



DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

BACHELOROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering:
Byggingeniør – Teknisk planlegging

Vårsemesteret, 2022

Forfatter:
Mathias Aase Ulland &
Philip Alexander Skjærpe Tyler

Åpen / Konfidensiell
Mathias Aase Ulland
Philip A. S. Tyler.....
(signatur forfatter)

Fagansvarlig: Ari Krisna Mawira Tarigan

Veileder(e): Ari Krisna Mawira Tarigan, Eirik Moen

Tittel på bacheloroppgaven: Prosjektering av overvann på Tunheim

Engelsk tittel: Design of stormwater system in Tunheim

Studiepoeng: 20

Emneord:
Overvann
Vann og Avløp
Naturbaserte løsninger
Infiltrasjon
Fordrøyning

Sidetall: 69

+ vedlegg/annet: 9

Stavanger, 13.05.2022
dato/år

Sammendrag

I løpet av de siste årene så har tallet på innbyggere i Bryne økt kraftig og det bygges stadig vekk nye boligområder for å legge til rette for dette. Mesteparten av de nye boligområdene bygges i utkanten av Bryne hvor det er mye ubebygde areal å ta av, men nå skal et område som lenge har stått ubebygde midt i Bryne også utbygges. Dette området kalles Tunheim, og ligger litt sør for Bryne sentrum.

Tunheim har en veldig gunstig plassering for å bygge et boligområde, men har ikke blitt brukt før nå grunnet vanskelige geotekniske og vann-relaterede grunner. Grunnen på Tunheim består av mye leire og har derfor veldig dårlig permeabilitet, og de finkornede massene grunnen veldig ustabil. I tillegg til dette så ligger området lavt i forhold til nærområdet og blir derfor utsatt for store mengder avrenning fra nærliggende områder.

Før dette området skal utbygges så er det vedtatt i reguleringsplanen at massene i grunnen skal skiftes ut til mer stabile masser, og det må lages en løsning for overvannshåndteringen i dette området.

I denne oppgaven lager vi en overvannsløsning for dette nye boligområde på Tunheim. Vi utfører først et litteraturstudie om overvann for å finne ut de ulike aspektene vi må ta hensyn til. Deretter så ser vi på de ulike typene tiltak vi kan benytte for å forbedre overvannssituasjonen. Vi analyserer situasjonen på området for å finne ut hvor store vannmengder og andre problemer vi må håndtere. Med et fokus på naturbaserte og blågrønne løsninger lager vi en overvannsløsning som håndterer overvannet på Tunheim, samtidig som det tilfredstiller kommunen sine krav om vann og avløpsystemer.

Summary

During the last few years Bryne has seen a big increase in inhabitants, and this has resulted in more residential areas being built. Most of these new areas are built on the outskirts of Bryne, but now an area in the middle of Bryne which has remained untouched for a long time will be built. This area is called Tunheim, and is located south of Bryne city centrum.

Tunheim has a very suitable location for a residential area, but has not been used until now because of difficult geotechnical and water-related issues. The soil located here contains a lot of clay and therefore has very low permeability, and the fine-grained mass makes for unstable building ground. This area is also located in a low area in comparison to the nearby terrain and is therefore subject to large volumes of runoff water.

Before this area is ready to be built on it has been demanded by the zoning plan that the soil in the area is to be dug out and replaced by more stable mass, and a plan for stormwater is to be made.

In this thesis we will make a stormwater management plan for this new residential area on Tunheim. First we will conduct a literal study on stormwater to find the different aspects we need to consider. After that we will look at the different measures we can use to improve the stormwater situation on Tunheim. We will then analyze the current stormwater situation to find the volumes of water, and other problems we will have to solve. While focusing on blue-green and nature-based solutions we will plan a stormwater system that solves the stormwater situation on Tunheim, while it satisfies Time kommune's demands in relation to water systems.

Innhold

Figurliste	5
Tabelliste	6
Innledning.....	7
Hvorfor er overvannshåndtering viktig?	8
Metode.....	10
Vann og avløpsmengder.....	10
Dimensjonering av rør.....	13
Avrenning	13
Fordrøyning	15
Flom.....	15
Litteraturstudie Overvann.....	15
Hva er overvann?	15
Treleddsstrategien	16
Overvannsløsninger	18
Konsekvenser av overvann.....	19
Naturbaserte løsninger	19
Blågrønn faktor	20
Tiltak for å forbedre overvannssituasjon.....	23
Infiltrasjon	23
Fordrøyning.....	30
Flomhåndtering.....	36
Overvannshåndtering i anleggsperioden	40
Sedimentering av rør.....	41
Selvrensing i avløpsrør	41
Naturbaserte løsninger	44
Analyse av eksisterende overvannssituasjon på Tunheim	48
Vann og avløpsmengder.....	48
Avrenning	49
Flom.....	50
Fordrøyning	53
Oversikt over vannmengder som må håndteres.....	54
Dimensjonering av rør.....	55

Infiltrasjonsanalyse	56
Treleddsstrategien	58
Blågrønn faktor på området.....	58
Konklusjon	61
Aktuelle overvannstiltak på Tunheim	61
Infiltrasjon	61
Fordrøyning og Flom	63
Sammendrag	64
Referanser	66
Vedlegg.....	68

Figurliste

Figur 1. Avrenningsmengde i forhold til bebyggelse.....	9
Figur 2. Vannets kretsløp i et bebygd område	10
Figur 3. Treleddsstrategien	16
Figur 4. Blågrønne flater.....	20
Figur 5. BGF Eksempel.....	23
Figur 6. Oversikt over soner i grunnen.....	24
Figur 7. Renseprosessen i jord	27
Figur 8. Infiltrasjonsanlegg	28
Figur 9. Jordhauginfiltrasjon.....	29
Figur 10. Virkning av fordrøyning på ledningsnett	31
Figur 11. Prinsippstegning fordrøyning.....	32
Figur 12. Fordrøyningskanal ved Bjølsen studentby, Oslo	33
Figur 13. Lukket fordrøyningsløsning av betongrør	33
Figur 14. Lukket fordrøyningsløsning av plastkassetter.....	34
Figur 15. Skisse fordrøyning Tunheim	35
Figur 16. Overvann i bebygde og ubebygde områder.....	36
Figur 17. Flomvei og åpent fordrøyningsanlegg ved Bryne videregående skole	38
Figur 18. Reguleringsplan med flomsone og forslag til flomvei.....	40
Figur 19. Selvrensing i avløpsrør	42
Figur 20. Skjærspenning i rør	43
Figur 21. Delfyllingskurve	43
Figur 22. Regnbed	46
Figur 23. Dimensjonering av regnbed	47
Figur 24. Prinsippskisse infiltrasjon i stedege masser.....	47
Figur 25. Hydrologi Bryne 200 – Time kommune enkel kartportal.....	51
Figur 26. Høydekart med avrenningspiler - Time kommune avansert kartportal	52
Figur 27. Oversiktskart med avrenningspiler – Norgeskart.....	52
Figur 28. Løsmassekart og infiltrasjonskart - Norges Geologiske Undersøkelse	53
Figur 29. Nedbørskart.	54
Figur 30. Oversikt over blågrønne tiltak.....	60
Figur 31. Prinsipp fordrøyning og flomvei Tunheim.....	64

Tabelliste

Tabell 1. Dimensjonerende vannmengde	11
Tabell 2. Omtrentlig fordeling av vannforbruket i en husholdning.....	12
Tabell 3. Maksimale døgn og timefaktorer	12
Tabell 4. Avrenningskoeffisienter	14
Tabell 5. Dimensjonerende nedbør.....	14
Tabell 6. Dimensjonerende spillvannsmengde	49
Tabell 7. Vannforbruk i årets mest forbrukende time	49
Tabell 8. Vannforbruk i årets minst forbrukende time	49
Tabell 9. Avrenning for Tunheim.....	49
Tabell 10. Overvannsmengde på Tunheim.....	50
Tabell 11. Fordrøyningsvolum.....	53
Tabell 12. Rørdimensjoner	55
Tabell 13. Infiltrasjon før utbygging	56
Tabell 14. Infiltrasjon etter reguleringsplan.....	56
Tabell 15. Infiltrasjon etter tiltak.....	57
Tabell 16. Overvannsmengde etter tiltak.....	57

Forord

Denne bacheloroppgaven er produktet av de siste 2.5 årene vi har studert, og markerer slutten på vår 3-årige utdanning innenfor byggingeniør – teknisk planlegging ved Universitetet i Stavanger.

