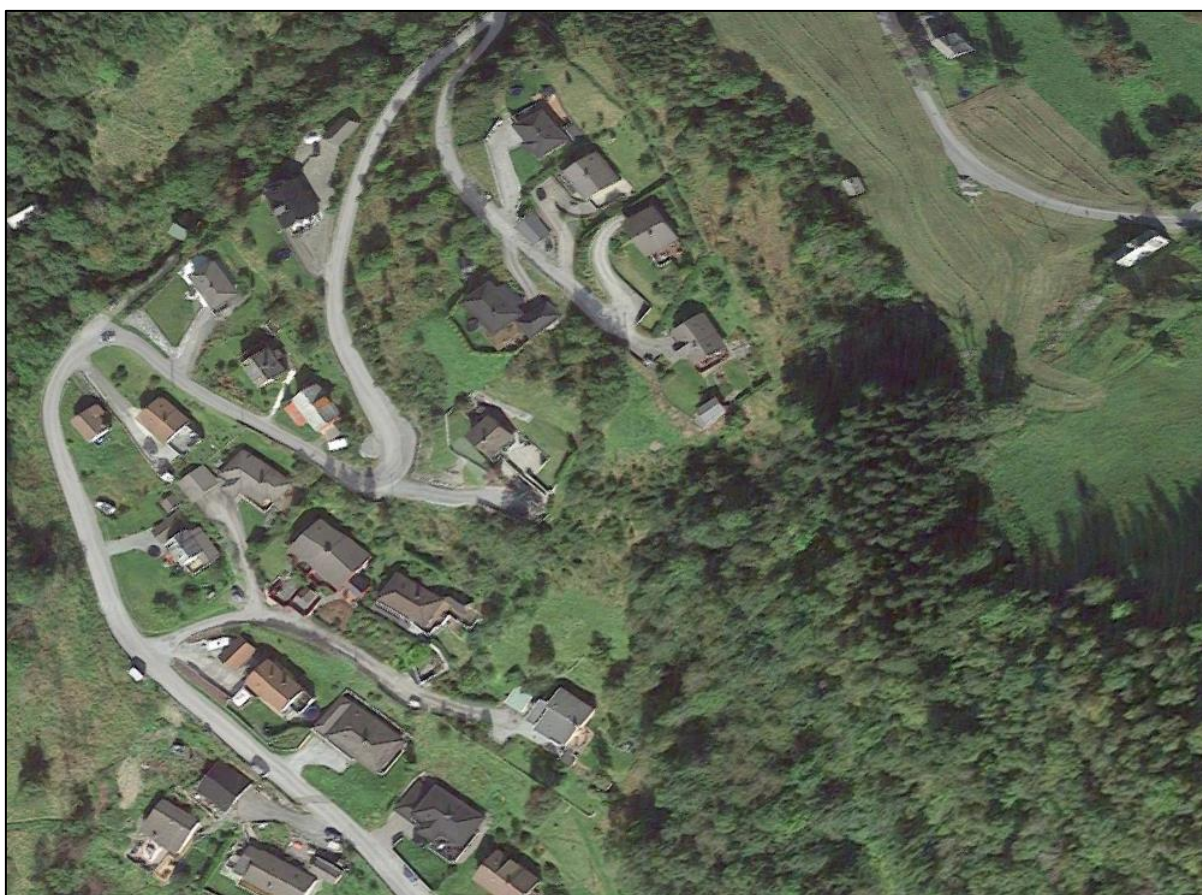


1. INNLEDNING

Denne overvannsrapporten skal vurdere overvannssituasjonen i området, og vurdere avrenningsmønster for overvann. Videre vil det bli presentert en kalkyle over de antatte mengdene med regnvann som vil belaste området. Hensikten er å identifisere tiltak som kan bidra til å senke risiko for nye hendelser.

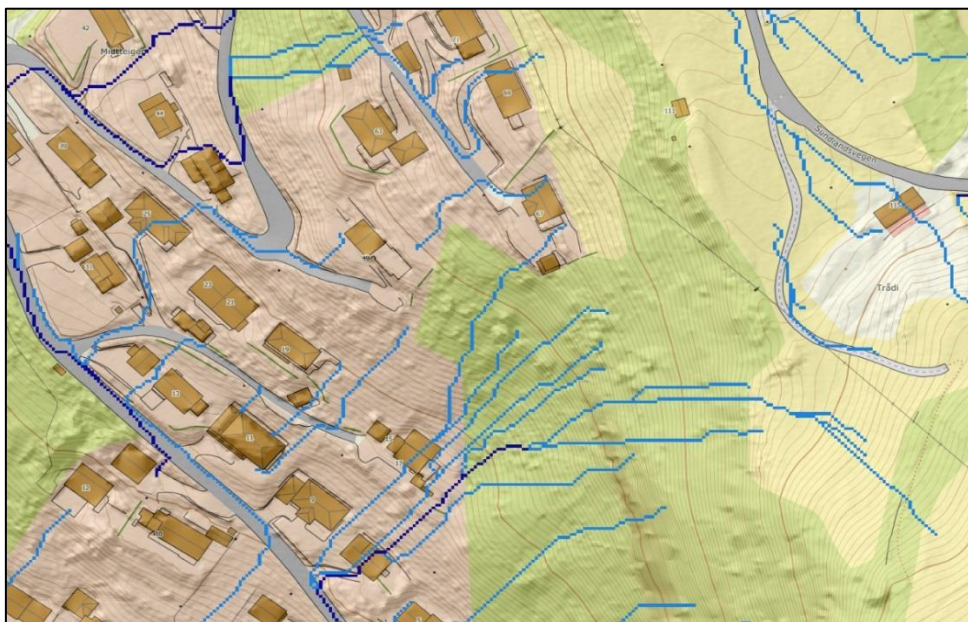
Området framstår som spredt eneboligbebyggelse med store deler grøntarealer. Området ligger i relativt bratt terreng.



