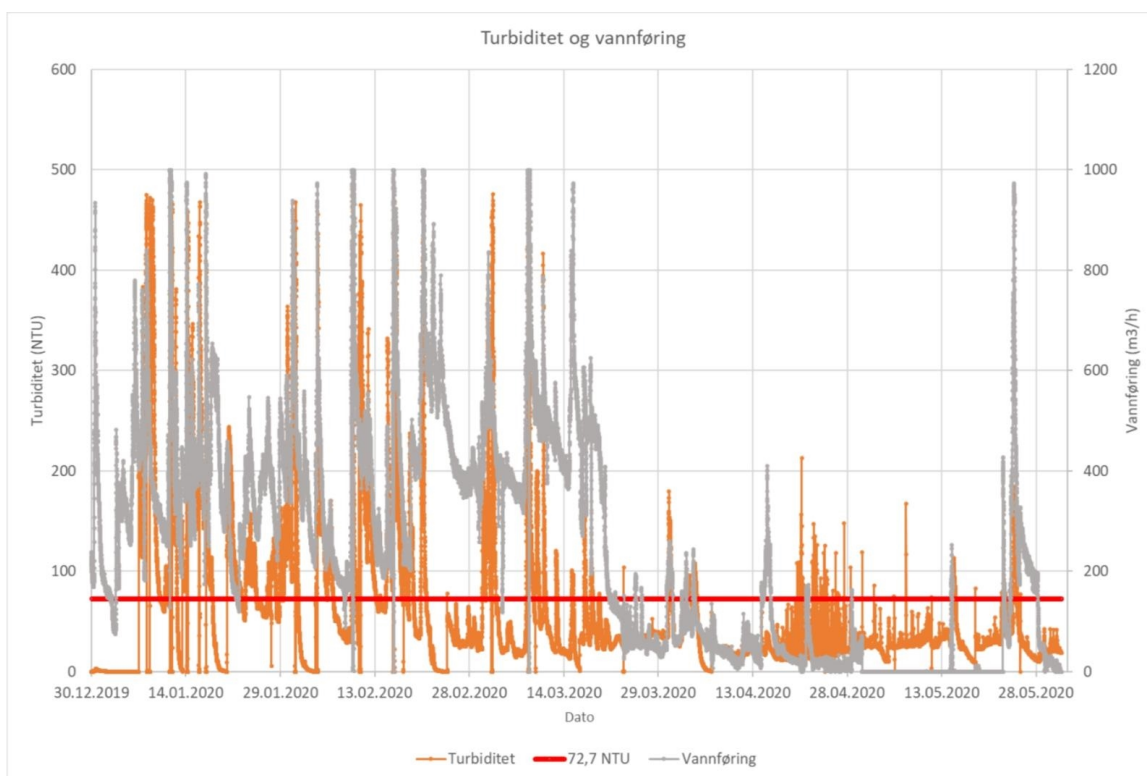
- I Synken
- I innløpet til sedimenteringsbassenget ved tippen (prøve tatt fra Ø800 mm)
- Overvann som renner til sedimenteringsbassenget fra tippen
- I innløpet til sedimenteringsbassenget ved porten.

Prøvene er tatt fra og med den 17.02.2020 for å lettere kunne fastslå hvor partikkelavrenningen er størst. Resultatene er presentert i tabell 6. Fra og med den 23.03.2020 er det ikke tatt prøver i Synken, da det ikke var nok vann i bassenget.

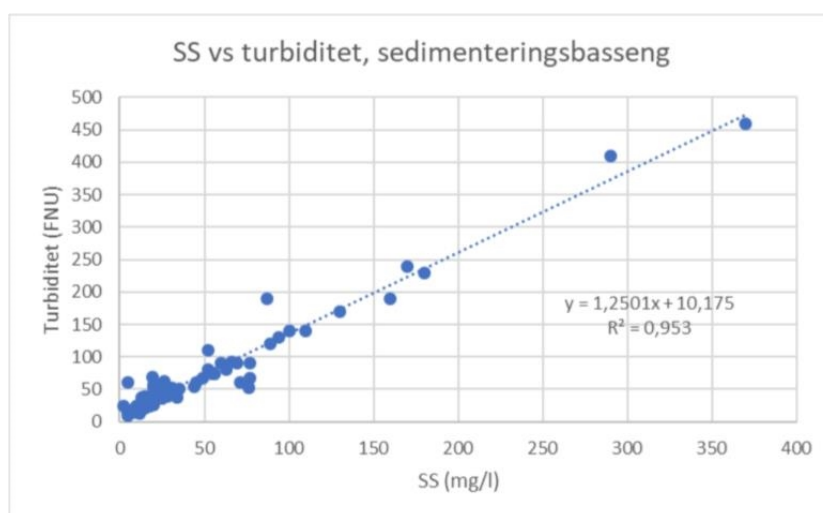
Dato	SS (mg/l) i innløp sed.basseng (Ø800 mm)	SS (mg/l) i innløp sed.basseng ved porten	SS (mg/l) Avrenning fra tippet	SS (mg/l) i Synken
17.02.2020	28	180	170	32
21.02.2020	150	340	4900	22
24.02.2020	25	33	100	24
02.03.2020	54	48		13
09.03.2020	33	510	260	27
16.03.2020	24	20	56	6,5
23.03.2020	18	11	25	
30.03.2020	300	200	19	
06.04.2020	5,7	84	15	
14.04.2020	17	6,9	12	
20.04.2020	11	9	11	
27.04.2020	2,0	61	14	
04.05.2020	23		42	
11.05.2020	13		12	
18.05.2020	24	23	10	
25.05.2020	21	36	36	
02.06.2020	29	3,7	9,1	

