NOTAT – OVERVANN OG FLOM I BEKK

Oppdragsnavn:	**Grimsrød tomtefelt**		
Oppdragsgiver:	MBE Utvikling AS Dan Lei Berg		
Emne:	Overvann - regulering		
Ansvarlig enhet:	Vann - Earth & Environment	**Utført av:**	JGK
Tilgjengelighet:	Ubegrenset	**Dato:**	21.03.2024

SAMMENDRAG:

I forbindelse med regulering av Grimsrød tomtefelt er det utarbeidet en plan for overvannshåndtering og flomvurdering av en bekk som krysser tiltaksområdet. Overvann skal håndteres iht. Tretrinnsstrategien og Halden kommunes overvannsveileder, med åpne løsninger som håndterer overvann lokalt. For de delfeltene som ligger i umiddelbar nærhet til bekken, kan det vurderes direkte utslipp av trinn 2-nedbøren, forutsatt at trinn 1 og 3 ivaretas. For resterende felt bør trinn 2-nedbør fordrøyes i åpne, infiltrasjonsbaserte løsninger, med forbehold om at infiltrasjonsevnen i grunnen er tilstrekkelig for at løsningene kan dreneres i løpet av 24 timer. Overvannsplanen viser forslag til plassering av overvannstiltak og notatet foreslår ulike løsninger som kan være aktuelle.

Det går en bekk gjennom tiltaksområdet og for å sikre at byggene plasseres i trygg avstand er det gjort en hydrologisk flomvurdering. Det er anbefalt en minimumsavstand til bekken på 4 meter. Vannhastigheten i bekken er estimert til mellom 1,1 m/s og 1,4 m/s, og for å unngå utvasking kan det være behov for erosjonssikring.

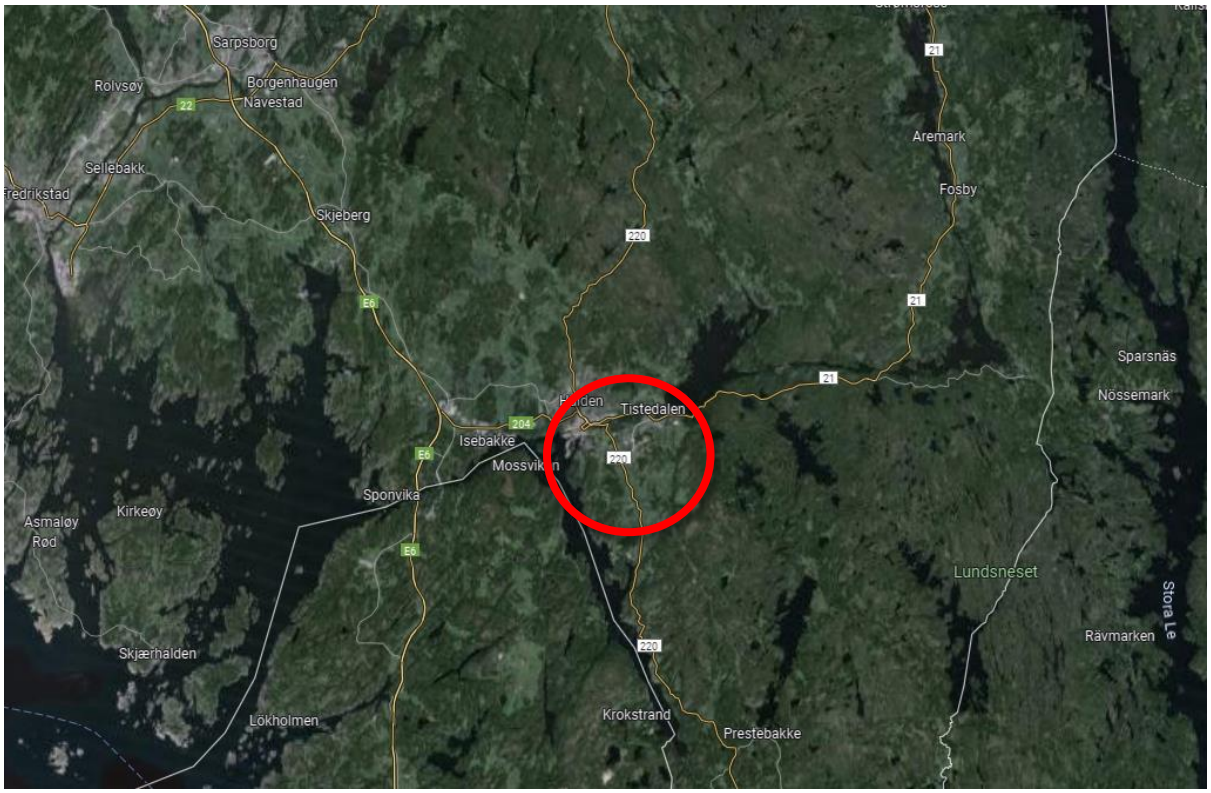
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
0.0	21.03.2024	Original	JGK/AHA	TLB	STN

Innhold

1. Bakgrunn 3
2. Grunnforhold 4
3. Overvann 7
   - 3.1. Krav og retningslinjer 7
   - 3.2. Oppfyllelse av sjekkliste 5.3.2 Reguleringsplan og byggesak for store utbygginger 9
     - 3.2.1. Nedbørfelt og avrenning 9
     - 3.2.2. Bekker 14
     - 3.2.3. Areal til overvannshåndtering 15
     - 3.2.4. Infiltrasjon 16
     - 3.2.5. Overvannsløsning 17
     - Trinn 1 21
     - Trinn 2 21
     - Trinn 3 24
     - Estimert infiltrasjonsevne til grunnen 24
     - Trinn 1-tiltak 25
     - Trinn 2-tiltak 29
     - Felt A 29
     - Felt B 30
     - Felt C 31
     - Felt D 32
     - Felt E 33
     - Felt F 34
     - Felt G, H og I 35
     - Trinn 3-tiltak 36
     - 3.2.6. Lokal håndtering/påslipp til kommunalt nett 39
     - 3.2.7. Forurensende aktiviteter på eiendommen 39
     - 3.2.8. Drift og vedlikehold 40
     - 3.2.9. Kommunal overtakelse 40
4. Bekk 40

1. BAKGRUNN

Det skal søkes om detaljregulering av et tomtefelt i Tistedal i Halden kommune og WSP Norge AS er engasjert for å utarbeide en overvannsplan til reguleringen. Grimsrød tomtefelt vil befinne seg langs Grimsrødhøgda i Wilhelm Hansens vei og har gnr/bnr 69/561.



Figur 1 - Satellittfoto av Tistedal, Halden kommune (Google Maps).



Figur 2 - Satellittfoto med tiltaksarealet markert med rødt (Google Maps).

2. GRUNNFORHOLD

Satellittkart viser grønne felt med vegetasjon og trær, jorder og boligfelt. NGU markerer tiltaksområdet som hav- og fjordavsetning, og med sammenhengende dekke med stedvis stor mektighet. Området er klassifisert som å ha svært stor mulighet for marin leire og infiltrasjonspotensialet er «antatt uegnet». Det er «antatt ikke» grunnvannspotensial. Flomsonekart fra NVE viser at tiltaket ikke befinner seg innenfor en aktsomhetssone for flom.



Figur 3 - Utklipp fra NGU-kart som indikerer at tiltaksområdet består av hav- og fjordavsetning (blått).



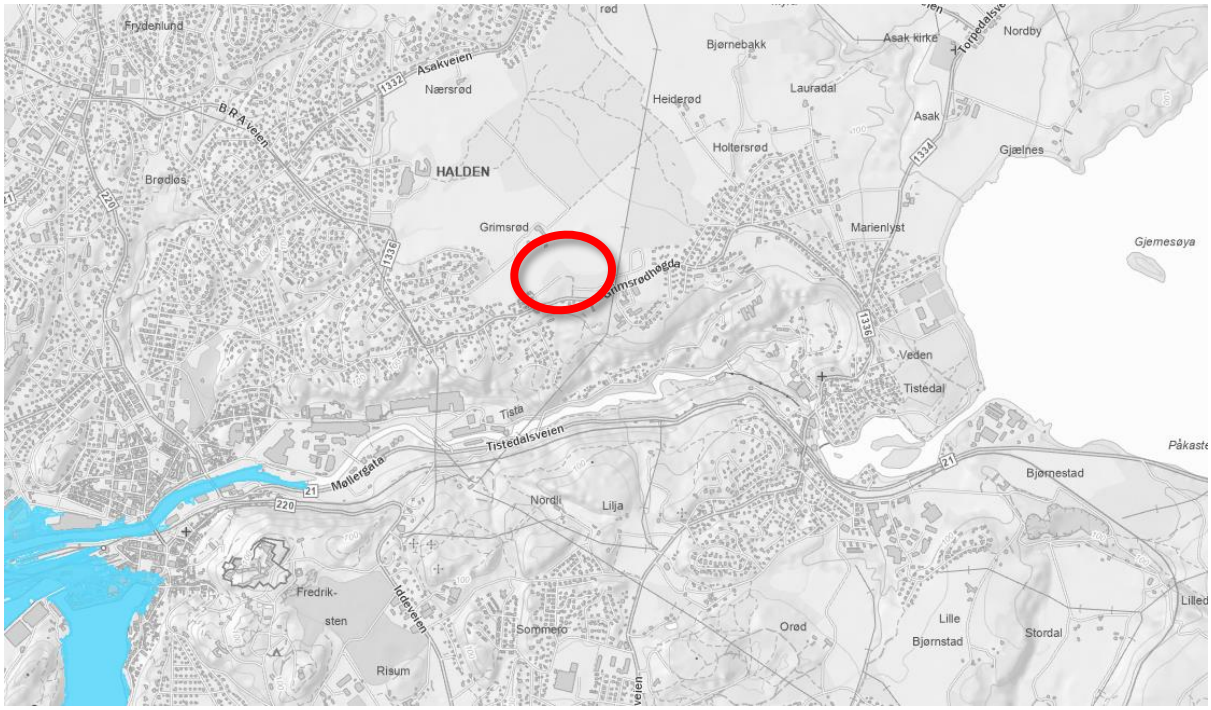
Figur 4 - Utklipp fra NGU-kart som viser at tiltaket er kategorisert som å ha svært stor mulighet for marin leire.



Figur 5 - Utklipp fra NGU-kart som viser at området er klassifisert som «antatt uegnet» for infiltrasjonspotensial (grått).



Figur 6 - Utklipp fra NGU-kart som viser at området er klassifisert som «antatt ikke» grunnvannspotensial (grått).



Figur 7 - Utklipp fra NVEs kart som ikke viser noen aktsomhetssone for flom innenfor tiltaket.

3. OVERVANN

3.1. KRAV OG RETNINGSLINJER

Overvannshåndteringen er planlagt iht. Halden kommunes overvannsveileder (datert 19.06.2019) med utgangspunkt i sjekkliste «5.3.2 Reguleringsplan og byggesak for store utbygginger – reguleringsplan overvannsplan». Dimensjoneringskrav for overvann:

- Avrenning fra felt der A < 50 ha beregnes med den rasjonale metode.
- Dimensjonerende varighet settes til 10 minutter for beregninger i tett bebyggelse.
- Avrenningsfaktorer iht. overvannsveileder:

Type flater	Avrenningsfaktor[1)]
Tak	0,9
Asfalterte veier og gater	0,8
Grusveier/-plasser	0,6
Plen/hageareal	0,1
Skog	0,1
Grønne tak (ekstensivt)	0,5 [2)]

[1)] *Norsk Vann rapport nr. 162/2008*
[2)] *NVE rapp. 65-2014: Grønne tak og styrtregn*

Figur 8 - Utklipp fra overvannsveileder som viser avrenningsfaktorer som skal benyttes i beregninger.