Figur 1: Votlo. Boligområdet.



Figur 2: Votlo. Grøntområdet der hendelsen skjedde.



Figur 3: Avrenningsmønster for overvann på terreng. Linjene i figuren viser kun helning på terrenget og hvordan vannet ledes over terrengoverflaten. Det er ikke en figur som illustrerer bekker eller elver. Se også vedlegg

2. VURDERING AV OVERVANNSBELASTNING MOT MÅLEPUNKT

Under befaring på stedet torsdag 11.01 2018 ble det observert vann som fra omliggende terreng kom ut under vegoppbygning øverst i boligområdet. Merket med rød ramme i fig 5 under. For skredproblematikken i området er det essensielt å finne ut om det tilføres «ekstra» vann fra arealene over kanten, muligens langs en nedgravd vannledning som går opp skråningen krysser over kanten. Osterøy kommune foretok den 25. og 29. januar 2018 grove målinger av vann som kommer ut fra utløpet under vegen. Den 25. januar ble det målt 6 l/min, og den 29. januar ble det målt 12 l/min. Den 22 februar 2018 ble det også utført framgraving av vannledningen for å avdekke om denne leder vann fra ovenforliggende nedbørsområde ned til det aktuelle grøntarealet. Gravearbeidene konkluderte med at vannledningen og grøften ikke leder vann mellom nedbørsfeltene.

Teoretisk maksimalt nedbørsområde for det observerte overvannsutspringet er merket med blått. Det er ikke noen offisielle nedbørstasjoner med gode historiske data i dette området, og i Osterøy kommune sin VA-norm vises det til Bergen Sandsli som den mest representative målestasjonen. Fig 4. viser døgnverdier for nedbør i tidsrommet 20-29 januar 2018.04.20.

Dato	Nedbør
	Akkumulert nedbør i mm (målt kl 7 for siste 24 timer)
29. 01.18	11,3 mm
28. 01.18	23,0 mm
27. 01.18	1,1 mm
26. 01.18	8,9 mm
25. 01.18	15,1 mm
24. 01.18	13,3 mm
23. 01.18	1,1 mm
22. 01.18	0,0 mm
21. 01.18	0,1 mm
20. 01.18	4,6 mm

Figur 4: Nedbør Bergen Sandsli i tidsrommet 20 – 29. januar.



Figur 5: Teoretiske tilrenningsarealer av overvann til observert utløp under veg.

Det er videre gjort beregninger for å sammenligne observerte vannmengder med registrerte nedbørsdata for det aktuelle tidsrommet.

Osterøy kommunes VA-norm legges til grunn for beregningene.

Det er videre benyttet den rasjonelle metode for beregning av overvannsmengder for små, homogene nedbørsfelt ($A < 50$ ha) med en teoretisk nedbørsbelastning.

Rasjonelle formel: $Q = C * i * A * K_f$

- C: avrenningskoeffisient
- i: nedbørsintensitet (Basert på registrerte døgnerverdier)
- A: nedbørsfeltets areal
- K_f: klimafaktor

Basert på avrenningskart (fig. 5) er størrelsen på nedbørsfeltet som kan føre vann til observert utløp vurdert til 1450 m² (0,145 ha).

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

Figur 6: Avrenningskoeffisienter basert på terrengtype

Dato	20.01.2018	21.01.2018	22.01.2018	23.01.2018	24.01.2018	25.01.2018	26.01.2018	27.01.2018	28.01.2018	29.01.2018
Nedbør	4,6 mm	0,1 mm	0,0 mm	1,1 mm	13,3 mm	15,1 mm	8,9 mm	1,1 mm	23,0 mm	11,3 mm

Figur 7: Daglig målt nedbør i perioden 20. – 29. januar 2018

Som referanse viser mm til hvor høyt vannet i flytende form vil stå over bakken om det ikke synker i jorda, renner vekk eller fordampes. Nedbør som snø eller sludd smeltes til vann, før en måler mengden. Én millimeter nedbør tilsvare en liter per kvadratmeter.

Avrenningskoeffisient for det aktuelle nedbørsområdet settes til 0,3 da det består av grøntareal med trær og i relativt bratt helning (Figur 6). Videre antas det at det er forholdsvis liten dybde i massene til fjell. Tilrenningstiden vurderes som relativt kort da det er et meget lite nedbørsfelt som vurderes.

I forkant av målingen den 25. januar hadde det vært tilnærmet opplett i 3 dager fram til 24. januar som hadde en døgnnedbør på 13,3mm med påfølgende 15,1 mm den 25. januar fordelt på et areal på 1450 m². Ut fra dette er det rimelig å forvente at massene allerede hadde en delvis metning av vann når nedbøren den 25. januar kom.