Arbeidet med denne oppgaven har vært spennende og lærerikt, og det har satt overvann i ett nytt lys for oss. Kunnskapen vi har fått om overvann vil følge oss inn i arbeidslivet som en solid grunnmur for videre utvikling.

Vi vil takke veilederen vår Ari Krisna Mawira Tarigan for veldig god veiledning og oppfølging innenfor både teorien rundt oppgaven, og på praktiske deler innenfor overvannshåndtering. I tillegg vil vi takke Eirik Moen ved prosjektil for gode råd om situasjonen på Tunheim og bruk av din tid.

Innledning

Bakgrunn for valg av Tunheim og oppgaven

Etter å ha vokst opp ved siden av Tunheim og sett hvor mye vann som samler seg på området i perioder med mye nedbør, så kunne jeg ikke forestille meg hvordan det kunne bygges ut. Men en dag for rundt 4 år siden så jeg ut vinduet, og utbyggingen av Tunheimsgården hadde starta. Dette var med å vekke interessen min for vann og avløp, og førte meg til hvor jeg er i dag. Tunheim er et interessant område spesielt med tanke på overvann, siden det ligger lavt i terrenget i forhold til områdene rundt og har veldig dårlig infiltrasjon. På grunn av dette valgte vi å skrive bacheloroppgave om overvannshåndtering på Tunheim.

Oppgavebeskrivelse

Problemstillingen vi har valgt for bacheloroppgaven vår er «Prosjektere overvann på planlagt boligområde på Tunheim, Bryne». Oppgaven tar for seg analyse av eksisterende overvannssituasjon før bygging, drøfting av ulike tiltak innenfor overvannshåndtering. Planlegging av en endelig overvannssituasjon med tiltak for å

forbedre infiltrasjon, fordrøyning og flomhåndtering på Tunheim med fokus på å benytte naturbaserte løsninger innenfor infiltrasjon.

Tunheim er i dag under utbygging, og det har allerede blitt lagt en overvannsløsning for området. Vi ser bort fra utregningene og løsningene som har blitt tatt i bruk, og prosjekterer overvannssituasjonen ut fra detaljregulering av området, egne utregninger og Time kommune sin VA-plan.

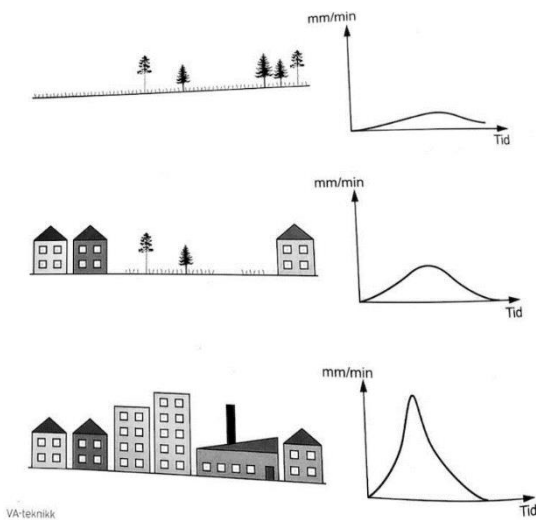
Avgrensninger for oppgaven

I samarbeid med intern og ekstern veileder har vi satt visse begrensninger rundt hva oppgaven skal omfatte. Prosjekteringen av overvann skal skje innenfor detaljreguleringen, og rørdimensjoner utenfor området skal ikke beregnes. I tillegg til dette så skal det ikke gjennomføres beregninger for flomvei, ettersom dette området er spesielt utsatt for flom.

Hvorfor er overvannshåndtering viktig?

Overvann er regn og smeltet snø som ikke trenger ned i jorden. Vannet blir på overflaten og samler seg opp på eiendommer og veier. Avrenningen på et område vil variere i stor grad avhengig av bakken, hus og andre bygninger.

Klimaendringer gjør at det regner oftere og i større mengder. Dette skaper større utfordringer med tanke på overvannshåndtering. Urbanisering fører til færre grøntarealer. Betong, asfalt og hus hindrer vann i å trekke ned i bakken i motsetning til grøntareal.



Figur 1. Avrenningsmengde i forhold til bebyggelse – VA Teknikk

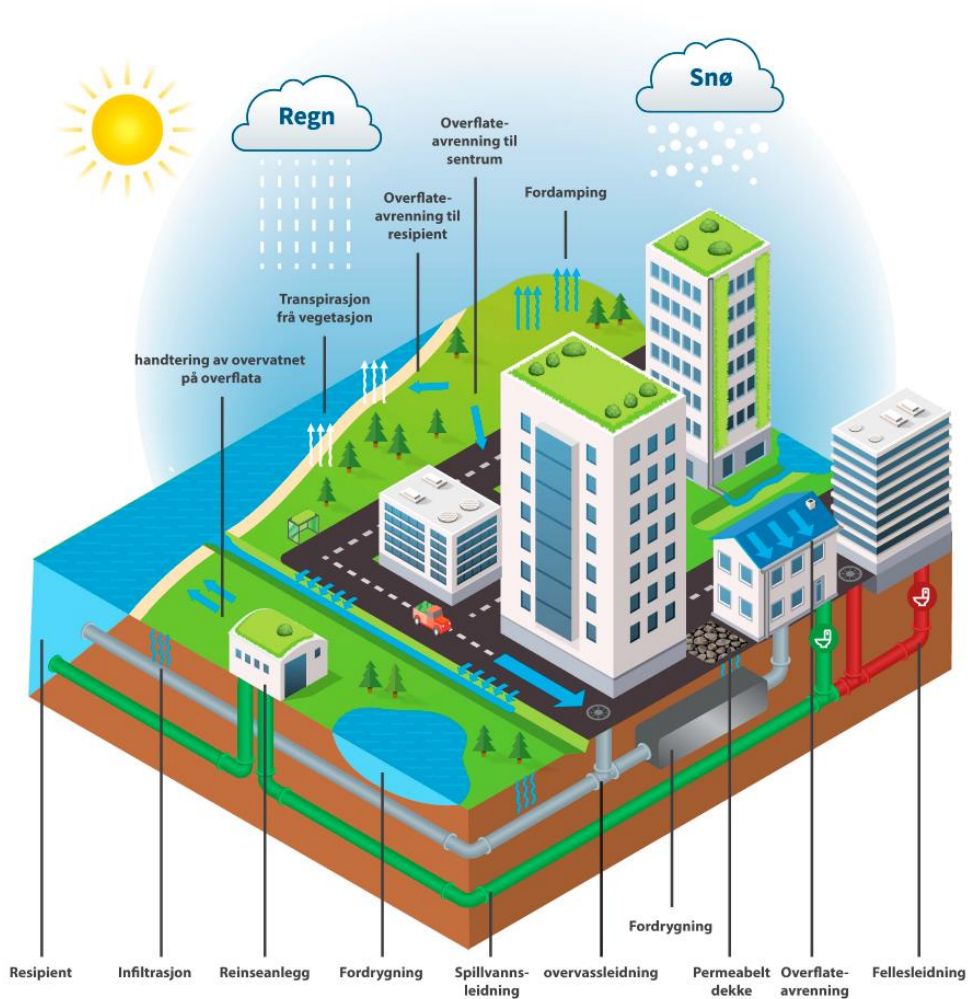
Dette kan føre til problemer og må derfor håndteres på en god måte.