- Dimensjonerende gjentaksintervall er:
  - Trinn 1 – 2 år
  - Trinn 2 – 25 år
  - Trinn 3 – 200 år
- IVF-kurve hentes fra målestasjon Fredrikstad (3030).
- Det benyttes en klimafaktor i beregninger på 1,4, iht. overvannsveileder. Norsk klimaservicesenter anbefaler at 1,5 benyttes for nedbørhendelser med større gjentaksintervall enn 50 år.

	Dimensjonerende gjentaksintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentaksintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

Figur 9 - Utklipp fra Norsk klimaservicesenter som viser anbefalte klimafaktorer for ulike nedbørhendelser.

- Gjeldende maksimalt påslipp er som følger:

Overvannsløsning	Maksimal påslipp av overvann/overflateavrenning til vassdrag
Infiltrasjon	Er bestemt av dokumentert infiltrasjonskapasitet på eiendommen. Fordrøyningsbehovet beregnes for 25 års regn.
Utledning til bekk	Trinn 1-infiltrasjon for 2-årsregn, maks utledning 15 l/s*ha for 25 årsregn
Utledning til elv, sjø	Trinn 1-infiltrasjon for 2-årsregn, ingen krav for avrenning > 2-årsregn
Påslipp til kommunalt avløpsnett	Maks påslipp 15 l/s*ha for 25-årsregn

Figur 10 - Utklipp fra Halden kommunes overvannsveileder som viser tillatt påslipp til kommunalt ledningsnett og utslipp til bekk, elv og sjø.

Til reguleringsplan og byggesak for store utbygginger skal følgende sjekkliste dokumenteres:

5.3.2 Reguleringsplan og byggesak for store utbygginger

Reguleringsplan - Overvannsplan Dekker også informasjonen om overvann i søknad om forhåndsuttalelse før rammesøknad.	
Nedbørfelt og avrenning	Avgrensing av nedbørfelt (areal med tilrenning til planområdet), eksisterende overvannsløsning, avrenningsmønster og planlagte endringer redegjøres på kart.
Bekker	Registrere lukkede vannveier/bekker og mulighet for gjenåpning og hvilke konsekvenser dette har for nedenforliggende områder. Det skal være buffersoner med vegetasjon langs vassdrag og vannveier.
Areal til overvannshåndtering	Bestem lokalisering av areal for overvannstiltak, flomsoner og flomveier. Vise punkt for utledning av flomvann fra eiendommen (v/ekstremnedbør). Konsekvenser for nedstrøms bebyggelse og aktiviteter belyses.
Infiltrasjon	Mulighet for infiltrasjon i grunnen og i hvilken grad overvannsløsningen kan baseres på infiltrasjon. Ved mangelfull dokumentasjon utføres grunnundersøkelse og infiltrasjonstest.
Overvannsløsning	All overvannsrelatert arealbruk må fremgå av reguleringsplanen (markeres med bestemmelsesområder): Bebyggelse, grøntstruktur, flerfunksjonsarealer, traseer/arealer for flomveier, lokale overvannsløsninger, vannveier/bekker, offentlig ledningsnett. Ledes overvann til annen privat/offentlig grunn må tillatelse fra grunneier innhentes og tinglyses på eiendommen. Prinsippet om 3-trinnsstrategi for infiltrasjon, fordrøyning og flomveier skal benyttes. Overvannshåndteringen skal primært baseres på åpne løsninger. Dimensjonering av løsninger gjøres iht. beregningsmetode overvannsveilederen.
Lokal håndtering/-påslipp kommunalt nett	Overvannet skal primært løses på egen tomt. Behov for påslipp til kommunalt nett må begrunnes. Kommunalteknisk avdeling kontaktes for godkjenning av påslippsmengde. Dersom det er behov for påslipp må fordrøyningsbehov beregnes (kfr. påslippskrav) og påslippspunkt til kommunal ledning vises.
Forurensende aktiviteter på eiendommen	Beskriv type og omfang av aktiviteter på eiendommen som kan forurense overvannet før og etter utbygging. Er det behov for å rense overvannet? Tilsier tidligere bruk av tomta at grunnen kan være forurenset? Behov for å separere og lede overvann fra tak, vei- og parkeringsarealer til ulike overvannsløsninger skal vurderes. Ved forurenset overvann, er forurensningsmyndigheten informert?
Drift og vedlikehold	Redegjøre for fremtidig eierskap og ansvar for drift og vedlikehold av overvannsanlegget. Hjemles i planbestemmelser og ved spesifisert eierforhold i reguleringsformålene.
Kommunal overtakelse	Ønske om kommunal overtakelse av overvannsanlegg fremmes.

Figur 11 - Utklipp fra Halden kommunes overvannsveileder som viser sjekkliste for reguleringsplan og byggesak for store utbygginger.

3.2. OPPFYLLELSE AV SJEKKLISTE 5.3.2 REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK FOR STORE UTBYGGINGER

3.2.1. NEDBØRFELT OG AVRENNING

3.2.1.1. Eksisterende situasjon

I eksisterende situasjon er tiltaksområdet ubebygd og består i stor grad av et grønt felt med trær, busker og annen vegetasjon. Arealfordelingen er vist i Tabell 1 med tilhørende avrenningsfaktorer for de ulike overflatene.

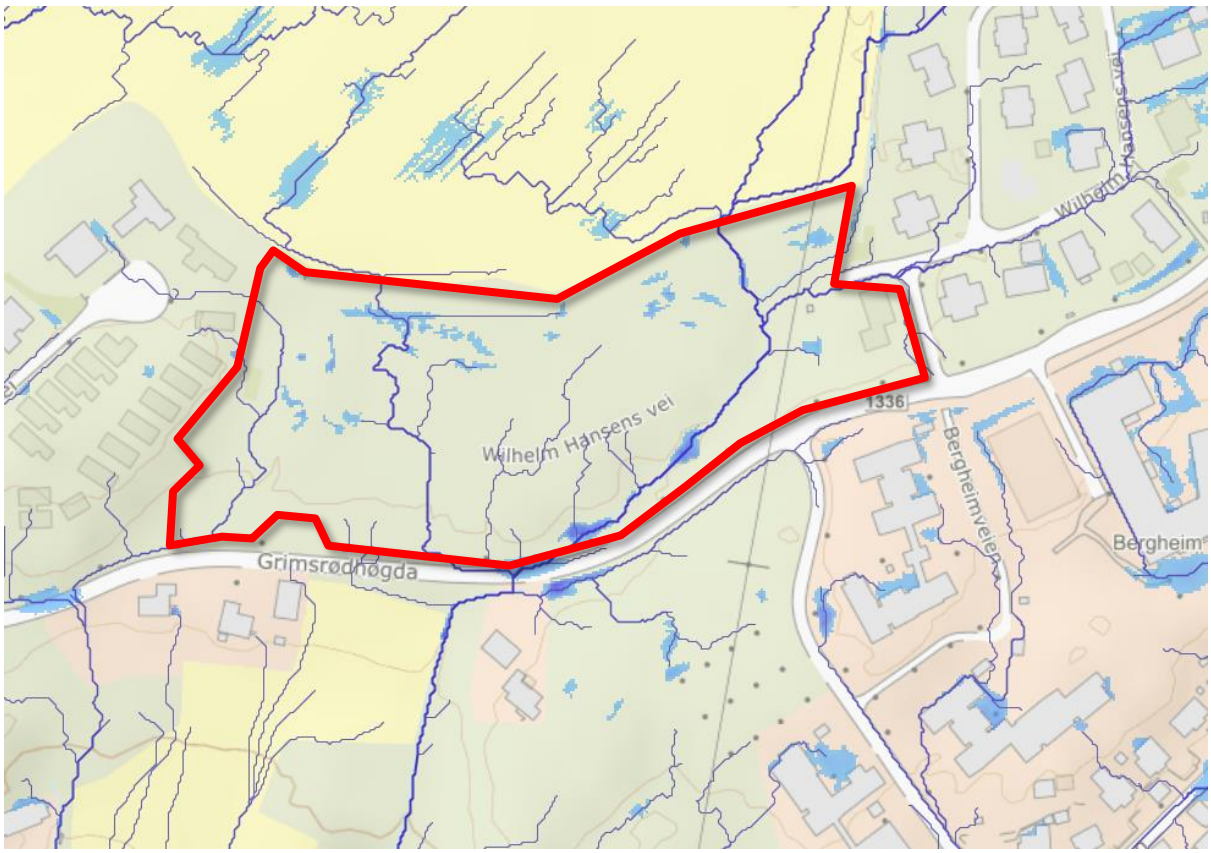
Tabell 1 - Arealfordeling for tiltaksarealet før utbygging.

Overflate	Skog	Tak	Asfalt	Grus	Sum
Avrenningsfaktor	0,1	0,9	0,8	0,6	0,15
Areal	26393 m^2	274 m^2	636 m^2	1393 m^2	28696 m^2

Terrenget i feltet har fall fra nord mot sør og har utløp i to hovedpunkter som samles lenger sør og går mot elva Fista. Dette avrenningsmønsteret bør forsøkes å bevares i størst mulig grad, men tilpasses slik at avrenning ikke ledes mot bygg.



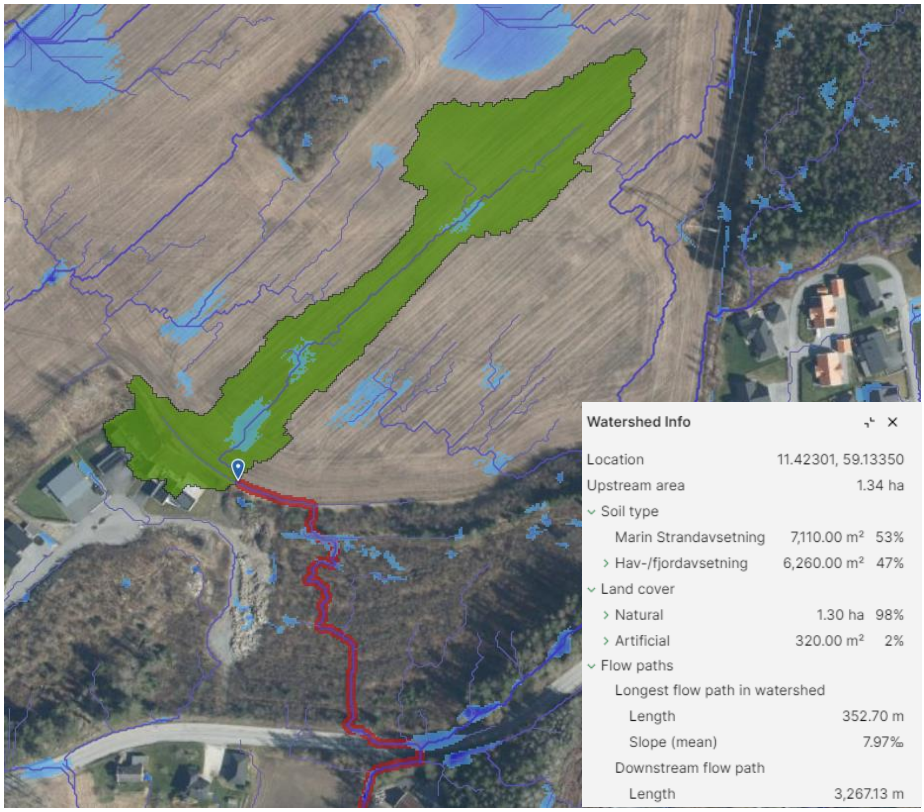
Figur 12 - Utklipp fra satellittfoto hentet fra Google Maps med tiltaksområdet markert i rødt.