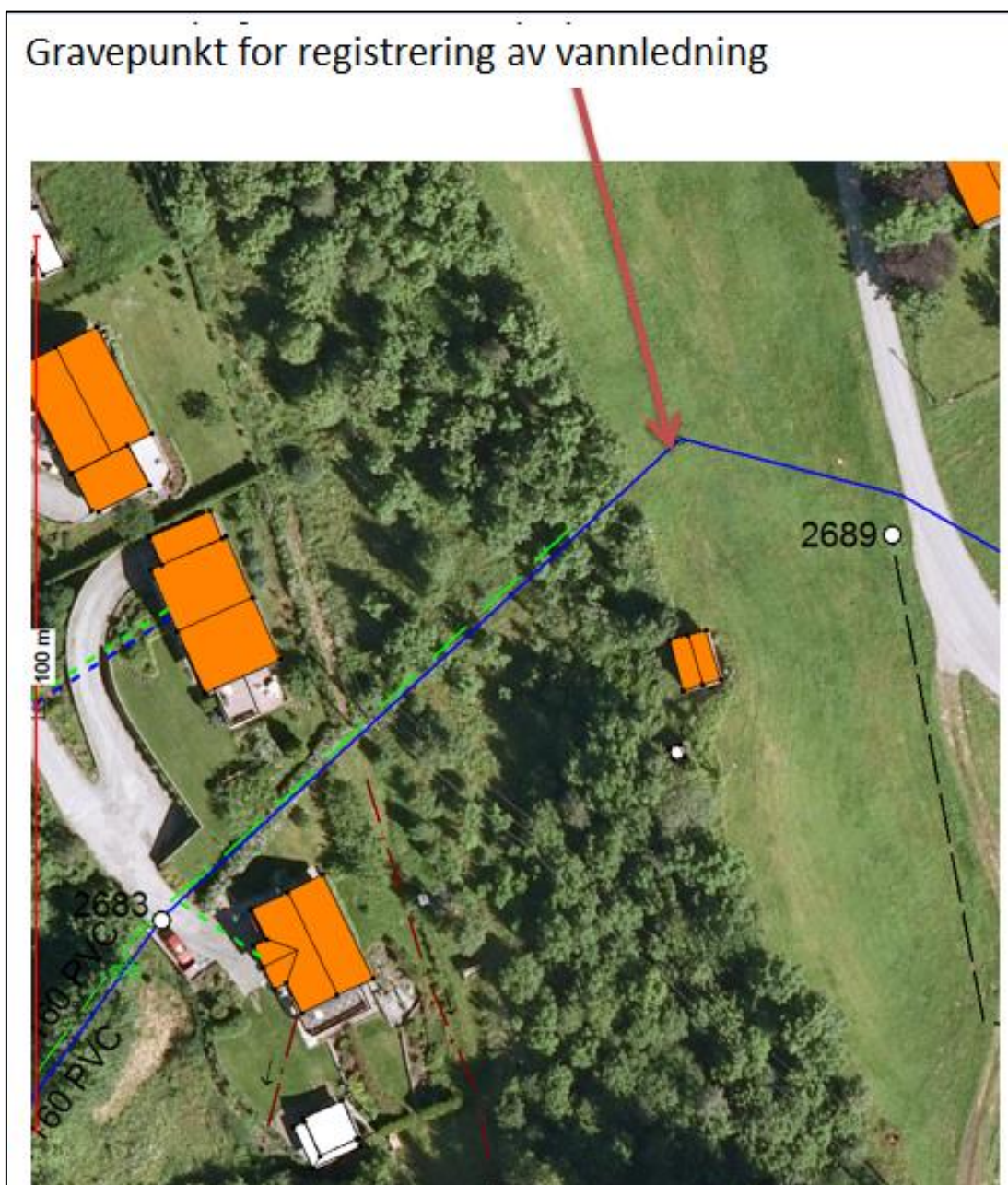
Totalt vil arealet den 25. januar bli belastet med 21.900 liter med nedbør fordelt over døgnet. Deler av denne nedbøren vil renne på overflaten av terrenget da massene enten er mettet, eller ikke vil ha kapasitet til å infiltrere den mengden nedbør som kommer. Den manuelle grovmålingen av vann som kom ut under vegfyllingen den 25. januar ble det målt til 8600 l/døgn (6 l/min). Når en tar avrenningskoeffisient på 0,3 med i betraktningen er dette i henhold til den registeret nedbøren som belastet området i samme tid.

Situasjonen den 29. januar er litt annerledes da det var langt større nedbørsmengder i forkant av målingen, hhv 23 mm den 28. januar med 22,3 mm den 29. januar. Ser en på 28. og 29 januar som én nedbørsepisode vil arealet ha en overvannsbelastning totalt 34,3 mm i løpet av en 48 timers periode. Dette vil gi oss en total overvannsmengde på like under 25.000 l/døgn. Isolert vil 29. januar belaste arealet med 16.400 liter med nedbør fordelt over døgnet. Deler av nedbøren vil renne på overflaten av terrenget da massene enten er mettet, eller ikke vil ha kapasitet til å infiltrere den mengden nedbør som kommer. Den manuelle grovmålingen av vann som kom ut under vegfyllingen den 29. januar ble det målt til 17.000 l/døgn (12 l/min). Sett under ett, og med en avrenningskoeffisient på 0,3 vurderes det som at den målte vannmengden foretatt den 29. januar står i forhold til den beregnede nedbørsbelastningen.