Overvannshåndtering er lokal bortledning, trygg bortledning og behandling av overvannet. Man ønsker å sikre området og unngå å skade på miljøet, helsa og infrastruktur. I tillegg bør man ivareta overvannet som en ressurs. Det er viktig med en god strategi- og beslutningsprosess for overvannet. En må også belyse hvor det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å få til tiltak. Tiltakene skal være både robuste og kostnadseffektive.

For å unngå skader på grunn av overvann ønsker man i størst mulig grad å la vannet infiltrere grunnen eller samle overvannet opp og trygt bortlede overvannet til en resipient. En resipient er en samlebetegnelse på bekk, elv, innsjø, hav, myr som mottar utslipp av forurensninger.

Om det er fare for forurensing må vannet selvsagt renses. Man ønsker å velge løsninger som opprettholder vannets naturlige kretsløp.

Overvann er en viktig ressurs: Ved naturlig infiltrasjon av overvann vil avrenning minke, og dette bidrar til å opprettholde grunnvannsstanden. Naturen er viktig for å dempe flom og rense både vann og luft.



Figur 2. Vannets kretsløp i et bebygd område - Bouvet

Metode

Vann og avløpsmengder

Drikkevann

Den maksimale vannmengden $Q_{dim,VL}$ finner man med formelen:

$$Q_{dim,VL} = Q_{max,h,VL} = \frac{P * Q_h * f_{max} * k_{max}}{24 * 60 * 60} + Q_a + Q_{brann} + Q_{lekk+sikkerhet}$$

$Q_{dim,VL}$ blir da:

Dimensjonerende vannmengde		
Variabel	Verdi	Enhet
Boliger	96	Boliger
P per bolig	2,13	Personer
P	204	Personer
Q _h	170	Liter per dag
Q _a	70	Liter per dag
f _{max}	2,5	
k _{max}	2,5	
Q _{lekk+sikkerhet}	11,25	Liter per sekund
Q _{brann}	20	Liter per sekund
Q _{dim,VL}	33,77	Liter per sekund
Q _{lekk}	10,80	Liter per sekund

Tabell 1. Dimensjonerende vannmengde

Variablene brukt:

P - Personenheter. Det er 96 boliger i en konsentrert småhusbebyggelse. Siden det er småhus, setter vi personer per bolig til 2,13.

Q_h - Forbruk per husholdning. Fra tabell 7.2 tatt fra boken vann- og avløpsteknikk kan man se at omtrentlig fordeling av vannforbruket i husholdning. Derfor bruker vi Q_h = 170 l/p*d

Kilde	Vannforbruk (Liter per dag)
Bilvask og Vanning	0-20
WC	30
Kjøkken, oppvask, mat	40
Tøyvask	30
Bad/Dusj	50
Sum	150-170

Tabell 2. Omtrentlig fordeling av vannforbruket i en husholdning – VA Teknikk

Q_a - Annet forbruk – Det er vanlig å anta 70 liter per dag i Norge.

f_{maks} - Maksimal døgnfaktor - 2,5

k_{maks} - Maksimal timefaktor - 2,5

Type bebyggelse	Døgnfaktor $f_{d maks}$	Timefaktor k_{maks}
Fritidsområder	2,0-4,0	2,0-4,0
Spredt eller samlet bebyggelse med overveiende landbruksvirksomhet	2,0-3,0	2,0-3,0
Mindre samlet bebyggelse med overveiende byvirksomhet	1,5-2,0	1,5-2,5
Større samlet bebyggelse med differensiert byvirksomhet	1,3-1,5	1,5-1,7

Tabell 3. Maksimale døgn og timefaktorer – VA Teknikk

$Q_{lekk+sikkerhet}$ - Settes til 50% av $Q_{dim,VL}$.

Q_{brann} - Brannvannsmengde – I boligområder der det er mindre enn 8 meter mellom hus settes brannvannsmengden til 20 liter per sekund.

Vi setter Q_{lekk} som 32% av den totale vannmengden. Det er flere grunner til at lekkasjen er så høy:

1. Høyt vanntrykk pga. stor variasjon i høydenivå.
2. Store vannmengder i kildene.
3. Koster mer å fikse enn å tillatte lekkasje.

4. Vanskelige forhold, fjell og frostproblemer.
5. Masse gamle rør.

Maksimalt vannforbruk i årets mest-forbrukende time regner vi som vist under:

$$Q_{maks} = \frac{P * Q_h * f_{maks} * k_{maks} + P * Q_a * 3 + P * Q_{lekk}}{24 * 60 * 60}$$

Minimalt vannforbruk i årets minst forbrukende time regnes slik:

$$Q_{min} = \frac{P * Q_h * f_{min} * k_{min} + P * Q_{lekk}}{24 * 60 * 60}$$

Her brukes verdiene: $f_{min} = 0,5$ og $k_{min} = 0,5$.

Spillvann

Spillvannsmengden per år:

$$Q_{dim,SP} = \frac{P * Q_h * f_{max} * k_{max}}{24 * 60 * 60} + Q_{inf} + Q_a$$

Q_{inf} - Infiltrasjon og innlekkingsvann. Denne settes til 0% infiltrasjon og innlekking, grunnet at dette er en helt ny ledning.

Dimensjonering av rør

Vi regner ut de ulike rørdimensjonene med Colebrook-Whites formel som vises under.

$$Q_{max} = -6,95 * \log \left(\frac{0,74}{D_i * \sqrt{D_i * I} * 10^6} + \frac{k}{3,71 * D_i} \right) D_i^2 * \sqrt{D_i * I}$$

Avrenning

Når det er nedbør så vil vannet som treffer bakken enten trekke inn i marka, eller renne videre til et annet sted. Mengden av vann som ikke trekker inn kalles avrenning. Avrenning varierer fra overflate til overflate, hvor et tett dekke som asfalt vil ha høy avrenning, og et permeabelt dekke som skogbunn vil ha lav avrenning. Tunheim kan deles inn i 5 soner med forskjellig avrenningskoeffisient som vist i tabell 9.

For å kunne regne ut avrenningsmengdene så må vi finne avrenningskoeffisienter for de forskjellige sonene og nedbørsmengder i kommunen. Dette henter vi fra VA norm time kommune 2017.

Type Areal	Koeffisient (c)
Tette flater	0,85-0,95
Bykjerne	0,70-0,90
Rekkehus-/Leilighetsområde	0,60-0,80
Eneboligområde	0,50-0,70
Grusvei-/plasser	0,70-0,80
Industriområde	0,70-0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark etc.	0,30-0,50

Tabell 4. Avrenningskoeffisienter – VA-norm Time kommune

Gruppe	Plassering	Frekvens
1	Områder med svært liten fare for skade ved oversvømming	10 år
2	Områder som ikke inngår i gruppe 1 og 3	20 år
3	Områder der oversvømmelse gir spesielt store ulemper	50 år

Tabell 5. Dimensjonerende nedbør – VA-norm Time kommune

Vi dimensjonerer etter 20-års nedbør og med 10 minutters nedbørsperiode.

Regner ut avrenningskoeffisient for hele området med formelen:

$$\varphi = \frac{A_1 * \varphi_1 + A_2 * \varphi_2 + \dots + A_n * \varphi_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Regner ut overvannsmengde for hele området med:

$$Q = K * \varphi * I * A$$

Klimafaktor er satt til 1,4 av VA-normen.