Figur 13 - Utklipp fra Scalgo Live som viser simulert avrenningsmønster for eksisterende terreng.

3.2.1.2. Gjennomgående vannveier

Overvannsplanen skal ta hensyn til oppstrøms nedbørfelt som drenerer gjennom tiltaksområdet. Feltene er definert ved hjelp av verktøyet Scalgo Live, som bl.a. estimerer vannveier og nedslagsfelt basert på terrengdata. Figuren under viser de eksterne nedslagsfeltene, med feltnummer 1-7.



Figur 14 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 1.



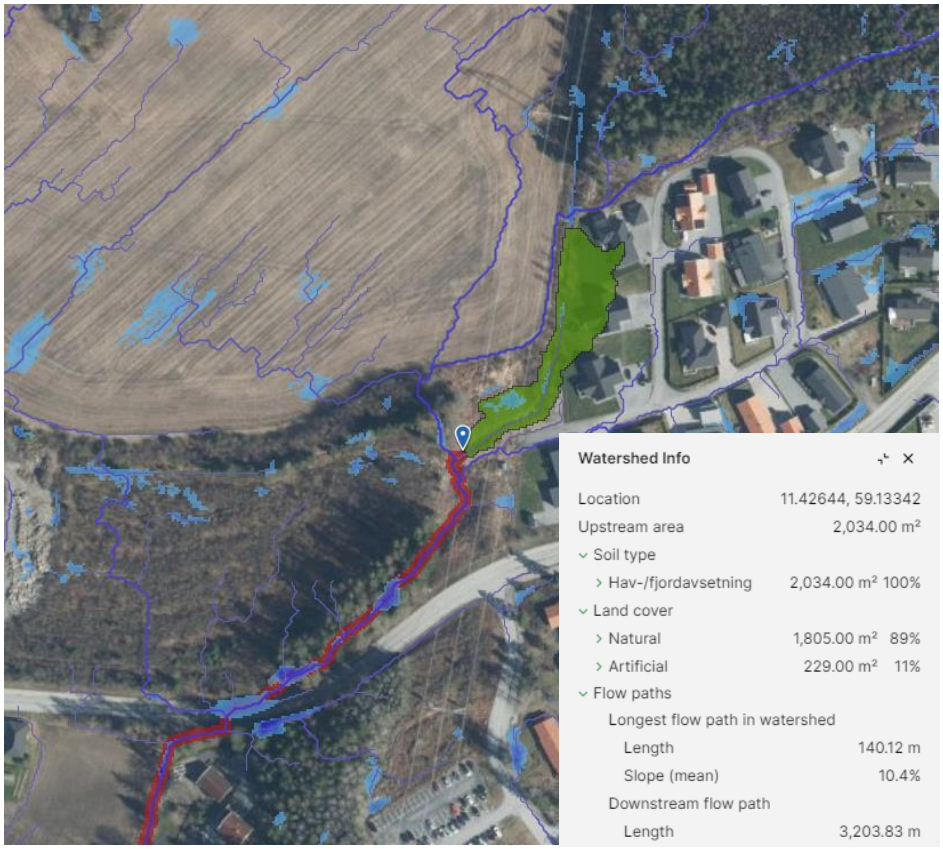
Figur 15 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 2.



Figur 16 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 3.



Figur 17 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 4.



Figur 18 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 5.



Figur 19 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 6.



Figur 20 - Utklipp fra Scalgo Live som viser eksternt nedslagsfelt nr. 7.

Nedslagsfeltene oppstrøms er sammensatt av grøntfelt, jorder og boligfelt. Arealer er hentet fra Scalgo Live for å beregne vektet avrenningsfaktor i hvert felt.

Tabell 2 – Arealfordeling, vektet avrenningsfaktor og beregnet avrenning for eksterne nedslagsfelt som krysser tiltaksområdet – 200-årsregn.

Nedslagsfelt	Avrennings-faktor	1	2	3	4	5	6	7	Sum
Naturlig flate	0,1	13132 m²	15800 m²	87400 m²	1261 ha	1810 m²	15872 m²	1448 m²	1275 ha
Kunstig flate	0,85	268 m²	-	-	39 ha	224 m²	9728 m²	1284 m²	40 ha
Beregnet avrenning (Kf = 1,0)		53 l/s	54 l/s	300 l/s	54 m³/s	13 l/s	339 l/s	42 l/s	55,5 m³/s
Beregnet avrenning (Kf = 1,5)		79 l/s	81 l/s	451 l/s	82 m³/s	19 l/s	508 l/s	64 l/s	83,3 m³/s

3.2.2. BEKKER

Det går en åpen bekk gjennom tiltaket, som ledes under veien Grimsrødhøgda i en kulvert, før den går videre sør mot elva Tista. Bekken skal holdes åpen og planlagte bygg er plassert i en trygg avstand til bekken mtp. flomvannføring. Dette er utredet nærmere i en hydrologisk flomvurdering, se kapittel 4.

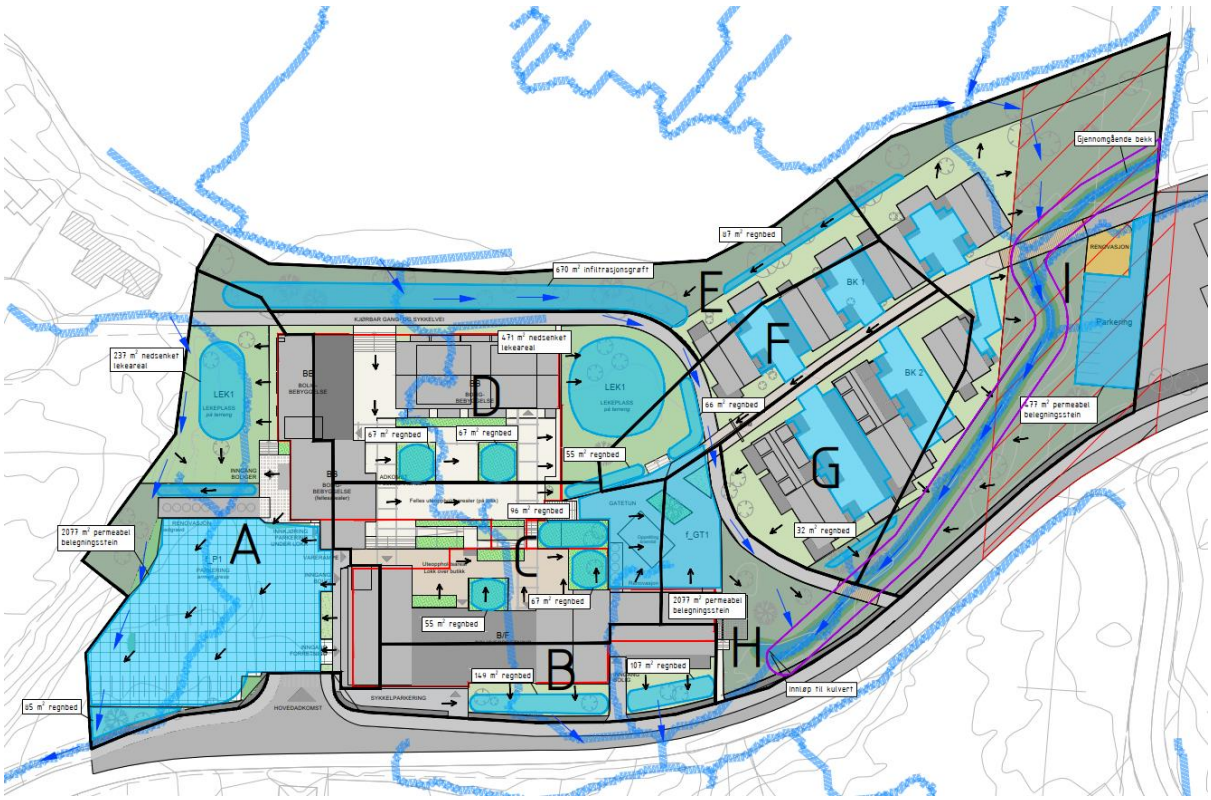
3.2.3. AREAL TIL OVERVANNSHÅNDTERING

3.2.3.1. Fremtidig situasjon

Når tidligere ubebygde flater erstattes med bebyggelse og tette flater, skal den økte overvannsmengden som følge av flere tette flater (og et klimapåslag) håndteres lokalt med naturbaserte løsninger. Tabell 3 viser arealfordelingen etter utbygging i hvert enkelt delfelt og Figur 21 viser inndelingen av delfelt. Terrenget må tilpasses med fall bort fra bygg, mot prosjekterte vannveier.

Tabell 3 - Arealfordeling for tiltaksarealet etter utbygging.

Delfelt	Plen/hageareal (C = 0,1)	Permeabel belegningsstein (C = 0,1)	Tak (C = 0,9)	Asfalt (C = 0,8)	Grusveier/-plasser (C = 0,6)	Sum
Delfelt A	1704 m^2	2172 m^2	750 m^2	471 m^2	-	5047 m^2
Delfelt B	481 m^2	-	845 m^2	379 m^2	-	1705 m^2
Delfelt C	528 m^2	407 m^2	868 m^2	1104 m^2	-	2907 m^2
Delfelt D	1193 m^2	-	1130 m^2	808 m^2	369 m^2	3500 m^2
Delfelt E	1991 m^2	-	169 m^2	-	-	2160 m^2
Delfelt F	582 m^2	412 m^2	424 m^2	246 m^2	-	1664 m^2
Delfelt G	707 m^2	668 m^2	881 m^2	155 m^2	-	2411 m^2
Delfelt H	859 m^2	448 m^2	109 m^2	257 m^2	-	1673 m^2
Delfelt I	4446 m^2	887 m^2	401 m^2	263 m^2	-	5997 m^2



Figur 21 - Utklipp fra overvannsplanen (tegning G001) som viser delfelt og forslag til fremtidig fall og flomveier. Tykke, blå linjer markerer eksisterende flomveier.

Eksterne flomveier og overløp fra overvannstiltak skal ledes til eksisterende flomveier i området. Internt i feltet vil vannveiene legges om for å sikre trygg flomavrenning rundt byggene, men det skal ikke etableres nye utslippspunkter som skal skape nye vannveier nedstrøms for tiltaket. Det bør heller ikke gjøres endringer i hvilke nedslagsfelt som drenerer til hvilke flomveier nedstrøms, da dette vil endre vannføringen og kunne medføre ulempe for naboeiendommer. Figur 22 viser flomveiene nedstrøms.



Figur 22 - Utklipp fra Scalgo Live som viser nedstrøms flomveier. Rød sirkel markerer bekkeinntak som trolig har utslipp i Tista.

3.2.4. INFILTRASJON

I NGU-kart er grunnen kategorisert som «antatt uegnet» for infiltrasjonspotensial. Basert på denne informasjonen alene egner ikke tomten seg for infiltrasjonsbasert overvannshåndtering, men bør benytte påslipp til kommunalt ledningsnett og/eller bekk for drenering av overvannsløsninger mellom nedbørhendelsene.

Ved målinger av infiltrasjonshastighet kan det påvises høyere infiltrasjonspotensial enn NGU-kart indikerer. Infiltrasjonstester viser ofte store lokale variasjoner og for denne eiendommen bør det i neste fase utføres tester i punkter som er aktuelle for infiltrasjonsbaserte overvannsløsninger. Infiltrajonsraten bør være høy nok til at systemet kan dreneres i løpet av 24 timer, slik at det står tomt og klart til neste regnhendelse. Naturlig infiltrasjon til grunnen bør prioriteres over påslipp til kommunalt nett.