Ser man på den mengden overvann som treffer det aktuelle nedbørsfeltet som vist i figur 5 er det mer vann som treffer terrenget enn det som ble målt i utløpet.

Dette indikerer ikke at det ble tilført vann fra arealer som ligger ovenfor ryggen øst for det avmerkede nedbørsfeltet i fig. 5. Det kan allikevel ikke utelukkes da over- og grunnvannet kan følge flere veier, og ledes utenom målepunktet.

Basert på dette ble det den 22 februar 2018 utført gravearbeider langs eksisterende vannledning på ryggen som avdekket at det ikke blir transportert grunn- eller overvann i grøften rundt vannledningen. Vannledningen var lagt i hardpakket myrjord uten synlige spor av vann. Se fig. 8.



Figur 8: Registrering og inspeksjon av eksisterende vannledning.

3. OVERVANNSBEREGNINGER.

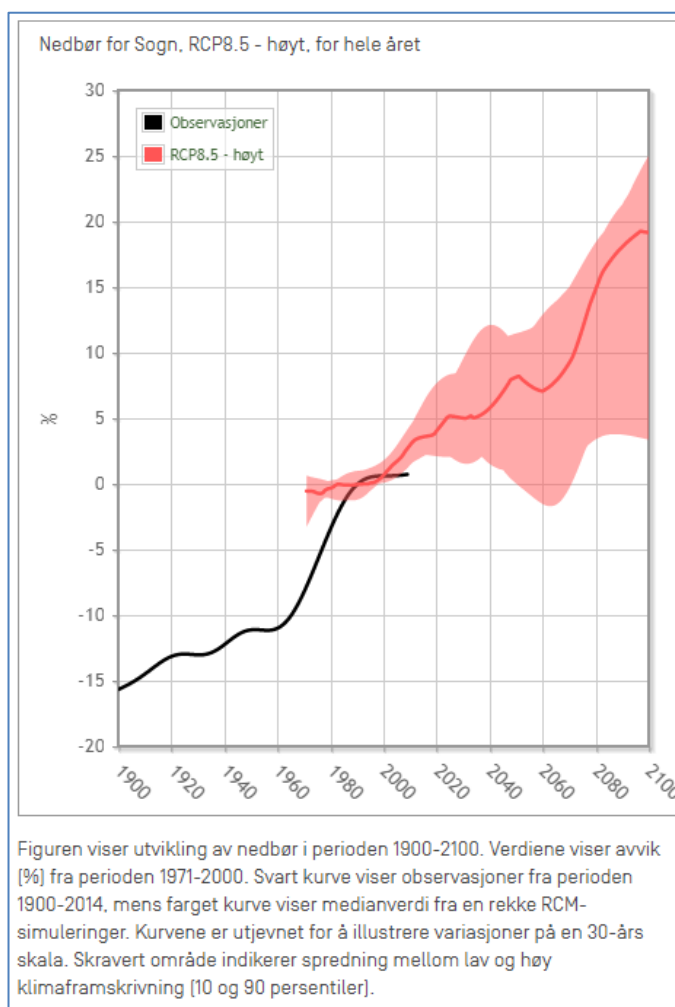
3.1. Historiske data

Som kjent, har det vært en observert økning i nedbør siden starten av 1900-tallet. Dette gjelder både årsnedbør, og regnintensitet.

Data fra Klimaservicesenter.no har delt Norge inn 13 nedbørregioner der den historiske langtidsutviklingen av nedbør innen regionen har vært noenlunde den samme.

Votlo sorterer under nedbørsregion Sogn og Fjordane/Nordhordland.

Ser vi på observasjoner for det målområdet Fotlo ligger i, var det ca 15% mindre årsnedbør i år 1900 enn det er i dag. Målingene er ikke lokale målinger, men en gjelder for en men verdien er representativ nok til at vi ser at området allerede har vært utsatt for en økning i nedbør. Dette har igjen medført en økt overvanns- og grunnvannsbelastning på det aktuelle grøntarealet med påfølgende økning i poretrykk i massene.