Fordrøyning

Vi regner ut fordrøyingsvolumet med denne formelen:

$$Q_v = Q_{f\ddot{o}r} = AI_{f\ddot{o}r}\varphi_{f\ddot{o}r}$$
$$I_{f\ddot{o}r} = \begin{cases} \frac{140l}{(s * ha)} \text{ frem til 2005} \\ \frac{170l}{(s * ha)} \text{ mellom 2005 - 2012} \\ \frac{202l}{(s * ha)} \text{ fra 2012} \end{cases}$$

Setter $q_{f\ddot{o}r}$ til 0,1 siden hele området var myr før bygging begynte.

Flom

Siden vi ikke skal utføre noen beregninger på Flom, så benytter vi oss av informasjonen tilgjengelig i reguleringsplanen, Time kommune sin kartportal og NGU sine kart for å vurdere flomfaren på området.

Litteraturstudie Overvann

Hva er overvann?

Overvann er vann som renner av overflaten og ikke trenger ned i bakken. Vassdrag er ferskvann i bekker, elver og innsjøer som utløper i havet. Overvann og vassdrag er som følge av regn og smeltet snø. Overvann kommer av at nedbøren renner på vannmettede overflater eller at intensiteten av nedbøren overstiger infiltrasjonskapasiteten til underlaget. Det er vil gå over fra å være overvann når overvannet når et vassdrag. Hvordan overvann renner på overflaten avhenger også av topografien og overflatestrukturen på området.

Økning i arealutnyttelse i byer påvirker overflatens permeabilitet og struktur slik av avrenning av overvann skjer hurtigere. Mer regn og nedbør, og fortetting fører derfor til økt avrenning.

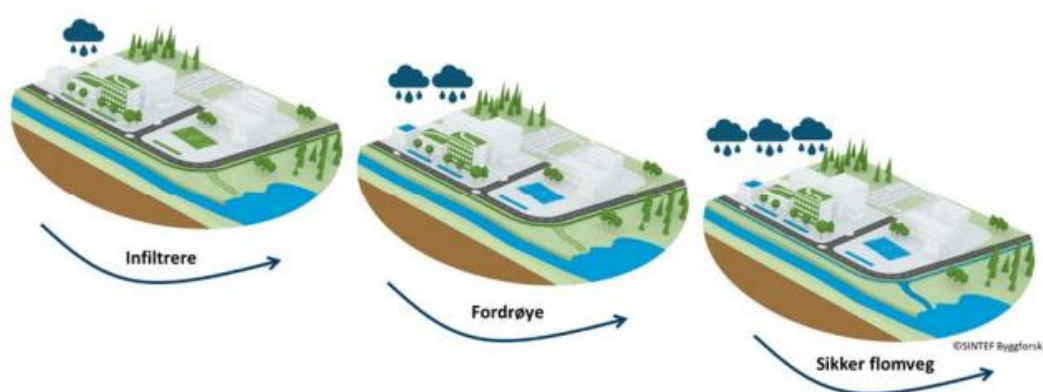
I bebygde områder vil det oppstå overvannsproblemer om avrenningen av overvann på et område overskrider terrengets, vassdragenes og vanninfrastrukturens kapasitet til å infiltrere, fordøye og lede nedbøren til en resipient.

Treleddsstrategien

Håndtering av overvann i Norge blir gjort gjennom et system som kalles Treleddsstrategien. Strategien består av tre ledd:

1. Forsinket avrenning gjennom infiltrasjon til grunnen.
2. Forsinket avrenning gjennom fordrøyning.
3. Sikring av trygg avledning til nærmeste resipient

Hensikten med denne strategien er å håndtere overvann lokalt, på en trygg og effektiv måte som avlaster ledningsnettets. Mindre nedbørsmengder skal infiltreres lokalt, større mengder skal fordrøyes slik at de kan avrenne over lengre tid. Er vannmengden for stor så skal den ledes til nærmeste resipient på en sikker måte som ikke får konsekvenser for den lokale tekniske infrastrukturen.



Figur 3. Treleddsstrategien - SINTEF, fritt etter Lindholm m.fl., 2008

Infiltrasjon

Når vann kommer i kontakt med en flate, så vil vannet begynne å naturlig trekke ned i flaten/materialet/grunnen, og til slutt ende opp nede i grunnvannet. Hvor mye infiltrasjon som skjer på en flate er avhengig av flatens material, og løsmassene i grunnen under flata. På en tett flate som en asfaltert parkeringsplass vil vann infiltrere saktere enn på en gressplen. Hvis det er mye leire under gressplenen og grus under asfalten, så vil vannet på asfalten infiltrere grunnen forttere enn vannet på gressplenen.

Infiltrasjonskapasiteten til et område øker generelt sett med arealet med grøntområder på området. For å øke infiltrasjonskapasiteten til et område på andre måter enn å øke grøntområdet, så finnes det mange løsninger. Det kan benyttes permeable dekker, økt vegetasjon på området, frakobling av takrenner, infiltrasjonssoner og flere andre løsninger. Alle disse løsningene har til felles at de øker arealet til området med mye infiltrasjon og øker infiltrasjonskapasiteten til mindre områder. Viss vannmengdene er for store til å infiltreres, så må vi gå til neste steg, som er å fordrøye overvannet.

Fordrøyning

Fordrøyning er tiltak som forsinkes avrenning og infiltrasjon med å holde på vannet. Fordrøyning gjøres ofte lokalt, og kan benytte både åpne løsninger som infiltrasjonsbasseng, og lukkede løsninger som underjordiske fordrøyingsbasseng. Ved å lage områder og installasjoner som kan holde på overvannet, så kan vi fordrøye vannet over lengre tid, og dermed avlaste ledningsnett. Når overvannsmengdene er for store til at fordrøyningssystemet kan håndtere det, så må vi ha en plan for å lede vannet trygt vekk til nærmeste resipient, en sikker flomvei.

Sikker Flomvei

Ved store overvannsmengder, så må vannet ledes til nærmeste resipient på en måte som unngår skader på bygninger, veier og det eksisterende ledningsnett. Overvann

vil naturlig renne mot det laveste punktet i et terreng, hvor det legger seg i en dam eller renner videre som en bekk. Det kan være en løsning å gjenåpne urbane bekkeløp, og bruke det som en naturlig flomvei. Om det ikke er en naturlig vei for vannet å gå, så kan det konstrueres en trasé som leder vannet vekk. Dette kan gjøres med å lage en tørr renne eller elv som leder vannet vekk fra området. Alternativt så kan byggverk eller selve området forsterkes mot flom ved å lage flomvegger eller å heve bygningene på stedet, men dette vil bare flytte vannet til de nye laveste områdene.

Overvannsløsninger

I Norge så deler vi vann inn i tre kategorier. Drikkevann, Overvann og Spillvann. Drikkevann er rent vann som kommer fra naturlige kilder og lager. Overvann er alt vann som havner på bakken gjennom regn. Spillvann er drikkevann som blir brukt på badet, kjøkkenet, vaskerommet eller andre avløp. Disse tre vanntypene kan håndteres på to måter; felles system og separat system.

I et separat system, så blir spillvann og overvann frakta i forskjellige ledninger. De to ledningene kan dimensjoneres forskjellig, og ledes den mest effektive veien til resipient/renseanlegg. Siden overvannet ikke blandes med spillvann, så kan det ledes rett ut til resipient uten å bli rensset. Ved store nedbørsmengder, så vil kun overvannsrørene bli belastet, og det kreves ikke ett overløp for spillvann som forurenses resipienten.

I et tradisjonelt overvannsystem, fraktes overvann og spillvann i samme ledning. Dette systemet blir ofte brukt i områder med lav bygningstetthet som f.eks hyttefelt. Siden overvann og spillvann går i samme ledning, så vil vannet være forurenset. Vanligvis blir dette vannet fraktet til renseanlegg, men ved store nedbørsmengder så må vannet ledes rett ut i resipient via et overløp, og dette kan forurense resipienten. Når vannet går i felles ledning så vil det være et større volum med vann som må renses, men konsentrasjonen av spillvann vil være mye lavere enn i et separat system så en enklere renseprosess kan brukes.