3.2.5. OVERVANNSLØSNING

Overvann skal håndteres iht. tretrinnsstrategien:

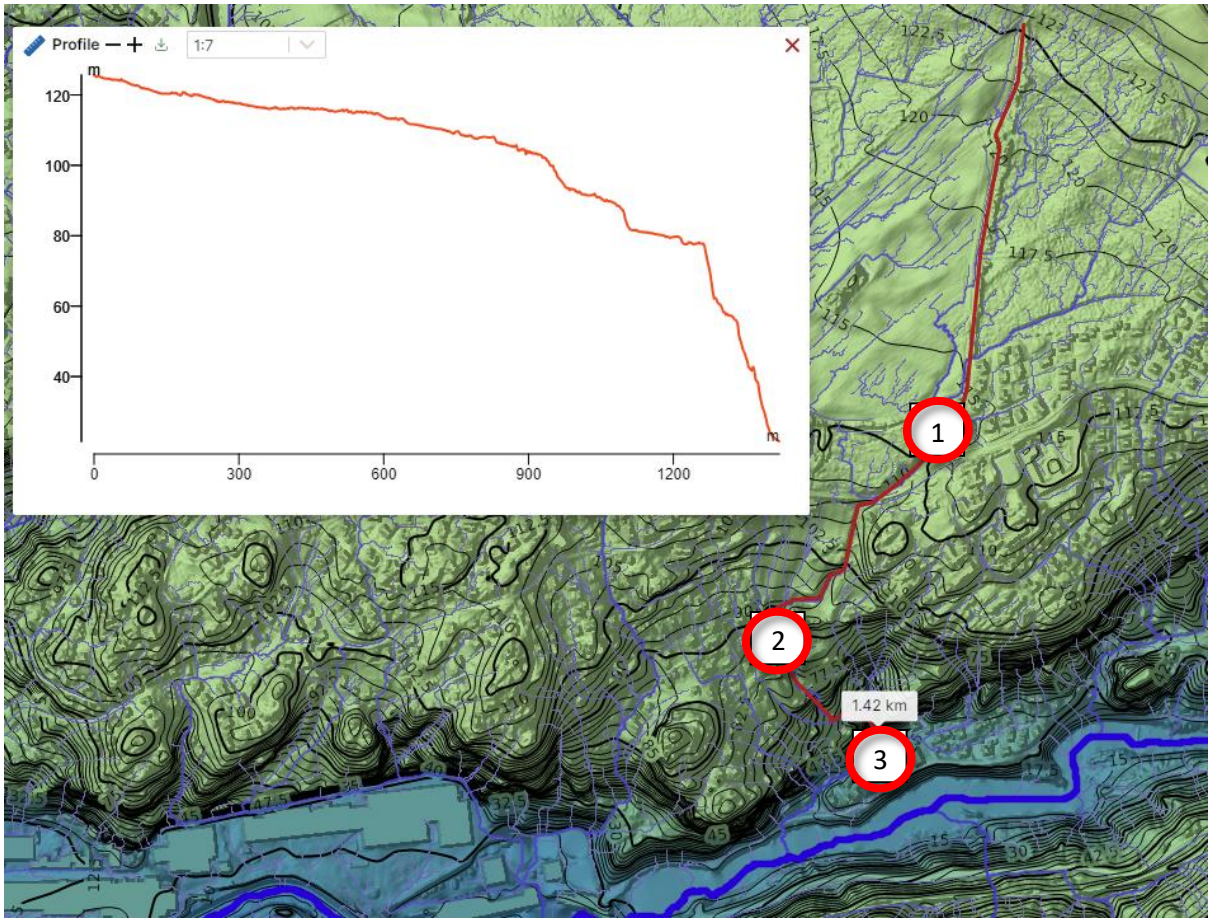
Trinn 1	**Trinn 2**	**Trinn 3**
Infiltrere små nedbørhendelser	Forsinke og fordrøye større nedbørhendelser	Sikre trygge flomveier ved ekstreme nedbørhendelser

Små nedbørhendelser skal infiltrere lokalt, større nedbørhendelser skal fordrøyes og ekstremnedbør skal ledes på terreng i trygge, åpne flomveier. I dette prosjektet går det en bekk gjennom tiltaksområdet og det kan derfor være hensiktsmessig å erstatte fordrøyning med direkte utslipp i bekken for noen delfelt. Hensikten med fordrøyning er å samle opp vann lokalt der nedbøren faller for å redusere belastningen nedstrøms tiltaket og dermed beskytte bygg og infrastruktur. Når resipienten (bekken) befinner seg i umiddelbar nærhet kan det være mest hensiktsmessig å ha direkte utslipp, forutsatt at avrenningen ikke er forurenset og at det ikke medfører ulempe for resipient eller nedstrøms bygg, infrastruktur eller naboeiendommer. Halden kommunes overvannsveileder åpner for utslipp i bekk på 15 l/s*ha, forutsatt at trinn 1-nedbøren infiltreres lokalt. Se Figur 10.

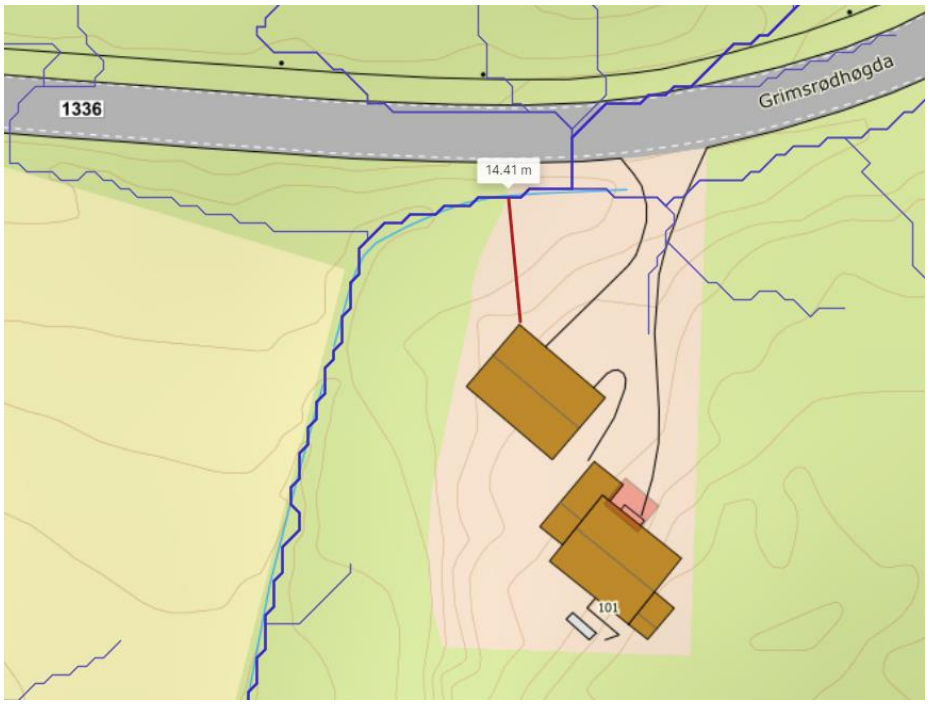
3.2.5.1. Potensiell skade nedstrøms

Resipienten for overflateavrenning er en bekk som krysser tiltaksområdet åpent på terrenget, før den går under veien Grimsrødhøgda i en kulvert og kommer opp på overflaten igjen sør for veien. Bekken starter ca. 650 m nord for prosjektområdet og går sørover ned til utslipp i elva Tista ca. 400 m sør. Bekken er ca. 1,42 km lang og går trolig i kulvert under veien Grimsrødhøgda og under eller forbi et boligfelt helt sør ved Tista før utslipp. Bekken passerer flere boliger og Figur 24 til Figur 26 viser de punktene med kortest avstand fra bekk til eksisterende bygg.

Til byggesak bør det kontrolleres at kulverter har tilstrekkelig kapasitet for å motta vannmengdene.



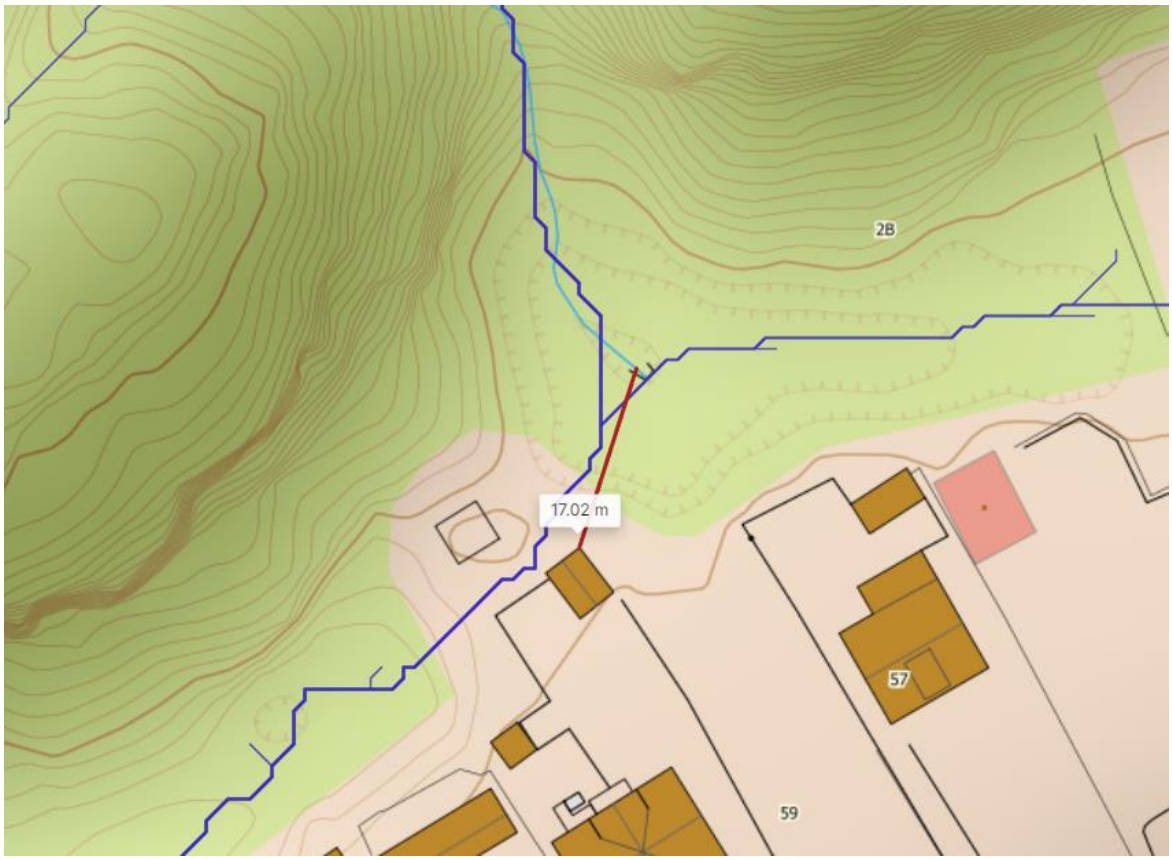
Figur 23 - Utklipp fra Scalgo Live som viser bekken med rød linje og tilhørende høydeprofil. De tre punktene der bekken går nær eksisterende bygg er markert med røde sirkler.



Figur 24 - Utklipp fra Scalgo Live som viser avstand fra bekk til eksisterende bygg i punkt 1 fra Figur 23.