Figur 9: Observert nedbørsdata år 1900 – 2010. Kilde klimaservicesenter.no

3.2. Dagens nedbørsbelastning på grøntarealet

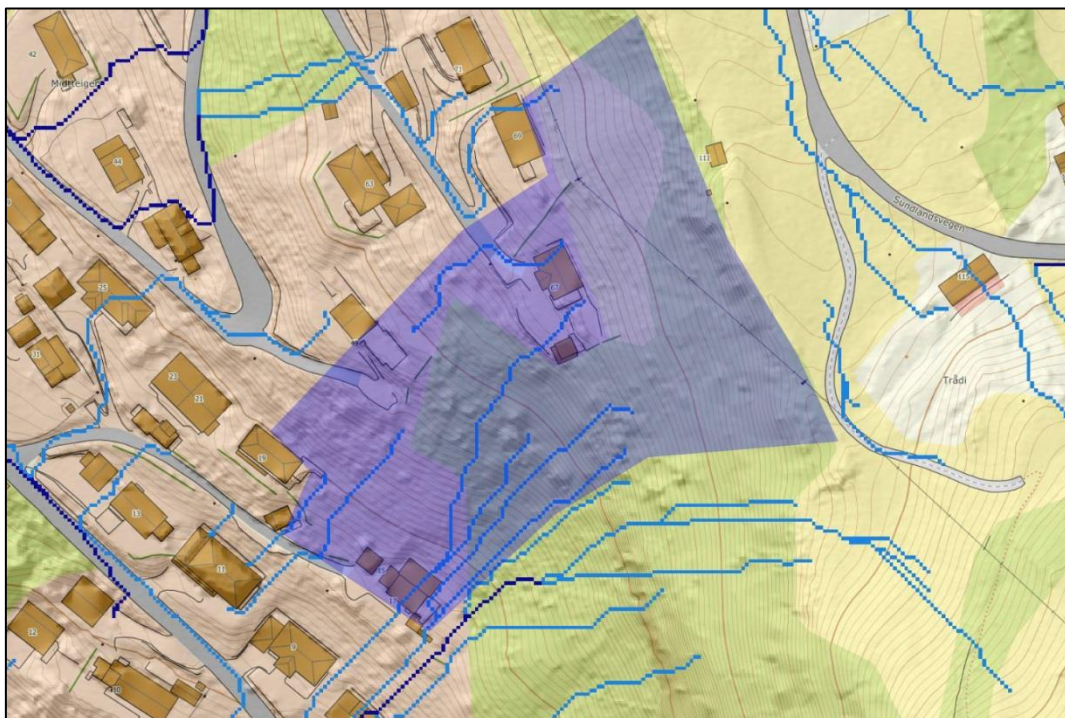
Dette kapittelet vurderer den mengden nedbør som blir tilført grøntarealet med dagens nedbør.

Konsentrasjonstid vurderes til 15 minutter. Osterøy kommunes VA-norm legges til grunn for beregningene.

Det benyttes statistiske nedbørsdata for Bergen – Sandsli, stasjonsnummer 50480.

Dimensjonerende regnskylhyppighet er satt til 20 år og varighet settes til 15 minutter. Nedbørsdata fra Sandsli gir oss en dimensjonerende nedbørintensitet på 132 l/s*ha.

Klimafaktor for førsituasjonen settes til 1. Klimafaktor for fremtidig forventet nedbør settes til 1,4 (40%) ifølge Osterøy Kommunes VA-norm.



Figur 10: Nedbørsarealet som forsyner det aktuelle grøntarealet. A= ca 10.000 m²

Rasjonelle formel: $Q = C * i * A * K_f$

C: avrenningskoeffisient

i: nedbørintensitet (fra IVF-kurve, Sandsli)

A: Det totale nedbørfeltets areal på ca 10.000 m² (1 ha)

Kf: klimafaktor (1,4)

Dimensjonerende regnskylhyppighet (1 i løpet av "n" år)*	Plassering	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet ** (1 i løpet av "n" år)
1 i løpet av 5	Områder med lavt skadepotensiale (utkantområder, landbrukskommuner)	1 i løpet av 10
1 i løpet av 10	Boligområder	1 i løpet av 20
1 i løpet av 20	Bysenter /industriområder/forretningsstrøk	1 i løpet av 30
1 i løpet av 30	Unganger/ områder med meget høyt skadepotensial	1 i løpet av 50

*) Ledningsnett skal bare fylles til topp av rør ved dimensjonerende regnskylhyppighet.
 **) Oversvømmelsesnivået skal normal regne til et kjellernivå 90 cm over topp av rør i hovedledningsnett.

Figur 11: Norsk Vann sin rettleiar/rapport 162/2008

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

Figur 12: Avrenningskoeffisienter basert på terrengtype

Returperioder(år); Nedbørintensitet i liter pr. sekund pr. hektar(10 000m²) (l/s*ha)														
50480 BERGEN - SANDSLI														
Periode: 1982 - 2017														
Antall sesonger: 33														
År	1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	90 min.	120 min.	180 min.	360 min.
2	262,7	216,6	191,3	155,7	114,8	90,9	77,3	60,3	47,6	40,9	32,6	29,1	23,7	16,3
5	325,5	268,5	239,1	194,7	138,1	108,8	93,0	73,6	58,4	50,4	40,8	37,0	29,2	19,3
10	367,0	302,9	270,7	220,5	153,5	120,6	103,4	82,5	65,6	56,7	46,2	42,2	32,9	21,2
20	406,9	335,8	301,0	245,3	168,3	132,0	113,4	91,0	72,4	62,7	51,4	47,2	36,5	23,1
25	419,5	346,3	310,6	253,2	173,0	135,6	116,6	93,7	74,6	64,6	53,1	48,8	37,6	23,7
50	458,5	378,5	340,3	277,4	187,4	146,7	126,3	102,0	81,3	70,5	58,2	53,7	41,1	25,5
100	497,2	410,5	369,7	301,4	201,8	157,7	136,0	110,2	88,0	76,4	63,2	58,6	44,5	27,4
200	535,8	442,4	399,0	325,4	216,1	168,7	145,6	118,4	94,6	82,2	68,2	63,4	47,9	29,2

Figur 13: Nedbørsdata Sandsli. Kilde eKlima.no

Dette gir oss da følgende:

Rasjonelle formel: $Q = C * i * A * K_f$

Areal = 10.000 m² (1 ha)

Avrenningskoeffisient = 0,3

Nedbørsvarighet = 15 minutt $\rightarrow i = 132 \text{ l/s} \times \text{ha}$

$$Q = 0,30 * 132 \frac{\text{l}}{\text{s}} * \text{ha} * 1,0 \text{ ha} * 1 \rightarrow Q = 39,6 \text{ l/s.}$$

Dette er den mengden overvann som teoretisk kan belaste arealet som merket med blått på fig 9.