Fra tabell 6 kommer det tydelig frem at partikkelinnholdet i avrenningen fra tippet har blitt kraftig redusert etter steinfilteret ble utvidet med et sandfilter i bunnen av tippet. Målinger i Synken har ikke vært høyere enn 50 mg/l, noe som tyder på at denne har god effekt på partikkelfjerning. Videre vises det at høye SS-konsentrasjoner i innløpet til sedimenteringsbassenget ved porten vanligvis ikke har ført til høye suspendert stoff konsentrasjoner i innløpet til sedimenteringsbassenget ved tippet, noe som tyder på at sedimenteringsbassenget ved porten fungerer bra. Et unntak er målingen fra den 30.03.20 i uke 13, men ukesprøven fra utløpet i sedimenteringsbassenget var kun på 15 mg/l og turbiditetesverdier den 30.03 var også lave rundt 35 NTU.

Målecontaineren måler også turbiditet og vannføring kontinuerlig hvert 5. minutt i utløpet av sedimenteringsbassenget ved tippet. Resultatene fra og med uke 1 i 2020 er oppsummert i grafen i figur 8. For å lettere kunne relatere turbiditetsverdier fra den kontinuerlige målingen til suspendert stoff konsentrasjoner, jobbes det med å finne et forholdstall mellom suspendert stoff konsentrasjonen og turbiditeten basert på prøveresultatene fra Eurofins. Figur 9 viser at en turbiditet på 72,7 tilsvarer en suspendert stoff konsentrasjon på 50 mg/l. 72,7 FNU er derfor markert med en rød linje i figur 8.



Figur 8. Måleresultater turbiditet og vannføring uke 1 til uke 22 i 2020.



Figur 9. Forholdstall suspendert stoff og turbiditet.

Resultatene viser at lokal håndtering av partikkelavrenning har en positiv effekt på renseseffekten i sedimenteringsbassenget ved tippet. Med lokal håndtering av partikkelavrenning menes her tiltak som Synken, sedimenteringsbassenget ved porten og etablering av stein-og sandfilteret ved tippet. De kontinuerlige målingene viser at sedimenteringsbassenget fungerer bra når vannføringen er lav, men i perioder med mye nedbør, øker turbiditeten i utløpet og dermed også suspendert stoff konsentrasjonen. Disse resultatene tyder derfor på at hovedårsaken til høyt utslipp av partikler til Grunningen er intensive regnskyll som fører til resuspensjon av partikler og skyller ut sedimenteringsbassenget.

5.3 Konklusjon

Basert på prøvene tatt fra sedimenteringsbassenget, resultater fra den hydrologiske modellen og vurdering av partikkelkilder er det fremkommet følgende hovedkonklusjoner:

1. Under store regnværshendelser skylls sedimenteringsbassenget ut.
 - a. Her spiller særlig avrenning fra nedslagsfelt 2 en stor rolle, da dette vannet inneholder mye ren avrenning fra vegetasjonsarealer, men bidrar til unødvendig belastning av sedimenteringsbassenget
2. Synken har et svært stort fordrøyningsvolum og bør pumpes ut i tørre perioder, slik at denne kan fordrøye regnhendelser og dermed redusere vannføringstopper i sedimenteringsbassenget.
3. For å unngå at sedimenteringsbassenget skylls ut, må nedslagsfeltet som drenerer til sedimenteringsbassenget reduseres.

6 Tiltak

Dette kapitlet skal gi en oversikt over tiltak som kan gjøres for å redusere partikkelavrenningen og redusere utslipp av partikler til resipienten. Det skal her deles inni tiltak som kan gjennomføres på kort sikt og tiltak som skal gjennomføres på lang sikt.

6.1 Tiltak på kort sikt

For å redusere vannmengder som ledes til sedimenteringsbassenget ved tippen, skal avrenning fra brudd-området snus mot Kyllesvatnet. For å sikre tilstrekkelig rensing av vann som ledes til Kyllesvatnet skal avrenning fra bruddet først ledes til Synken før dette pumpes videre til et sedimenteringsbasseng som plasseres i den østre delen av bruddområdet. Det store fordrøyningsvolumet i Synken gjør det mulig å kontrollere vannføringen til det nye sedimenteringsbassenget som dimensjoneres for 200 m³/h, slik at det ikke ledes mer vann til bassenget enn det dette er dimensjonert for. For å kunne håndtere 200 m³/h trengs et overflateareal på omtrent 560 m².

6.2 Tiltak på lang sikt

Etter avrenning fra brudd-området er snudd mot Kyllesvatnet, kan overvann fra nedslagsfelt 2 regnes som rent da feltet hovedsakelig inkluderer vegetasjonsområder og mindre deler veg og parkering. Det kan derfor ses på muligheter å lede den Ø800 mm overvannsledningen fra sedimenteringsbassenget ved porten forbi sedimenteringsbassenget ved tippen. Da er det kun selve massefyllingen og et lite vegetasjonsareal som ledes til sedimenteringsbassenget ved tippen.

Når massefyllingen skal avsluttes i 2032, er det ingen områder fra Veldes anlegg med driftsaktivitet som drenerer mot Grunningen lenger.