Figur 25 - Utklipp fra Scalgo Live som viser avstand fra bekk til eksisterende bygg i punkt 2 fra Figur 23.



Figur 26 - Utklipp fra Scalgo Live som viser bekkeinntak og avstand fra bekk til eksisterende bygg i punkt 3 fra Figur 23.

3.2.5.2. Vannkvalitet på avrenning

I Tabell 4 står det opplistet ulike overflatetyper med tilhørende klassifisering av forurensningsgrad. Overflatene i tiltaket vil i hovedsak bestå av grønne arealer, takflater og parkeringsplass. Disse flatene klassifiseres som å ha lavt potensial for forurensning, forutsatt at trafikkmengden på parkeringen er lav, som det kan antas her.

Tabell 4 - Klassifisering av urbane flater i henhold til deres forurensningspotensial. Hentet fra Vann- og avløpsteknikk, H. Ødegaard (2014).

Overflatetype	Forurensningspotensiale i overvannet	Klassifiseringen av forurensning	Kommentar
Takflater og grønne arealer			
Grønne arealer og grønne tak uten pesticid-holdig belegg	God og effektiv retensjon av vann og forurensninger på taket	Lav	Dersom det er brukt pesticidholdig belegg, bør overvannet til avløp
Tak av inert materiale og lavt metallinnhold	Forurensning tilsvarende den i regnvann. Langsom akkumulering av forurensninger i infiltrasjonsområdet	Lav	
Tak av inert materiale og normal bruk av metallinstallasjoner (Cu, Sn, Zn, Pb etc)	Hurtig akkumulering av tungmetaller i infiltrasjonsområdene. Den totale metalloverflate er avgjørende for å kunne bestemme tiltak	Middels	Vanligvis utgjør metalloverflaten på et tak 5-10 % av takoverflaten.
Tak med høy bruk av metallinstallasjoner (Cu, Sn, Zn, Pb etc)	Skal man beskytte grun og vann som resipient for overvannnet, bør overvannet renses	Høy	Bygninger med store metallfasader hører også inn under denne kategorien
Parkeringsplasser, oppkjørsler, gater og veger			
Oppkjørsler, privat og offentlig parkering i bo-områder	Lavt forurensningspotensial ved normal bruk. Retensjon av forurensninger i grunnen dersom flatene gjøres permeable	Lav	
Transport og lager-plasser som håndterer farlig avfall	Tap av drifstoff, olje etc. og andre lagrede forurensende stoffer kan infiltreres i grunnen og forurense denne	Middels	Her må man være spesielt observant. Ledes til avløp.
Offentlig parkering med høy trafikktetthet (shoppingsentra etc.)	Økt potensiale for forurensning. Dersom overflaten gjøres permeabel, kan det skje en biodegradering i topplaget i grunnen.	Middels til høy	Forlanger grundig analyse
Veger og gater	Forurensningen er avhengig av trafikken. Vinkelrett på vegen vil man få en akkumulering av miljøgifter i grunnen. Overvannet bør ikke føres til grunnen utover vegskulder, og behandles før infiltrasjon eller til avløpsrenseanlegg	Avhengig av trafikken – ofte høy	Mesteparten av forurensningene (både metaller og PAH) er knyttet til partikulært materiale – det meste til kolloidale partikler.

Det er viktig å sikre at utslippet ikke vil medføre ulempe for bygg og eiendommer nedstrøms, samt at resipienten ikke blir forurenset. Dersom det avdekkes ulemper i senere faser, kan større mengder overvann i stedet fordrøyes innenfor tiltaksgrensen og ev. dreneres med et påslipp til kommunal ledning. Men dersom det ikke avdekkes ulemper, vil det være mest hensiktsmessig å føre overvannet direkte til resipienten. På den måten unngår man å etablere unødvendig store fordrøyningstiltak.

3.2.5.3. Forslag til løsninger

De neste delkapitlene viser forslag til ulike løsninger for overvannshåndtering i Grimsrød tomtefelt. Konkrete løsninger er ikke låst i denne fasen, da det kan komme frem informasjon eller grensesnitt til andre fag i senere faser som kan påvirke hva slags løsning som er best egnet. Overvannsplanen (tegning G001) markerer derfor kun arealer som bør settes av til overvannshåndtering i videre faser for å sikre tilstrekkelig og trygg fordrøyning og avrenning.

TRINN 1

Små regnhendelser skal iht. tretrinnsstrategien infiltrere lokalt i permeable flater. For å sikre mest mulig infiltrasjon bør det velges permeable flater framfor tette flater overalt der det er mulig. Parkering kan for eksempel etableres med gressarmering e.l., som landskapsplanen viser, og det kan etableres blågrønne løsninger på flate tak.

TRINN 2

Overvann bør fordrøyes mest mulig lokalt der nedbøren faller. Det ønskes fortrinnsvis ikke ledningsbasert overvannshåndtering så langt det er mulig. Nedgravde systemer er mindre egnet for tilpasninger i ettertid og det er mindre kontroll over hvordan systemet fungerer, enn med åpne løsninger på terrenget. Lukkede løsninger bidrar mindre til en naturlig vannbalanse enn åpne, infiltrasjonsbaserte løsninger.

Forslag til løsninger for fordrøyning:

- **Regnbed**
  Regnbed passer langs vei og parkering, og særlig i grøntområdene mellom boligene og over kjellerdekket. Regnbedene kan utformes som en del av uteareale ne og bidra til godt biologisk mangfold. Når vannet infiltreres nedover i de ulike lagene vil dette ha en mekanisk renseeffekt på eventuelle partikulære forurensninger.



Figur 27 - Illustrasjonsfoto av regnbed.

- **Åpne, grønne grøfter / vadi**
  Passer i grøft langs vei der det ikke er for bratt terreng. Høydeforskjeller kan evt. tas opp ved å lage terrasserte grøfter. Dette tiltaket tillater fordrøyning øverst i vannfasen og infiltrasjon ned til grunnen. Infiltrasjon gjennom massene vil også ha en renseeffekt på overvannet.




Figur 28 - Illustrasjonsfoto av vadi.

- **Lekearealer med forsenkning**
  Arealer kan settes av til oversvømmelse med en forsenkning i terrenget. Dette kan være flerfunksjonelle løsninger som benyttes til fordrøyning når det regner og for eksempel til lek når det ikke regner. Med en vannfase på 20 cm kan lek være trygt for barn, og det gir samtidig en kortere tømmetid mellom nedbørhendelsene enn dypere vannstander vil gi. Flatene bør være permeable så nedbør kan infiltrere til grunnen.




Figur 29 - Eksempel på vannlek. Åsveien skole i Trondheim til venstre, Gladsaxe sportspark til høyre.

- **Blågrønne tak**
  Det planlegges større bygg i planområdet og takarealer er gjerne en stor kilde til avrenning i en utbygging som dette. Det vil derfor være konstruktivt å håndtere overvann direkte på takene der nedbøren faller. Grønne tak bidrar til å redusere avrenningsmengder fra tak. En andel av nedbøren som faller på vegetasjonsdekket vil fordampes, og videre vil grønne vekster ta opp vann. I kombinasjon med blå takflater kan takvannet fordrøyes lokalt, og det vil redusere behovet for fordrøyningstiltak på terrenget eller nedgravd under bakken.



Figur 30 – Eksempel på grønt tak på Vega scene i Oslo (Bergknapp).

- **Infiltrasjonskassetter**
  Åpne løsninger for fordrøyning bør prioriteres, men dersom det ikke er tilstrekkelig areal på overflaten, kan nedgravde infiltrasjonskassetter benyttes. Det vil fortsatt være infiltrasjon ned til grunnen, som bidrar til å opprettholde en mest mulig naturlig vannbalanse i området. Løsningen krever sluk og ledningsbasert overvannshåndtering og vil ha høyere kostnad enn åpen håndtering i grønne grøfter eller regnbed. Kassettløsningen forutsetter at grunnen egner seg for infiltrasjonsbasert overvannshåndtering.



Figur 31 - Illustrasjonsfoto av infiltrasjonskassetter.

- **Nedgravde fordrøyningsmagasiner**
  Siste forslag til løsning er nedgravde, lukkede magasiner. Hvis grunnen ikke egner seg for infiltrasjon, eller om det er høy grunnvannstand, kan dette benyttes for fordrøyning. Men det forutsetter påslipp til kommunalt nett eller til bekk for å tømme systemet mellom nedbørhendelsene. Det krever også ledningsbasert overvannshåndtering med sluk.



Figur 32 - Illustrasjonsfoto av tett fordrøyningsmagasin.

TRINN 3

Ved ekstremnedbør skal overvann ledes til trygge flomveier åpent på terrenget. Flomveiene kan utformes som definerte, grønne vannveier der vannet fremheves og utnyttes som et estetisk element i landskapsplanen, eller de kan utformes som mindre synlige, grønne nedsenkninger i terrenget eller renner på overflaten. Flomveiene skal sikre trygg flomavrenning fra eksterne nedslagsfelt og interne felt ved ekstremnedbør.

3.2.5.4. Beregninger

ESTIMERT INFILTRASJONSEVNE TIL GRUNNEN

Kart viser at grunnen er kategorisert som uegnet for infiltrasjon. Det kan likevel være store variasjoner lokalt som muliggjør infiltrasjonsbasert overvannshåndtering. I denne fasen er det ikke gjennomført grunnundersøkelser eller infiltrasjonstester som kan gi en konkret infiltrasjonsrate til grunnen. Derfor er det beregnet hva infiltrasjonsraten minimum bør være for å tømme et system med 20 cm vannfase i løpet av 24 timer (kalt K_{min}).

K_{min} = (0,2 m)/(24 t) = 8,3 * 10^{-3} m/t = 2,3 * 10^{-6} m/s

Dersom infiltrasjonsraten måles lavere enn dette, bør overvannssystemene dreneres med utslipp til bekk eller påslipp til kommunalt ledningsnett.

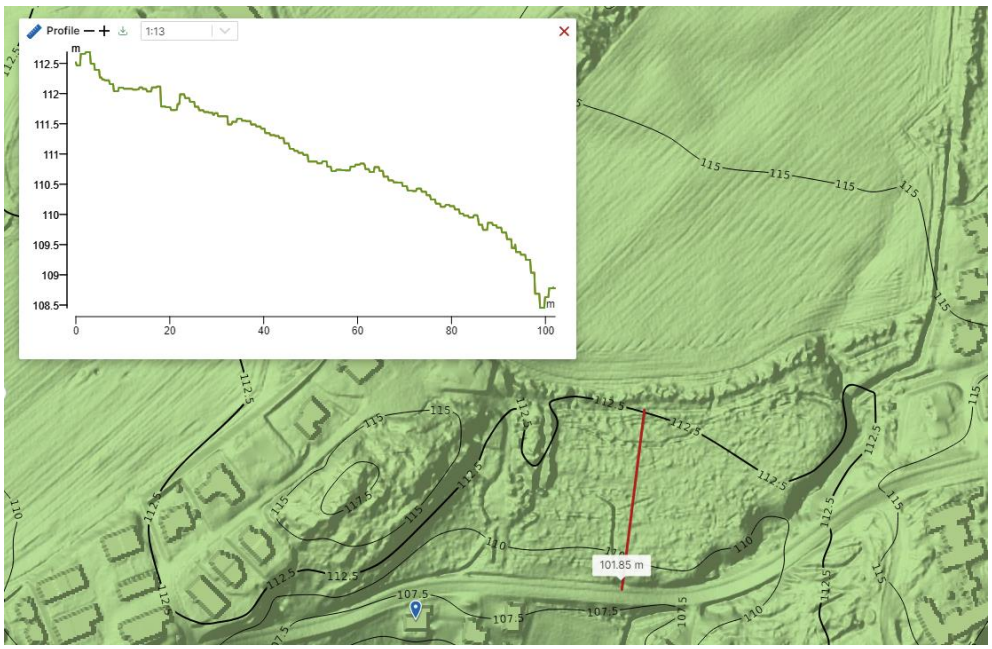
TRINN 1-TILTAK

Trinn 1-nedbør skal iht. tretrinnsstrategien infiltreres lokalt i grønne og permeable flater. Halden kommunes overvannsveileder definerer trinn 1-nedbøren som 2-årsregn og dette regnet skal infiltrere lokalt uten påslipp til kommunalt ledningsnett.