3.3. Framtidig forventet nedbørsbelastning på grøntarealet

Som følge av klimaendringene forventes det en framtidig økning i nedbør.

- Norsk Vann anbefaler en klimafaktor på 1,3 – 1,5 (30% - 50%).
- Statens Vegvesen i Håndbok N200 anbefaler 1,3 – 1,5 avhengig av Nedbørshendelsen som legges til grunn (10-års til 200-års regn). NVE bruker i hovedsak samme vurderinger og kriterier.
- Retningslinjer for overvasshandtering for Osterøy kommune legger til grunn en klimafaktor på 1,4.
- Ser vi på prognoser fram mot år 2100 forventes det at årsnedbøren blir ca 18 % høyere mot slutten av århundret, dersom den globale utviklingen fortsetter som i dag. Prognosen har et spenn fra 7 til 23 % avhengig av geografiske parameter.

I henhold til det overnevnte må vi ta hensyn til klimafaktor når framtidig nedbør skal vurderes. Vi legger til grunn at det ikke skal foretas videre utbygging eller endring av flatene innenfor det aktuelle området, og legger da kun klimafaktoren på 40% (iht VA-normen) til den vurderte nedbørsmengden.

Dette gir en forventet framtidig nedbørsbelastning på $39,6 \text{ l/s} * 1,4 = 55,5 \text{ l/s}$.

Ser vi på prognosen fram til år 2100 med en 18% forventet økning blir denne $39,6 \text{ l/s} * 1,18 = 46,7 \text{ l/s}$.

Til referanse er beregnet nedbørsintensitet basert på data fra Klimaservicesenter.no i figur 8 ca 15% mindre enn dagens. Dette gir en kalkulert nedbørsbelastning i år 1900 på $39,6 \text{ l/s} * 0,85 = 33,7 \text{ l/s}$.