Konsekvenser av overvann

Overvann renner på overflaten og trekker ikke ned i grunnen. Dette kan skape problemer om det ikke blir håndtert på en god måte. Om det ikke blir håndtert gir det økt risiko for oversvømmelse, skader på materiell, fare for forurensing og høyere belastning på miljøet. En ønsker å redusere skadekostnadene. Det krever en god strategi for utforming og gjennomføring av overvannshåndtering, og dette vil få administrative konsekvenser.

Naturbaserte løsninger

I forbindelse med FN sine mål om å begrense global temperaturstigning og nullutslipp av klimagasser så har det blitt utviklet nye tekniske løsninger som bruker elementer fra naturen. Disse nye løsningene er omtalt som naturbaserte løsninger og innebærer løsninger som bruker eller restaurerer natur, løsninger som baserer seg på natur og blågrønne løsninger. En naturbasert løsning vil bruke naturlige elementer for å lage en teknisk eller samfunnsmessig løsning, og dette vil forbedre naturmiljøet og økosystemet på et område som ellers ville hatt kunstige tekniske løsninger.

I løpet av de siste århundrene så har klimaet i Norge blitt varmere og våtere enn det var før, og det fortsetter den retningen. Mot slutten av det 21. århundre så forventes det at temperaturen stiger mer og at vi får mer ekstremvær enn tidligere. Mye av Norsk infrastruktur ble bygget i det siste århundre, og det har blitt gjort endringer som var tenkt bra, men som viste seg å ikke være bra. Byer med masse tette flater har blitt bygd, vann og avløp er lagt i rør under bakken, naturlige dammer er erstattet med kunstige og så videre. Naturens egne forsvarsmekanismer mot ekstremvær har blitt fjernet og erstattet med kunstig infrastruktur. Dette har fungert bra i starten, men rør som en gang i tida var store har blitt underdimensjonerte grunnet økt befolkning, og klimaendringene hjelper ikke på saken heller. Dette har ført til at vann havner på steder hvor det ikke er tiltenkt, og påført skade på bygninger og infrastruktur. Den økte mengden kunstig infrastruktur har skadet naturens vannbalanse, og vi nærmer oss et punkt hvor vi må ta i bruk nye løsninger for å kunne håndtere overvann. Ved å

kombinere tekniske og naturlige måter for å håndtere det nye klimaet så havner vi på naturbaserte løsninger.

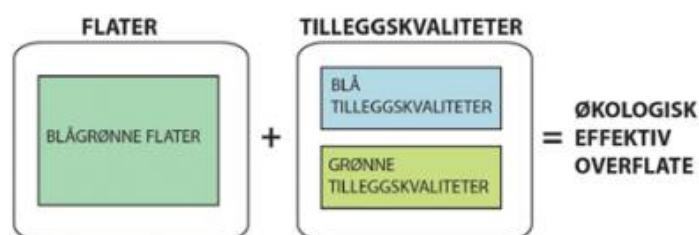
Ved å utnytte naturens egenskaper innenfor tilpasningsdyktighet, fleksibilitet og robusthet til å lage nye tekniske løsninger, så får vi fordelene fra naturens side kombinert med egenskapene til den tekniske løsningen. En naturbasert løsning vi forbedre naturmiljøet, ta vare på økosystem, være bra for rekreasjon, se estetisk bra ut og så videre. Ved hjelp av naturen så kan vi lage løsninger som er mer hardføre imot klimaendringer, samtidig som at de er bærekraftige.

Blågrønne løsninger

Naturbaserte løsninger og blågrønne løsninger er to begrep som ofte brukes om hverandre, men de innebærer forskjellige ting. En blågrønn løsning knytter vannsystemer og overvann sammen med grønnstruktur, for å forme en økologisk infrastruktur. Naturen og vannhåndtering er to ting som er veldig kompatible, så moderne infrastruktur kan bruke elementer fra naturen til å forbedre de tekniske egenskapene til infrastrukturen. Vi ser videre på ulike naturbaserte tiltak i hoveddelen av oppgaven.

Blågrønn faktor

Blågrønn faktor (BGF) er et verktøy en bruker for at man skal velge naturbasert løsninger oftere. Man bruker blågrønn faktor for å fremme fremtidig byutvikling ved hjelp av poengsetting av ulike blågrønne løsninger.



Figur 4. Blågrønne flater - Regjeringen

Blågrønn faktor regnes ut slik:

$$BFG = \frac{\text{ØKOLOGISK EFFEKTIV OVERFLATE}}{\text{TOTAL TOMTAREAL}}$$

Blågrønne flater er her alle flater som gir blå og grønne kvaliteter. De fleste flatene kommer under denne kategorien. De eneste flatene som ikke kommer under denne kategorien, er impermeable flater som har avrenning til offentlige avløpsnett. I regnearket/verktøyet skiller man mellom to hovedkategorier; blå/grå flater og grønne flater.

Blå/grå flater

Poeng gis til blå/grå etter hvor stor grad av permeabilitet og hvor god avrenning disse flatene har lokalt. Det gis høy poengsum til for eksempel åpne permanente vannspeil. Åpne permanente vannspeil er viktige for både overvannshåndtering og biodiversitet. Det gis derimot lav poengsum til harde flater som grus, stein og asfalt. Poengsummen bestemmes etter grad av infiltrasjonsevne og overvannshåndtering. Dersom flatene er delvis permeable gis det høyere poengsum enn hvis det er avrenning på impermeable flater der overvannet renner til et lukket fordrøyningsbasseng.

Grønne flater

Grønne flater er overflater med vegetasjon på enten bygg eller i terreng. Dette kan være både vertikale og horisontale flater. Poengsum for overflater med vegetasjon gis ut ifra dybden til jorden som vegetasjonen vokser i.

Dybden på jorden deler vi inn i fire ulike dybder; over 80 cm, 40-80 cm, 20-40 cm og under 20 cm. Når dybden er over 80 cm er det tilstrekkelig dybde til å plante større trær. Når dybden er mellom 40-80 cm kan det plantes busker og småtrær. Små busker og stauder regnes som tilstrekkelig når dybden er mellom 20-40 cm. Derimot når dybden er under 20 cm kan en kun tillate lavere vegetasjon, som for eksempel gress og bunndekkere.

Tilleggs-kvaliteter

Tilleggs-kvaliteter deler vi inn i to; blå- og grønne tilleggs-kvaliteter. Tilleggs-kvaliteter er kvaliteter som går utover selve flatens kvaliteter. Eksempler på dette er trær, busker og grønne busker. Dersom et areal har flere tilleggs-kvaliteter kan det telles flere ganger.