Til beregning av infiltrasjon av trinn 1-nedbør brukes det estimerte tall for fall. I denne fasen er ikke fremtidig terreng fastsatt, derfor er et generelt fall i feltet estimert basert på eksisterende fall fra nord mot sør.

Estimert helning på området:

$i = (z_1-z_2)/L = (112,00-109,25)/96,22 = 0,029$



Figur 33 - Utklipp fra Scalgo som viser et eksempel på fall i eksisterende terreng fra nord mot sør.

For infiltrasjon til trinn 1 er det estimert en grunn infiltrasjon i topplaget basert på veiledende konduktiviteter i Oslo kommunes overvannsveileder. Se grus i Tabell 5. Nødvendig infiltrasjonsareal er beregnet med formel fra Halden kommunes overvannsveileder:

5.2.2 Beregning av nødvendig infiltrasjonsareal

For å finne nødvendig infiltrasjonsareal benyttes jordmassens hydraulisk kapasitet K i m/d (meter per døgn) og formelen **Q = K * M * L * I** der,

Q = Total vannmengde til infiltrasjon i m^3/døgn,

K = Jordmassenes hydrauliske kapasitet,

M = Tilgjengelige infiltrerbare masser,

L = Lengden på utstrømningsområdet,

I = Helningen på området.

Eksempel:

Q = 20 m^3, K = 5, M = 1,0 m, L = X, I = 6%

Vi ønsker å finne nødvendig lengde for å infiltrasjon av 20 m^3 vann og L settes som ukjent.

20 m^3 = 5 m/d * 1,0 m * I * (6/100) ---> L = 20 m^3 / (5 * 1 * 0,06) = 66 m

Figur 34 - Utklipp fra Halden kommunes overvannsveileder som viser beregningsmetode for infiltrasjonsareal.

Tabell 5 - Utklipp fra Oslo kommunes overvannsveileder, som angir typiske infiltrasjonsrater for ulike jordarter.

Jordart	Effektiv porøsitet %	Konduktivitet (m/s)	Konduktivitet (m/t)
steinfylling	30–35	-	-
singel og pukk	40	-	-
grus	15–25	10^{-1}–10^{-3}	102,5–100,5
sand	25	10^{-2}–10^{-6}	101,5–$10^{-2,5}$
silt	0	10^{-5} – 10^{-9}	$10^{-1,5}$–$10^{-5,5}$
leire	0	10^{-9}	$10^{-5,5}$
morene	0–10	10^{-5}–10^{-11}	$10^{-1,5}$–$10^{-7,5}$

Tabell 6 - Beregnet lengde på anlegg for Felt A dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 197,7 m².

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt A			
Q	*8,2*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området (estimert generelt for hele tiltaket)*
L	***197,4***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt A er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 197 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 2455 m^2 (se A_{inf} under beregning for trinn 2-tiltak) og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 7 - Beregnet lengde på anlegg for Felt B dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 157 m².

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt B			
Q	*6,6*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***157,2***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt B er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 157 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 256 m^2 (se A_{inf} under beregning for trinn 2-tiltak) og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 8 - Beregnet lengde på anlegg for Felt C dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 249 m².

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt C			
Q	*10,4*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***248,6***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt C er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 249m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 1046 m^2 (se A_{inf} under beregning for trinn 2-tiltak) og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 9 - Beregnet lengde på anlegg for Felt D dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 283 m².

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt D			
Q	*11,8*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***283,0***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt D er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 283 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 605 m^2 (se A_{inf} under beregning for trinn 2-tiltak) og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 10 - Beregnet lengde på anlegg for Felt E dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 50 m^2.

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt E			
Q	*2,1*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***50,3***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt E er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 50 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 858 m^2 (se A_{inf} under beregning for trinn 2-tiltak) og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 11 - Beregnet lengde på anlegg for Felt F dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 96 m^2.

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt F			
Q	*4,0*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***96,3***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt F er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 96 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 118 m^2 (se A_{inf} under beregning for trinn 2-tiltak) og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 12 - Beregnet lengde på anlegg for Felt G dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 149 m^2.

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt G			
Q	*6,2*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***149,4***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt G er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 149 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 707 m^2 plen og 668 m^2 permeabel belegningsstein og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 13 - Beregnet lengde på anlegg for Felt H dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 62 m².

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt H			
Q	*2,6*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***61,8***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt H er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 62 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 859 m^2 plen og 448 m^2 permeabel belegningsstein, og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

Tabell 14 - Beregnet lengde på anlegg for Felt I dersom bredden er 1 m. Dette gir nødvendig infiltrasjonsareal på 157 m².

Trinn 1 - nødvendig infiltrasjonsareal - Felt I			
Q	*6,5*	m^3	*2-årsregn uten klimafaktor, varighet lik konsentrasjonstid 10 min*
K	*1,4*	m/d	*Infiltrasjon i topplaget - satt til 10^{-3} m/s for grus*
M	*1,0*	m	*Dybde infiltrerbare masser*
I	*0,029*	(-)	*Helning på området*
L	***157***	**m**	***Lengde på anlegg (hvis 1 m bredde)***

I felt I er nødvendig infiltrasjonsareal for trinn 1-nedbør 157 m^2. Tilgjengelig infiltrasjonsareal er 4446 m^2 plen og 887 m^2 permeabel belegningsstein, og det er dermed satt av tilstrekkelig areal.

TRINN 2-TILTAK

Trinn 2-nedbøren skal fordrøyes lokalt innenfor tiltaket. Fordrøyningsvolumet er avhengig av videreført vannmengde, enten til kommunalt ledningsnett, utslipp på terreng eller som infiltrasjon til grunnen. For feltene som ikke befinner seg i umiddelbar nærhet til bekken, Felt A-F, er nødvendig fordrøyningsvolum beregnet med infiltrasjon som videreført vannføring. For Felt G, H og I er fordrøyningsvolumet beregnet med utslipp til bekk som videreført vannføring. Forslag til tiltak som gir tilstrekkelig fordrøyning er vist i overvannsplanen.

FELT A

Beregning av videreført vannmengde - Felt A

- Infiltrasjonsareal: 2077 m^2 permeabel belegningsstein, 237 m^2 nedsenket lekeareal og 141 m^2 regnbed/infiltrasjonsgrøft. A_{inf} = 2455 m^2
- $Q_{videreført} = K_{min} * A_{inf} = (2,3 * 10^{-6}$ m/s) * 2455 m^2 = 0,0056 m^3/s = 5,6 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt A

Regnenvelop				
Felt A				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m^3]	[m^3]	[m^3]
1	481,3	5,64	0,34	5,31
2	411,8	9,66	0,68	8,98
3	368,9	12,98	1,02	11,96
5	318,3	18,67	1,69	16,97
10	229,0	26,86	3,39	23,47
15	181,1	31,86	5,08	26,78
20	153,5	36,01	6,78	29,23
30	117,0	41,17	10,16	31,00
45	88,9	46,92	15,25	31,67
60	70,6	49,68	20,33	29,35
90	49,6	52,35	30,49	21,86
120	39,2	55,17	40,65	14,51
180	30,5	64,39	60,98	3,40
360	19,4	81,91	121,96	-40,06
720	11,7	98,80	243,93	-145,13
1440	7,3	123,29	487,86	-364,57

Figur 35 - Regnenvelopmetoden for Felt A med videreført vannføring på 5,6 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 32 m^3.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt A er 32 m^3. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 15.

Tabell 15 Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt A.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Nedsenket lekeareal	237 m^2	0,15 m	35,55 m^3
Regnbed/infiltrasjonsgrøft	141 m^2	0,20 m	28,20 m^3
		Sum	**63,75 m^3**

FELT B

Beregning av videreført vannmengde - Felt B

- Infiltrasjonsareal: 256 m^2 regnbed. A_{inf} = 256 m^2
- $Q_{videreført} = K_{min} * A_{inf} = (2,3 * 10^{-6}$ m/s) * 256 m^2 = 0,0006 m^3/s = 0,6 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt B

Regnenvelop				
Felt B				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m³]	[m³]	[m³]
1	481,3	4,49	0,04	4,46
2	411,8	7,69	0,07	7,62
3	368,9	10,34	0,11	10,23
5	318,3	14,86	0,18	14,69
10	229,0	21,39	0,35	21,03
15	181,1	25,37	0,53	24,84
20	153,5	28,67	0,71	27,96
30	117,0	32,78	1,06	31,72
45	88,9	37,36	1,59	35,77
60	70,6	39,56	2,12	37,44
90	49,6	41,69	3,18	38,51
120	39,2	43,93	4,24	39,69
180	30,5	51,27	6,36	44,91
360	19,4	65,22	12,72	52,51
720	11,7	78,67	25,44	53,24
1440	7,3	98,17	50,87	47,30

Figur 36 - Regnenvelopmetoden for Felt B med videreført vannføring på 0,6 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 53 m³.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt B er 53 m^3. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 16.

Tabell 16 Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt B.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Regnbed	256 m^2	0,30 m	76,80 m^3
		Sum	**76,80 m^3**

FELT C

Beregning av videreført vannmengde - Felt C

- Infiltrasjonsareal: 826 m^2 permeabel belegningsstein og 220 m^2 regnbed. A_{inf} = 1046 m^2
- $Q_{videreført} = K_{min} * A_{inf} = (2,3 * 10^{-6}$ m/s) * 1046 m^2 = 0,0024 m^3/s = 2,4 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt C

Regnenvelop				
Felt C				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m³]	[m³]	[m³]
1	481,3	7,11	0,14	6,96
2	411,8	12,16	0,29	11,87
3	368,9	16,34	0,43	15,91
5	318,3	23,50	0,72	22,78
10	229,0	33,81	1,44	32,37
15	181,1	40,11	2,17	37,95
20	153,5	45,33	2,89	42,45
30	117,0	51,83	4,33	47,50
45	88,9	59,07	6,50	52,58
60	70,6	62,55	8,66	53,89
90	49,6	65,92	12,99	52,93
120	39,2	69,46	17,32	52,14
180	30,5	81,07	25,98	55,08
360	19,4	103,13	51,97	51,16
720	11,7	124,39	103,93	20,46
1440	7,3	155,22	207,86	-52,64

Figur 37 - Regnenvelopmetoden for Felt C med videreført vannføring på 2,4 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 55 m³.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt C er 55 m³. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 17.