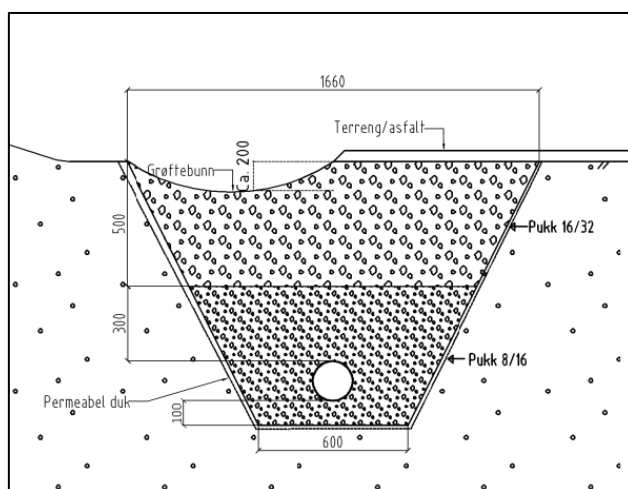
4. TILTAK FØR Å REDUSERE OVERVANNSBELASTNINGEN PÅ GRØNTOMRÅDET

4.1. Prinsipp for tiltak

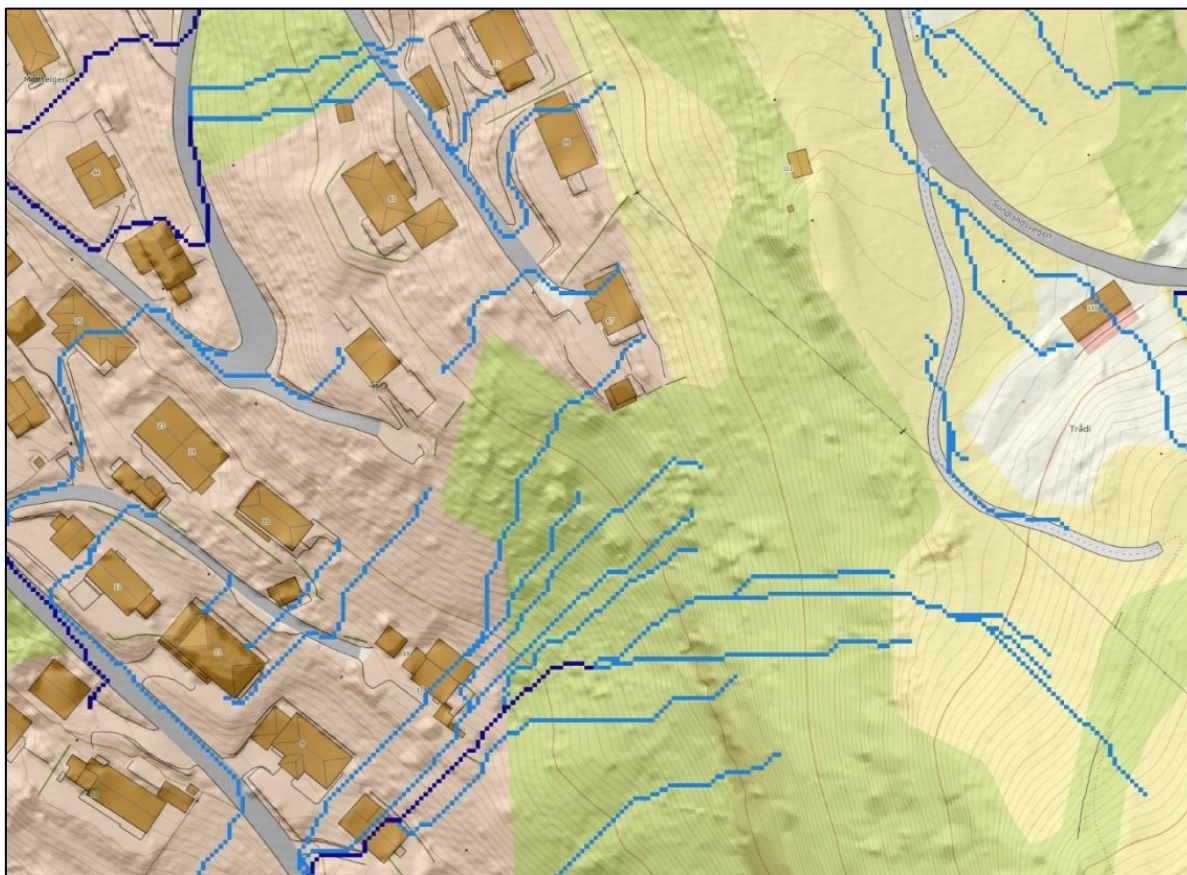
Tiltak for å redusere risiko for nye hendelser vil kunne være å lede grunn- og overvannet bort fra grøntarealet. Vi ser da på modellering av tilrenningsmønster for overflatevann for å finne de mest hensiktsmessige områdene å etablere tiltak som f.eks. avskjærende grøfter. Dette er grøfter med godt drenerende masser og perforerte rør som fanger opp grunn- og overflatevann og leder dette bort fra og ut av området. Videre kan det etableres vertikale grøfter som følger skråningen i grøntarealet.

Prinsippskisse av avskjærende drengrøft er illustrert på figur 13, Modellering av tilrenningsmønster og forslag til avskjærende grøfter er illustrert på figur 14 og 15. Plassering, vinkel og dybde på grøfter må vurderes nærmere og må gjøres i samråd med geotekniker.

Det presiseres at tilrenningsmønsteret i figuren viser kun helning på terrenget og hvordan vannet ledes over terrengoverflaten. Det er ikke en figur som illustrerer bekker eller elver på overflaten av terrenget.



Figur 14: Prinsippskisse av drengrøft



Figur 15: Avrenningsmønster som angir hvilke nedbørsarealer som er tilknyttet det grøntarealet. Linjene i figuren viser kun helning på terrenget og hvordan vannet ledes over terrengoverflaten. Det er ikke en figur som illustrerer bekker eller elver. Se også vedlegg

4.2. Beskrivelse av tiltak

Det er flere måter overvannet belaster massene i grøntarealet. Blant annet gjennom utvasking av jordmasser. Utvaskingen på overflaten skjer i form av at det ved nedbør dannes mindre bekker på overflaten som vasker ut jordsmonnet, og danner mindre groper.

Nok en faktor er at det vil kunne dannes en hinne med vann mellom matjorden og morenen under som vil kunne redusere friksjonen mellom disse.

Basert på at det har vært, og vil fortsatt bli en økning i nedbør vil de mest virkningsfulle tiltakene være å hente ut overvann og grunnvann fra jordmassene. Dette kan enklest og best gjøres ved å etablere avskjærende grøfter som fanger opp og leder vannet ut fra området slik at grunnvannstanden senkes, og poretrykket i massene reduseres.

Omfanget av tiltakene som vist i fig 16 er ment som en illustrasjon, og vil bli mer nøyaktig vurdert ved utførelse.

Ved å etablere en avskjærende drengroft øverst i grøntområdet der det er liten helning (blå stiplet linje i fig 16), og kombinere dette med bekkeinntak for vann som kommer ut av masser under vegen (gul linje merket med A i fig 16) vil en fange opp over- og grunnvann fra ca. halve nedbørsfeltet.

Den delen av over- og grunnvannet som føres mot nord/vest vil bli koplet til eksisterende OV-nett langs vegen, og ledes ut av området i tette rør.

Der over- og grunnvannet ledes sør-østover mot «B» må det gjøres vurderinger for utslippspunkt for å sikre at det ikke skaper utfordringer nedstrøms.

Gul linje ved «A» er tette rør som fanger opp og leder vannet som kommer ut under vegen inn på samme kum som drengledningen. Her bør det også gjøres tiltak for å sikre at alt vannet som kommer ut under veg blir samlet opp. Fra denne kummen bør det legges én tett og én perforert ledning parallelt nord-vestover (merket med blå stiplet linje) og inn på offentlig OV-ledning merket med «E».