Blå tilleggs kvaliteter

Dette er arealer som allerede har blitt fylt inn med flater som bedrer håndtering av overvann. Blå tilleggs kvaliteter som er tatt med:

- Naturlige bredder til vannspeil
- Regnbed og tilsvarende

Grønne tilleggs flater

Det viktigste i denne kategorien er trær. Det er her forskjell på nye og eksisterende trær. Store og gamle eksisterende trær får høyest poengsum. Det gis også poeng for busker, hekker og grønne vegger. Grønne tilleggs flater som er tatt med:

- Trær
- Stegen vegetasjon
- Busker og hekker
- Grønne vegger
- Stauder og bunndekkerne

Eksempel over løsning med tanke på BGF:



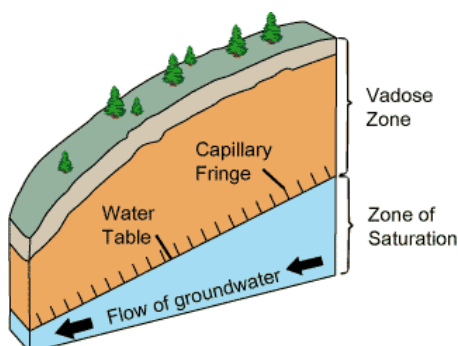
Figur 5. BGF Eksempel - Regjeringen

Tiltak for å forbedre overvannssituasjon

Infiltrasjon

Infiltrasjon er prosessen hvor vann trenger ned i grunnen. Infiltrasjonskapasiteten er definert som den maksimale infiltrasjonen til underlaget. Som regel måles det i meter per dag. Infiltrasjonskapasiteten minker når fuktigheten i jorden øker. Hvis nedbøren overstiger infiltrasjonsraten, og vannet ikke trenger ned i grunnet, vil dette føre til

avrenning. Overflateavrenning er strømmen av vann på overflaten som kommer av at vannet ikke infiltrere grunnen. Dette er fra regnvann, overvann, smeltevann eller andre kilder.



Figur 6. Oversikt over soner i grunnen – United states geological survey

Infiltrasjon påvirkes av flere ting:

- Nedbør
- Jord egenskaper
- Jordfuktighet
- Organiske materialer i jord
- Landdekning
- Skråning

Nedbør

Jo mer regn og nedbør, jo mer vann vil infiltrere bakken inntil den når sin menting. Varigheten av nedbøren vil da også påvirke infiltrasjonkapasiteten. Når det først starter nedbørshendelsen vil infiltrasjon skje raskt fordi jorden er umettet. Etter hvert vil infiltrasjonshastigheten reduseres fordi jorden blir mer og mer mettet. Forholdet mellom nedbør og infiltrasjonkapasiteten vil avgjøre hvor mye avrenning av vann som vil skje. Høyere hastighet på nedbøren enn infiltrasjonkapasiteten, danner det vi kaller avrenning.

Jord egenskaper

Porøsiteten, mål for tomrommet til et materiale, til jorden er avgjørende for å bestemme infiltrasjonkapasiteten. Jord med mindre porestørrelse, som for eksempel

leire, vil ha lavere infiltrasjonskapasitet og lavere infiltrasjonshastighet enn jord med større porestørrelse, som for eksempel sand. Det kan hende det oppstår unntak dersom det er veldig tørr leire og det dannes sprekker. Jordkomprimering kan også påvirke infiltrasjonshastigeten.

Jordfuktigheten

Mettet jord har ikke mer kapasitet til å holde noe mer vann. Da er infiltrasjonskapasiteten nådd og dermed kan ikke hastigheten øke noe mer. Mettet jord fører dermed til mye mer overflateavrenning. Umettet vil ha motsatt effekt, og delvis mettet kan gi moderat hastighet på infiltrasjonen.

Organiske materialer i jord

Organiske materialer øker infiltrasjonskapasiteten. Disse materialene inneholder røtter som skaper sprekker, og dette gir mulighet for raskere infiltrasjon og kapasitet.

Landdekning

Med landdekning menes at overflaten dekkes med en ugjennomtrengelig overflate. Et eksempel på dette er et fortau. Vannet kan ikke trekke igjennom, og dette gir selvsagt økt avrenning.

Skråninger

Med høydeforskjeller/helninger oppstår det lettere avrenning og dermed lavere infiltrasjonshastigheter.

Infiltrasjonstester

En infiltrasjonstest må gjøres på stedet, i feltet der en ønsker å vite infiltrasjonsevnen for å få gode resultater. Målinger og vurderinger gjøres på stedet. En bør utføre infiltrasjonstester der planlagt overvannstiltak skal utføres. Det må også gjøres i samme jordlag som overflateinfiltrasjonen/bunn infiltrasjonen. Det er også viktig at det er god tilgang til vann når en gjennomfører infiltrasjonstestene.

Infiltrasjonsanlegg

Et infiltrasjonsanlegg er et avløpsanlegg der kloakkvann etter slamavskilling infiltreres ned i løsmasser i grunnen. Et slikt anlegg brukes for utslipp fra spredt bolig- og fritidsbebyggelse.

For å kunne ta i bruk et slikt anlegg må grunnen bestå av masser av tilstrekkelig mektighet, den må ha god gjennomtrengelighet og i tillegg ha passende kornstørrelse.

Vannet i et infiltrasjonsanlegg renses når det trenger ned i grunnen og videre ned til grunnvannet. Avløpsvannet renses via kjemiske, mekaniske og biologiske prosesser da vannet filtreres gjennom jordmasser. For at en kan ha et infiltrasjonsanlegg forutsetter det at jordmassene er selvdrenerende og har høy nok evne til å holde tilbake de aktuelle forurensningsstoffene.

Kommunen stiller krav rensing av avløpsvann. Da kan infiltrasjonsanlegg brukes i både følsomme og normale områder. Det er en driftssikker løsning som renses godt og kan i mange tilfeller være den rimeligste løsningen.

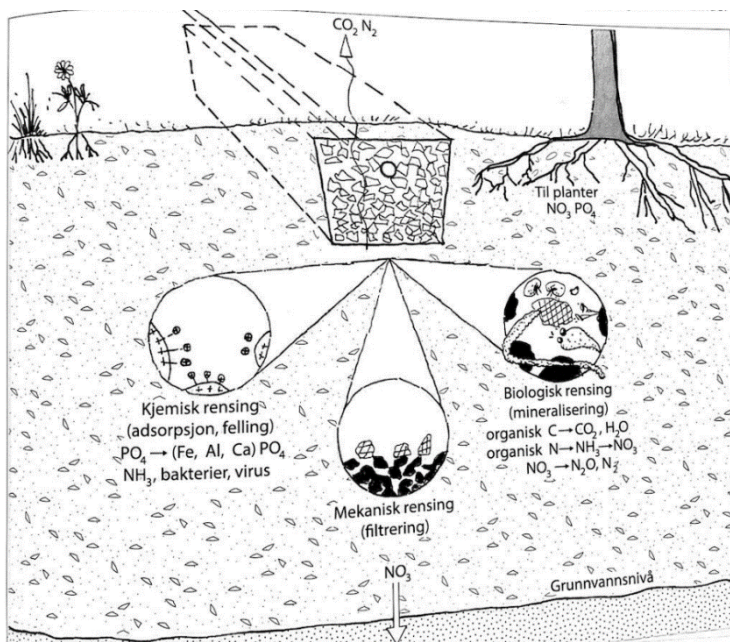
En fordel med infiltrasjon i grunnen er at det krever lite tilsyn. Når en tar i betraktning hygiene og forurensing vil infiltrasjon ned i grunnen som regel være den beste avløpsløsningen. Infiltrasjonsgrøfter er som regel også det rimeligste alternativet. Jordhauginfiltrasjon er et dyrere alternativ enn infiltrasjonsgrøfter, men likevel et alternativ som kan konkurrere med andre avløpsløsninger.

Et infiltrasjonsanlegg krever at området har løsmasser som er egnet og at grunnen har tilstrekkelig mektighet. I tillegg må anlegget plasseres slik at det ikke oppstår noe forurensing av drikkevannskilder og overflatevann.

Et infiltrasjonsanlegg består av to rensetrinn, et forbehandlingstrinn og et hovedrensetrinn. Forbehandlingstrinnet består av en slamavskiller der flyteslam og sedimentert blir holdt tilbake. Hovedrensetrinn inneholder et infiltrasjonsfilter der avløpsvannet os er slamavskilt leds ut i stedlige jordmasser for videre rensing.

Renseprosessen i jord

Konstruerte infiltrasjonsanlegg utnytter prinsippene fysiske (mekaniske), kjemiske og biologiske prosesser.