Tabell 17 Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt C.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Regnbed	218 m²	0,30 m	65,40 m³
		Sum	**65,40 m³**

FELT D

Beregning av videreført vannmengde - Felt D

- Infiltrasjonsareal: 471 m² permeabel belegningsstein, 134 m² regnbed. A_{inf} = 605 m²
- $Q_{videreført} = K_{min} * A_{inf} = (2,3 * 10^{-6}$ m/s) * 605 m² = 0,0014 m³/s = 1,4 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt D

Regnenvelop				
Felt D				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m³]	[m³]	[m³]
1	481,3	8,10	0,08	8,02
2	411,8	13,86	0,17	13,70
3	368,9	18,63	0,25	18,38
5	318,3	26,79	0,42	26,37
10	229,0	38,55	0,83	37,72
15	181,1	45,73	1,25	44,48
20	153,5	51,68	1,67	50,01
30	117,0	59,09	2,50	56,58
45	88,9	67,35	3,76	63,59
60	70,6	71,31	5,01	66,30
90	49,6	75,15	7,51	67,63
120	39,2	79,19	10,02	69,17
180	30,5	92,42	15,03	77,39
360	19,4	117,57	30,06	87,52
720	11,7	141,81	60,11	81,70
1440	7,3	176,96	120,23	56,74

Figur 38 - Regnenvelopmetoden for Felt D med videreført vannføring på 1,4 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 88 m³.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt D er 88 m³. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 18.

Tabell 18 Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt D.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Regnbed	134 m²	0,20 m	26,80 m³
Nedsenket lekeareal	471 m²	0,20 m	94,20 m³
		Sum	**121,0 m³**

FELT E

Beregning av videreført vannmengde - Felt E

- Infiltrasjonsareal: 858 m² infiltrasjonsgrøft. A_{inf} = 858 m²
- $Q_{videreført} = K_{min} * A_{inf} = (2,3 * 10^{-6}$ m/s) * 858 m² = 0,002 m³/s = 2,0 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt E

Regnenvelop				
Felt E				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m³]	[m³]	[m³]
1	481,3	1,42	0,12	1,30
2	411,8	2,43	0,24	2,19
3	368,9	3,26	0,36	2,91
5	318,3	4,70	0,59	4,10
10	229,0	6,76	1,18	5,57
15	181,1	8,01	1,78	6,24
20	153,5	9,06	2,37	6,69
30	117,0	10,35	3,55	6,80
45	88,9	11,80	5,33	6,47
60	70,6	12,50	7,10	5,39
90	49,6	13,17	10,66	2,51
120	39,2	13,88	14,21	-0,33
180	30,5	16,20	21,31	-5,12
360	19,4	20,60	42,63	-22,02
720	11,7	24,85	85,25	-60,40
1440	7,3	31,01	170,50	-139,49

Figur 39 - Regnenvelopmetoden for Felt E med videreført vannføring på 2 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 7 m³.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt E er 7 m³. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 19.

Tabell 19 Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt E.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Infiltrasjonsgrøft	670 m²	0,20 m	134,0 m³
		Sum	**134,0 m³**

FELT F

Beregning av videreført vannmengde - Felt F

- Infiltrasjonsareal: 118 m² regnbed. A_{inf} = 118 m²
- $Q_{videreført} = K_{min} * A_{inf} = (2,3 * 10^{-6}$ m/s) * 118 m² = 0,0003 m³/s = 0,3 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt F

Regnenvelop				
Etter utbygging				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m³]	[m³]	[m³]
1	481,3	2,74	0,02	2,72
2	411,8	4,69	0,03	4,66
3	368,9	6,30	0,05	6,25
5	318,3	9,06	0,08	8,98
10	229,0	13,04	0,16	12,88
15	181,1	15,47	0,24	15,22
20	153,5	17,48	0,33	17,15
30	117,0	19,98	0,49	19,50
45	88,9	22,78	0,73	22,04
60	70,6	24,12	0,98	23,14
90	49,6	25,42	1,47	23,95
120	39,2	26,78	1,95	24,83
180	30,5	31,26	2,93	28,33
360	19,4	39,76	5,86	33,90
720	11,7	47,96	11,72	36,24
1440	7,3	59,85	23,45	36,40

Figur 40 - Regnenvelopmetoden for Felt F med videreført vannføring på 0,3 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 36 m³.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt F er 36 m³. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 20.

Tabell 20 - Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt F.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Regnbed	121 m²	0,30 m	36,3 m³
		Sum	**36,3 m³**

FELT G, H OG I

Felt G, H og I befinner seg i umiddelbar nærhet til bekken som krysser tiltaket og benytter derfor utslipp til bekk som videreført vannføring.

Beregning av videreført vannmengde - Felt G, H og I

- Tillatt påslipp iht. Halden kommunes overvannsveileder: 15 l/s*ha.
- Tiltaket utgjør et areal på 28 696 m2 = 2,87 ha
- $Q_{videreført}$ = (15 l/s*ha)(2,87 ha) = 43 l/s

Regnenvelopmetoden for beregning av fordrøyningsvolum – Felt G, H og I

Regnenvelop				
Etter utbygging				
Varighet	Intensitet	Volum inn	Volum ut	Volum fordrøyning
[min]	[l/s*ha]	[m³]	[m³]	[m³]
1	481,3	10,48	2,58	7,90
2	411,8	17,94	5,16	12,78
3	368,9	24,11	7,74	16,37
5	318,3	34,67	12,90	21,77
10	229,0	49,89	25,80	24,09
15	181,1	59,18	38,70	20,48
20	153,5	66,88	51,60	15,28
30	117,0	76,46	77,40	-0,94
45	88,9	87,15	116,10	-28,95
60	70,6	92,28	154,80	-62,52
90	49,6	97,25	232,20	-134,95
120	39,2	102,47	309,60	-207,13
180	30,5	119,60	464,40	-344,80
360	19,4	152,14	928,80	-776,66
720	11,7	183,51	1 857,60	-1 674,09
1440	7,3	229,00	3 715,20	-3 486,20

Figur 41 - Regnenvelopmetoden for Felt G, H og I med videreført vannføring på 43 l/s. Nødvendig fordrøyningsvolum er 24 m³.

Nødvendig fordrøyningsvolum i Felt G, H og I er 24 m³. Foreslåtte tiltak i overvannsplanen og tilhørende kapasitet er vist i Tabell 21.

Tabell 21 - Beregning av tilgjengelig fordrøyningsvolum i delfelt G, H og I.

Overvannstiltak	Areal	Dybde vannfase	Tilgjengelig fordrøyningsvolum
Regnbed	120 m²	0,20 m	24,0 m³
		Sum	**24,0 m³**

TRINN 3-TILTAK

Dimensjonering av flomveier

De prosjekterte flomveiene må ta hensyn til nedbør som faller innenfor tiltaket og avrenning tilført fra eksterne nedslagsfelt via gjennomgående flomveier. Figur 42 viser prosjekterte flomveier.



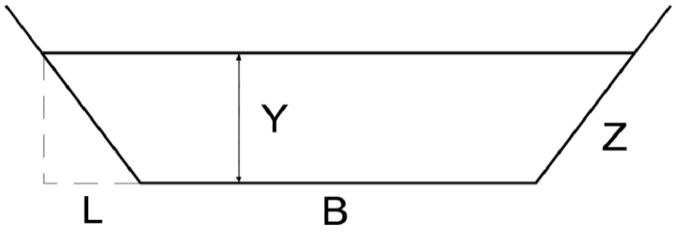
Figur 42 – Utklipp fra overvannsplanen som viser flomveier med blå piler.

Beregnet avrenning til de to flomveiene er vist i tabellen under. Summen av avrenning gir minimum kapasitet for hvert kanaltverrsnitt i videre beregninger. Se Figur 21 for inndeling av nedslagsfelt. Eksterne felt 2-6 går i eksisterende bekk, som videreføres som den er.

Tabell 22 - Beregnet vannføring i Flomvei 1 og 2 ved klimajustert 200-årsregn.

Flomavrenning i prosjekterte flomveier	**Flomvei 1**		**Flomvei 2**	
	Nedslagsfelt	Vannføring	Nedslagsfelt	Vannføring
Eksterne nedslagsfelt	Felt 7	94 l/s	Felt 1	113 l/s
Interne nedslagsfelt	Felt A	72 l/s	Felt C	91 l/S
			Felt D	103 l/s
			Felt E	18 l/s
			Felt F	35 l/s
			Felt G	54 l/s
			Felt H	22 l/s
Sum		**166 l/s**		**436 l/s**

Basert på tilført vannføring til hver flomvei er et mulig tverrsnitt dimensjonert med Mannings formel i Tabell 23 og Tabell 24. Dette viser forslag til utforming, men flere andre tverrsnitt kan også gi tilstrekkelig kapasitet. Dette kan detaljeres i senere faser.



$$Q = M\ A\ R^{\frac{2}{3}}\ I^{\frac{1}{2}}$$

Z = L/Y

Figur 43 - Prinsippfigur av vannvei for dimensjonering med Mannings formel.

Tabell 23 - Dimensjonering av Flomvei 1.

Resultater		**Flomvei 1**
V	1,42	Gjennomsnittshastighet i kanalen (m/s)
n	0,04	Ruhetskoeffisient (-)
R	0,12	Hydraulisk radius (m)
I	0,04	Kanalens bunnhelning (m/m)
M	29	Mannings tall (-)
A	0,1	Kanalens tverrsnittsareal (m^2)
B	0,5	Kanalbunnens bredde (m)
Y	0,18	Kanaldybde (m)
P	1,0	Våt omkrets (m)
Z	1	Kanalens sidehelning (m/m)
Q	0,17	Vannføring (m^3/s)

Kapasitet i kanalen:	**174**	**l/s**

Tabell 24 - Dimensjonering av Flomvei 2.

Resultater		**Flomvei 2**
V	2,42	Gjennomsnittshastighet i kanalen (m/s)
n	0,02	Ruhetskoeffisient (-)
R	0,13	Hydraulisk radius (m)
I	0,02	Kanalens bunnhelning (m/m)
M	63	Mannings tall (-)
A	0,2	Kanalens tverrsnittsareal (m^2)
B	1,0	Kanalbunnens bredde (m)
Y	0,16	Kanaldybde (m)
P	1,5	Våt omkrets (m)
Z	1	Kanalens sidehelning (m/m)
Q	0,45	Vannføring (m^3/s)