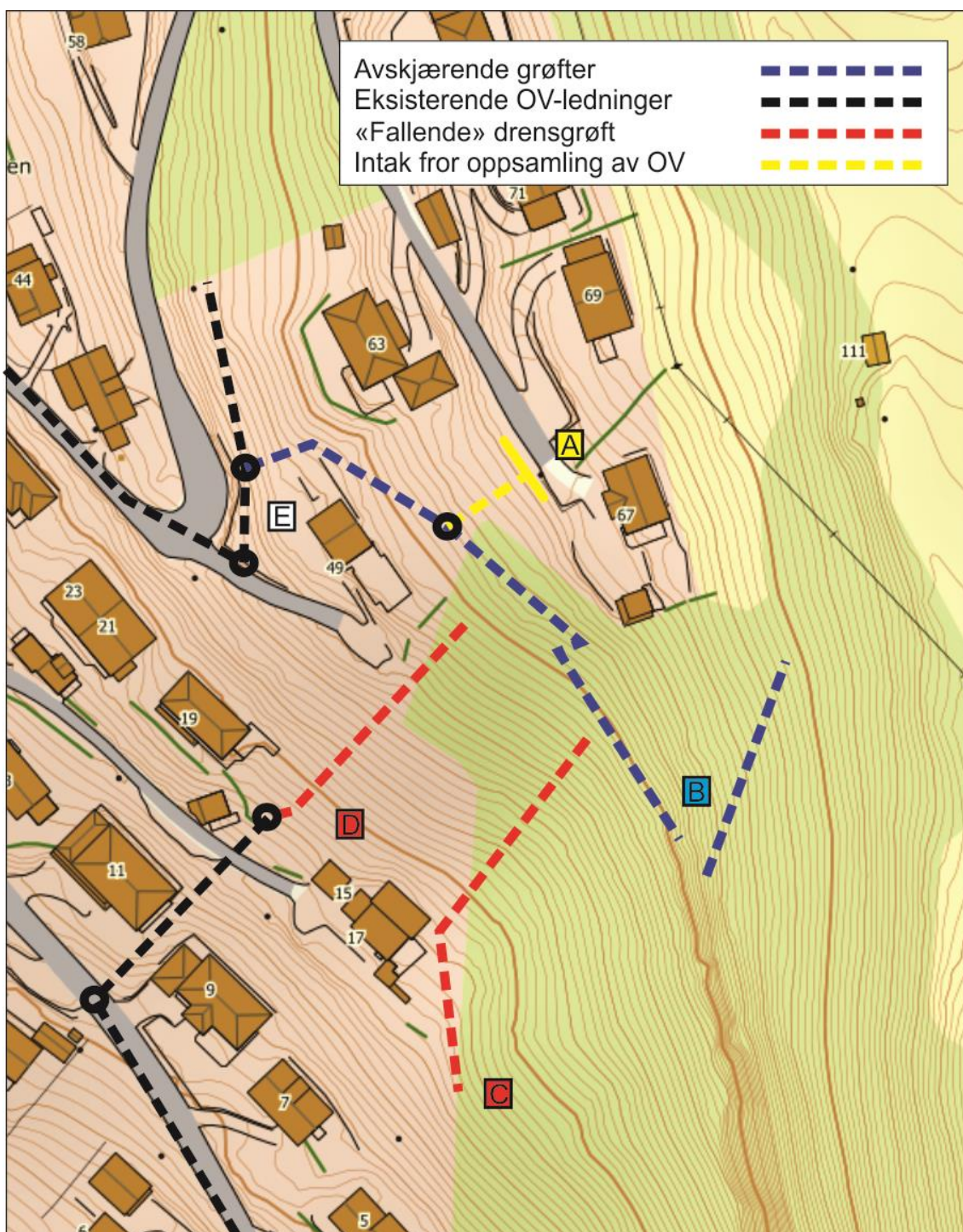
I tillegg anbefales det at det etableres vertikale drengrofter i grøntarealet. Disse er markert med rød stiplet linje i fig 16. Den nordlige vertikalgrøften merket med «D» koples til eksisterende OV-anlegg. Utslippspunkt for den sydlige vertikalgrøften, merket med «C» må vurderes for å sikre at det ikke skaper utfordringer nedstrøms.

Utslippspunktet må også sees i sammenheng med utslippspunktet i «B».

Med de overnevnte tiltakene vurderes det at belastningen på massene i grøntarealet reduseres med mellom 70% til 80%. Dette vil langt på veg adressere den økte nedbøren som har vært siden starten av 1900-tallet, og den forventede økningen i nedbør som kommer.

Konsekvensen for utslippspunktene «B» og «C», og eventuell etablering av nye OV-ledninger for dette vannet må vurderes. Det kan bli aktuelt å lede dette vannet til etablert OV-anlegg for å transportere det ut fra området.

Generell for området anbefales det en generell grøfterydding. Videre at beboere også er oppmerksomme på, og bidrar til å unngå skader, tetting eller igjenfylling av sandfang og stikkrenner som er etablert langs veier og plasser.



Figur 16: Prinsippskisse av avskjærende grøft for å ta ut tilført over- og grunnvann fra grøntarealet i og over helning