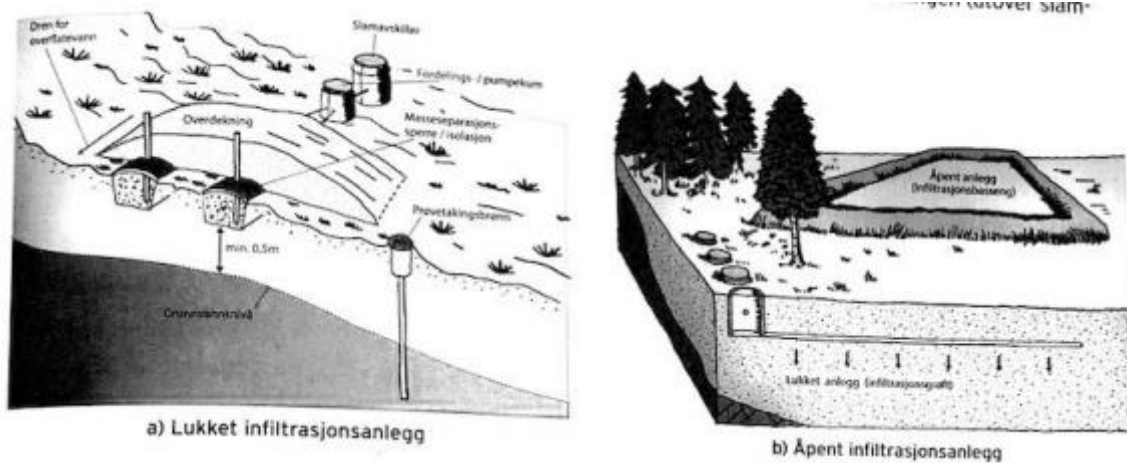


Figur 7. Renseprosessen i jord – VA Teknikk

Mekanisk rensing skjer når partiklene i vannet blir holdt tilbake på grunn av små porer i jorden. Kjemisk rensing skyldes at kolloider og fosfor binder seg til Fe-, Al- og Ca-forbindelser som befinner seg på jordas partikkel overflate. Ved biologisk rensing dannes biofilm på partikkeloverflaten grunnet biologisk omsetning.

Anleggs effektivitet er avhengig av sammensetningen av korn og kjemien på partikkeloverflaten, i tillegg til anleggets utforming og belastning. De fleste anlegg i dag er bygget etter retningslinjene i VA/Miljø-blad nr. 59 og gir god renseseffekt.

Den mest utbredte renseløsningen (utover slamavskilling) er infiltrasjon i naturlige løsmasser (etter slamavskilling). Infiltrasjonsanlegg kan da bygges som enten åpne bassenger eller lukkede grøfter. En skiller mellom lukkede og åpne infiltrasjonsanlegg.

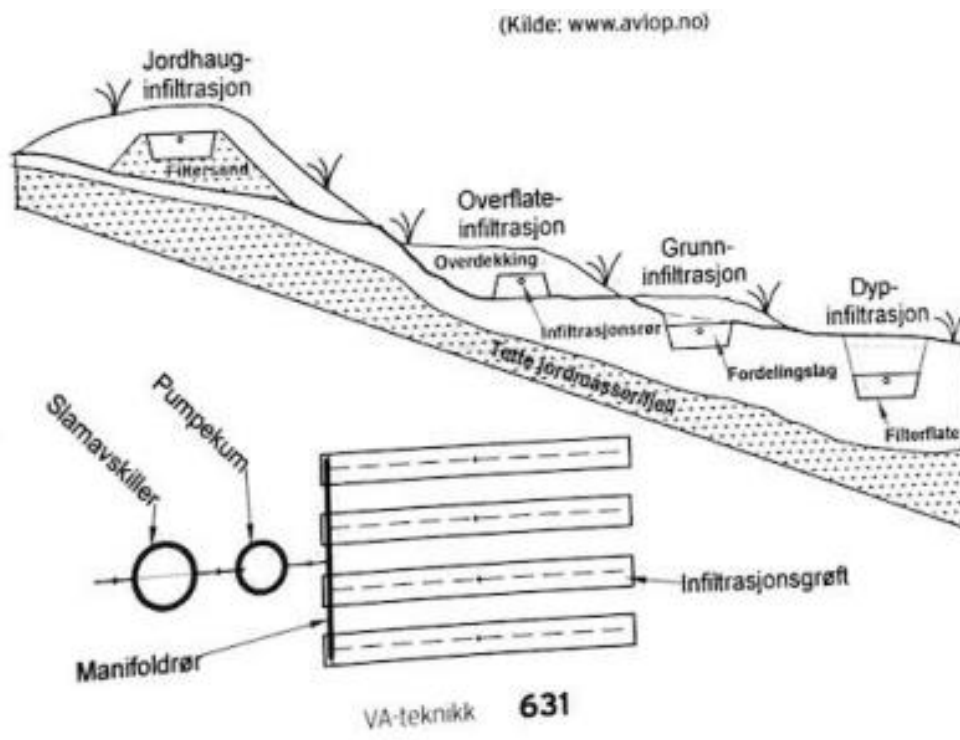


Figur 8. Infiltrasjonsanlegg – VA Teknikk

Lukkede grøfter brukes særlig i spredt bebyggelse, og større infiltrasjonsanlegg tar i bruk større åpne bassenger. I den umettede sonen, mellom bunnen av infiltrasjonsgrøften og grunnvannsspeilet, skjer den viktigste rensingen.

Den primære resipienten er grunnvannet, men grunnvannet ender til slutt i en overflateresipient. I grunnvannssonen vil det også skje renseprosesser. Dersom det ikke skjer nok rensing i denne sonen kan det skape problemer for lokale grunnvannsforsyninger og i tillegg skape problemer for overflateresipienten.

Det kreves altså god kunnskap om både geologi og hydrologi for planlegging og dimensjonering av infiltrasjonsanlegg. En må gjøre gode undersøkelser av de hydrogeologiske forholdene på området før en kan detaljprosjektet.



Figur 9. Jordhauginfiltrasjon – Avlop.no

Figuren viser ulike infiltrasjonsløsninger; infiltrasjon i jordhaug, overflateinfiltrasjon, grunn infiltrasjon og dyp infiltrasjon.

Infiltrasjon i jordhaug

Infiltrasjonen skjer i sanden som er lagt oppå det opprinnelige terrengnivået. Avløpsvannet pumpes til perforerte infiltrasjonsrør og fordeles ut i sandlaget. Det brukes filtersand og en dimensjonerer pukklaget avhengig av filtersanden. Avhengig av de hydrauliske egenskapene til de underliggende massene bestemmer man størrelsen på sandputene. Både de naturlige underliggende jordmassene og filtersanden er med på å rense vannet. Infiltrasjon i jordhaug brukes der det er for liten avstand til grunnvannet eller at området er svært sårbart.

Åpne infiltrasjonsanlegg (Hurtiginfiltrasjon)

Ved boligfelt og mindre tettbebyggelser kan en bruke åpne infiltrasjonsanlegg. Avhengig av grunnforholdene på området kan belastningen på åpne infiltrasjonsanlegg variere fra 100-500 l/m²*d. Om en skal ta i bruk åpne infiltrasjonsanlegg krever det

tilgang på godt egnede løsmasseavsetninger som har stor utrekning og i tillegg god mektighet i og over grunnvannssonen.

Konstruerte sandfilter, biofilter og våtmarker

- Sandfiltergrøfter- Best egnet der det ikke finnes naturlige løsmasser for infiltrasjon.
- Biofilter- Kan benyttes som forbehandling for alle filterbed og kan i tillegg erstatte infiltrasjonsgrøfter.
- Konstruert våtmarker og filterbed- Brukt mye i spredt bebyggelse i andre land.
- Kompakt filterbed- Samme renseseffekt som vanlig filterbed, men krever utskifting av filtermassen hvert 5. år.