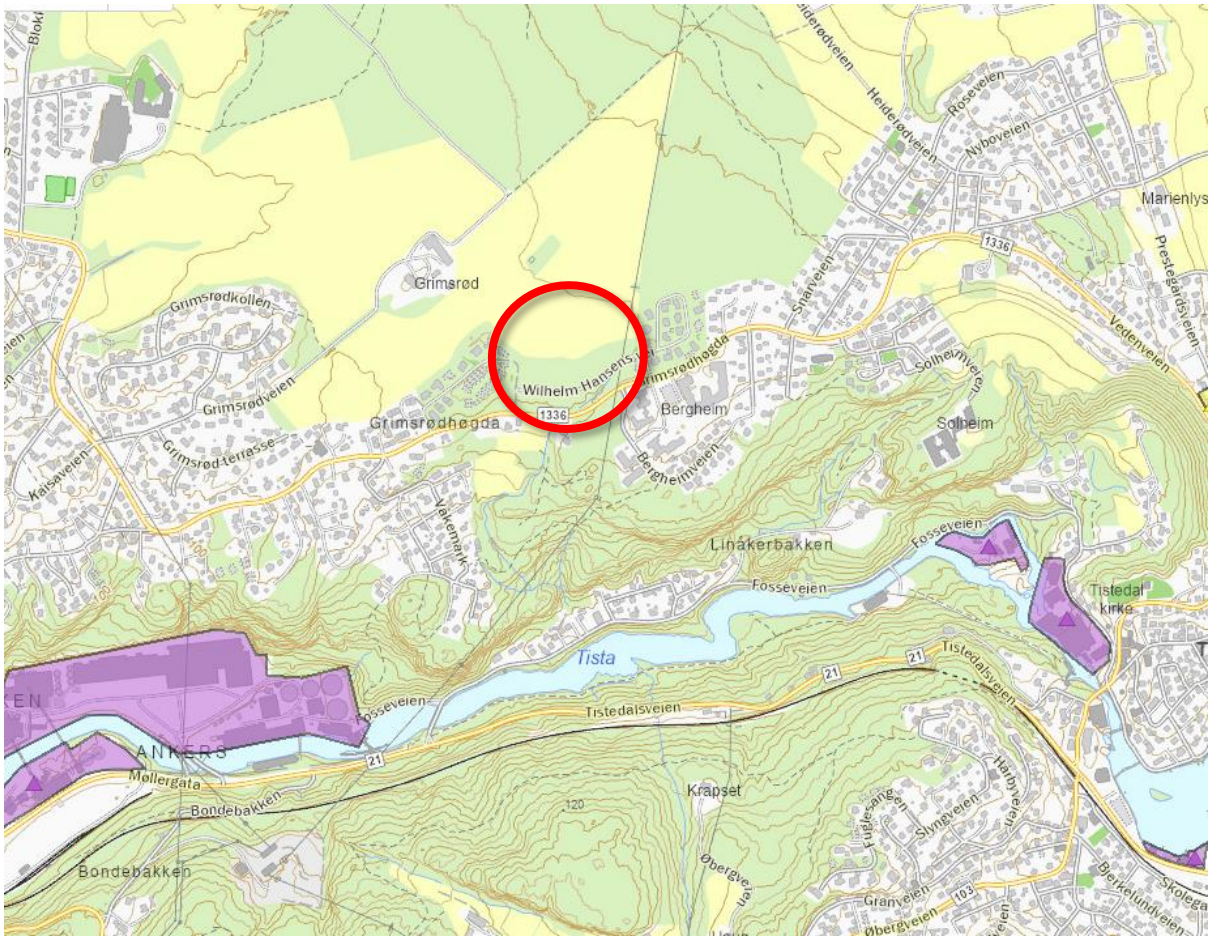
Kapasitet i kanalen:	**449**	**l/s**

3.2.6. LOKAL HÅNDTERING/PÅSLIPP TIL KOMMUNALT NETT

Dersom infiltrasjonstestene, som bør utføres i neste fase, viser lav infiltrasjon kan det likevel benyttes løsninger som utnytter infiltrasjonen i topplaget, som ofte kan skiftes ut med gode kvalitetsmasser. Men for drenering av systemet bør det søkes påslipp til kommunalt ledningsnett og/eller utslipp i bekk. Det anbefales at vannfasen i de åpne overvannsløsningene kan tømmes i løpet av 24 timer for å stå klar til neste nedbørhendelse.

3.2.7. FORURENSENDE AKTIVITETER PÅ EIENDOMMEN

Aktiviteten på eiendommen kategoriseres som å ha lav risiko for forurensning, iht. Tabell 4. Miljødirektoratets kart over grunnforurensning viser ingen indikasjon på at grunnen er forurenset. Dersom det i senere faser viser seg at grunnen er forurenset, bør det vurderes om eiendommen egner seg for infiltrasjonsbasert overvannshåndtering. Infiltrasjon av overvann kan i slike tilfeller spre forurensningen i grunnen.



Figur 44 - Utklipp fra Miljødirektoratets kart over grunnforurensning. Tiltaksområdet er ikke markert med forurensning eller mistanke om forurensning.

3.2.8. DRIFT OG VEDLIKEHOLD

Iht. sjekkliste 5.3.2 i Halden kommunes overvannsveileder skal det redegjøres for fremtidig eierskap og ansvar for drift og vedlikehold. Det skal også hjemles i planbestemmelsene. Overvannsanlegget vil være privat og det vil være tiltakshavers ansvar med drift og vedlikehold.

- **Regnbed og vadi**
  Infiltrasjonskapasitet i regnbed og vadi er avhengig av god etablering av vegetasjon, luking og vanning ved behov. Ved behov kan det også være behov for ugressbekjempelse. For å tilpasse regnbed til det norske klimaet, kan det være nyttig å velge vegetasjonsarter med robust stengel. Dette kan fremme infiltrasjon gjennom et eventuelt islag ved at stengelen vil lage smeltehull i isdekket. (iht. VANN-artikkel «Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold», 2013).

- **Blågrønne tak**
  Blågrønne tak må vedlikeholdes på en måte som ivaretar grøntarealene og sikrer at sluk ikke går tette. De grønne flatene bør gjødsles og vannes ved behov i tørre perioder. Sluk bør inspiseres ofte slik at det oppdages tidlig hvis vannføring forhindres og påvirker fordrøyningsfunksjonen til takene.

- **Infiltrasjonskassetter og tette fordrøyningsmagasiner**
  For fordrøyningsmagasiner med eller uten infiltrasjon består drift og vedlikehold av vedlikehold med spyle-/slamsugebil. Ulike driftsforhold krever ulik hyppighet av vedlikehold og magasiner bør derfor inspiseres jevnlig for å kartlegge hvor utsatt magasinet er for fine partikler som kan redusere infiltrasjonskapasitet eller påvirke fordrøyning.

- **Sandfang**
  For å sikre optimal funksjon i sandfang bør det tømmes når det har nådd 50 prosent av maksimal lagringskapasitet, slik at sandfanget har kapasitet til eventuelle avvik i mengde sand og grus.

3.2.9. KOMMUNAL OVERTAKELSE

Det er ikke aktuelt med kommunal overtakelse.

4. BEKK

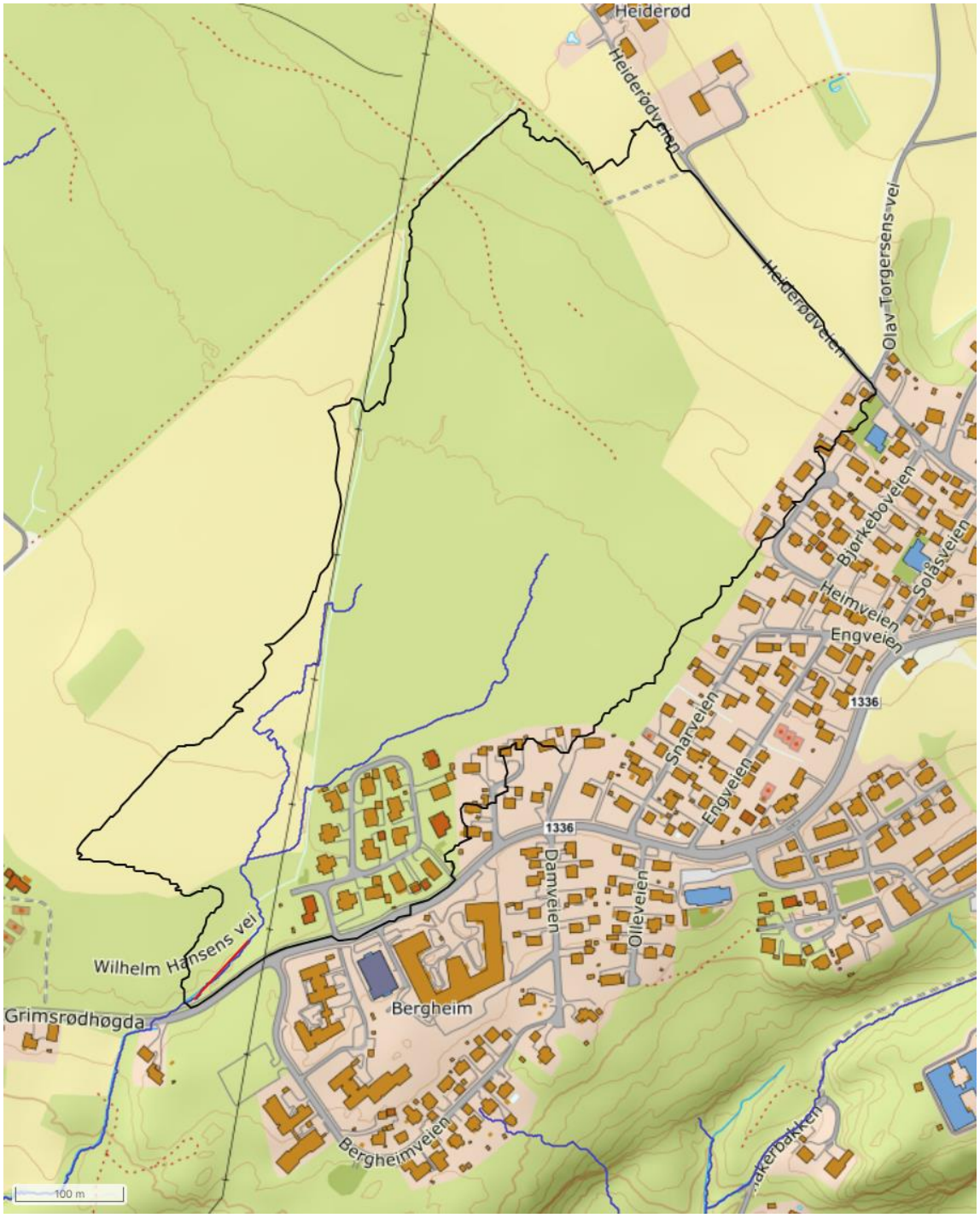
Det går en bekk gjennom tiltaksområdet. For å sikre trygg avstand fra bekk til bygg er det gjort vurdering av vannstand og vannføring i bekken, utført av hydrolog. Etter Tek 17 § 7-2 er sikkerhetsklassen mot flom og stormflo satt til kategori F2 - 200-årsflom. Bekkens utløp har et nedbørfelt på ca. 27 ha, som vist i Figur 45. Iht. Halden kommunes overvannsveileder kan flomavrenning beregnes med den rasjonale metode.

Avrenningsfaktorer er hentet fra overvannsveilederen og konsentrasjonstiden for feltet er beregnet etter metode fra NVEs veileder for flomberegninger (2022/01). Nedbørintensiteten er hentet fra Norsk klimaservicesenter.

Konsentrasjonstiden for bekkens nedslagsfelt er beregnet til 103 minutter. I flomberegningen er det valgt å bruke nedbørintensitet med varighet 90 minutter og 200-års gjentaksintervall. Flomvannføring ved 200-årsflom er beregnet til 322 l/s i dagens klimasituasjon. For fremtidig vannføring anbefaler overvannsveilederen å benytte en klimafaktor på 1,4. Dette gir en vannføring i bekken på 451 l/s.

Vanndybden ved denne vannføringen er estimert med Mannings formel. Beregninger viser at vannstanden ikke stiger høyere enn 15 cm i et tverrsnitt av bekken i nord, og 24 cm ved et tverrsnitt i sør (se Figur 46). Vannflatens bredde blir henholdsvis 2,89 m og 5,11 m, som tilsvarer 1,45 m og 2,56 m på hver side av bekken. Som en ekstra sikkerhet anbefales det at bygg plasseres 4 meter unna bekkens senterlinje.

Vannhastigheten i bekken er estimert til mellom 1,1 m/s og 1,4 m/s. For å unngå utvasking kan det være behov for erosjonssikring, for eksempel med ordna steinlag, plastring eller tørrmur. Egnet type erosjonssikring kan bestemmes i senere fase.



Figur 45 Nedbørfelt til bekken. Grensen til nedbørfelt er markert i svart. Dreneringlinje er markert i blå. En strekning ved utløpet er benyttet å beregne kapasitet til flomvannet, market i rød. Kilde: Scalgo Live.



Figur 46 Større bildet til utlpet. Strekning for helning er markert i rød. To tverrseksjoner for kapasistet til flomvann er markert i blå. Kilde: Scalgo Live.