Infiltrasjon på Tunheim

For å unngå overvann på overflaten på området er det noen tiltak som kan være aktuelle. Det er ønskelig å beholde så mye som mulig de organiske materialene i jorden som mulig, og i tillegg unngå unødvendig landdekkning. Altså der det er mulig; unngå ugjennomtrengelige overflater.

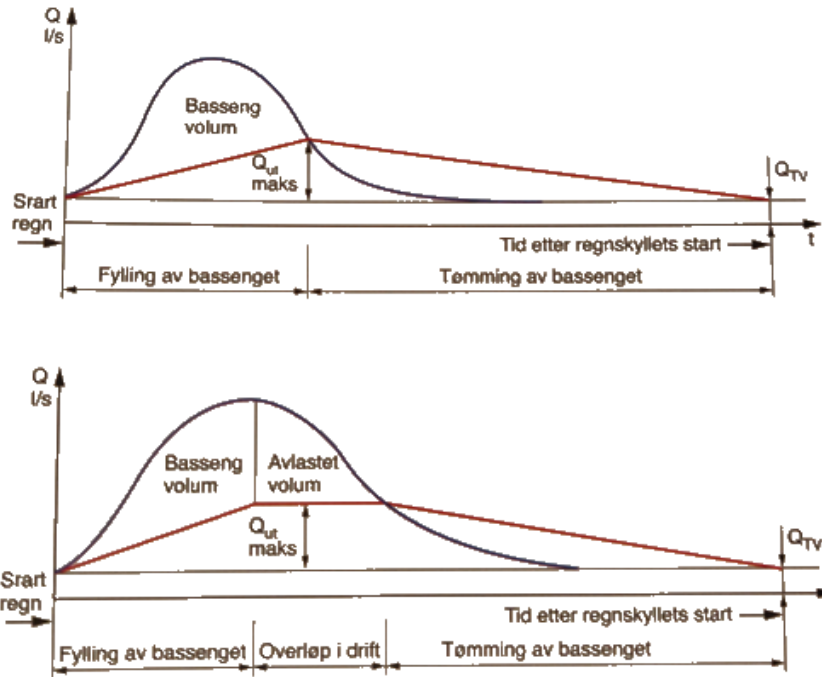
Når det gjelder infiltrasjonsanlegg må dette plasseres på et område med lav høyde og det må være tilstrekkelig plass. I tillegg må det være mulighet for adkomst til anlegget. Det er med tanke på slamtømming, drift og vedlikehold. På området vil vi bruke infiltrasjon i naturlige løsmasser, et lukket infiltrasjonsanlegg. Infiltrasjonsgrøfter bør legges så grunt som en kan, det gir lengst mulig avstand til grunnvannet.

Fordrøyning

Hva er fordrøyning?

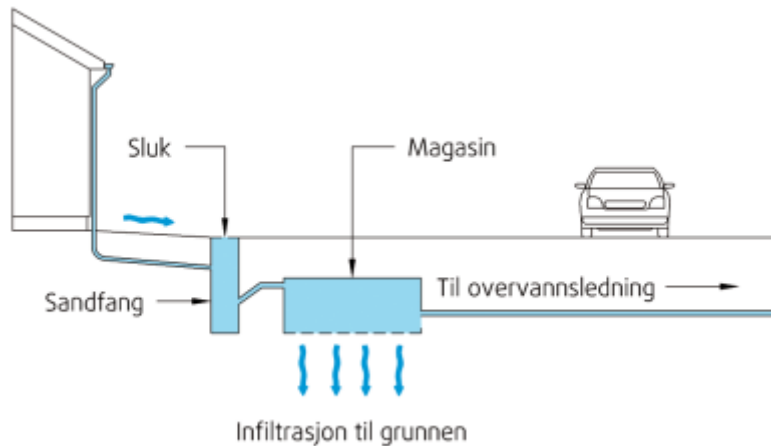
Når nedbørsmengdene på et område blir for store til at de kan infiltrere ned i grunnen, så vil vannet samle seg på bakkeoverflaten, og begynne å renne veien med minst motstand. Vanligvis vil vannet renne ned mot en kum, dam eller bekk, men med store

og ujevne vannmengder så kan rør og vannveier overbelastes. For å forhindre dette så bruker vi tiltak som bremsere og holder igjen vannet, disse tiltakene kalles fordrøyning. Ved å bruke løsninger som forsinker avrenningen til vannet så gir vi det mer tid til å infiltrere ned i grunnen, og sikrer en mer jevn avrenning av vann til rør og naturlige vannveier. Utjevningen av avrenninga vises i grafene nedenfor:



Figur 10. Virkning av fordrøyning på ledningsnett – VA Teknikk

Generelt sett så består en fordrøyningsløsning av et magasin hvor vann kan samles, og et utløp som kan regulere vannmengden som går til resipient.



Figur 11. Prinsippstegning fordrøyning – SINTEF Byggforsk 311.015 Vann i by

Disse løsningene kan deles inn i to hovedkategorier: Åpne og lukka løsninger. I en åpen løsning så vil nedbør ledes til en dam/basseng som ligger åpent på bakken. Vann som samles i magasinet, vil naturlig infiltrere ned i grunnen samtidig som det ledes til resipient gjennom regulerte rør. I et basseng vil hele volumet til bassenget kunne brukes til fordrøyning. Denne løsningen kan brukes i samspill med arealplanlegging til å utforme elver og dammer som øker den estetiske verdien til området. Men siden dette er løsninger som ligger åpent, så må de planlegges i reguleringsplanen.



Figur 12. Fordrøyningskanal ved Bjølsen studentby, Oslo – Rainer Stange

På steder det ikke er mulig å bruke åpen fordrøynings, så kan det benyttes en lukka løsning. Istedenfor å lede overvann til en åpen dam, så ledes vannet ned i kummer/kanaler og føres til et underjordisk magasin hvor vannet fordrøyes. Fordrøyningsmagasin er vanligvis magasin fylt med plastkasser eller grov sprengstein, eller betongrør. Magasinene er vanligvis bygd med sandfang for å unngå tetting av porene i magasinet og utløpsrør. For å få best mulig mulighet til infiltrasjon så blir stein og plastfylte magasin ofte laget av et permeabelt materiale som fiberduk eller plast med hull. Lukka magasin har forskjellig kapasitet avhengig av hva magasinet bygges av/fylles med. Plastkassetter vil gi ca. 95% hulrom, steinfylt magasin vil gi ca. 30-40% og magasin av betongrør vil gi rørenes volum. En lukka fordrøyningsløsning er mindre avhengig av arealplanlegging, og kan benyttes uavhengig av det som er regulert på overflaten.



Figur 13. Lukket fordrøyningsløsning av betongrør – Skjæveland cementstøperi



Figur 14. Lukket fordrøyningsløsning av plastkassetter - Wavin

Hvordan kan fordrøying brukes på Tunheim?

I analysen av området så kom vi frem til at vi må fordrøye 545,2 m³ vann. Det er ikke regulert inn et åpent fordrøyningsbasseng på området, og vi må derfor benytte en lukket løsning. Fordrøyningsanlegget burde legges på et område med lav høyde, sånn at vann renner naturlig ned mot bassenget, men samtidig høyt nok til at vann kan renne fra bassenget over til eksisterende overvannsrør og videre til resipient uten å måtte pumpes. Bassenget burde enten være laget av store betongrør eller steinfyllt grop, avhengig av størrelsen på bassenget. Fordrøyningsanlegg burde legges på et av de to område merka med magenta farge eller deles på de to områdene, ettersom disse områdene er lavtliggende på området og vann vil naturlig renne mot dem.



Figur 15. Skisse fordrøyning Tunheim (Uten skala)

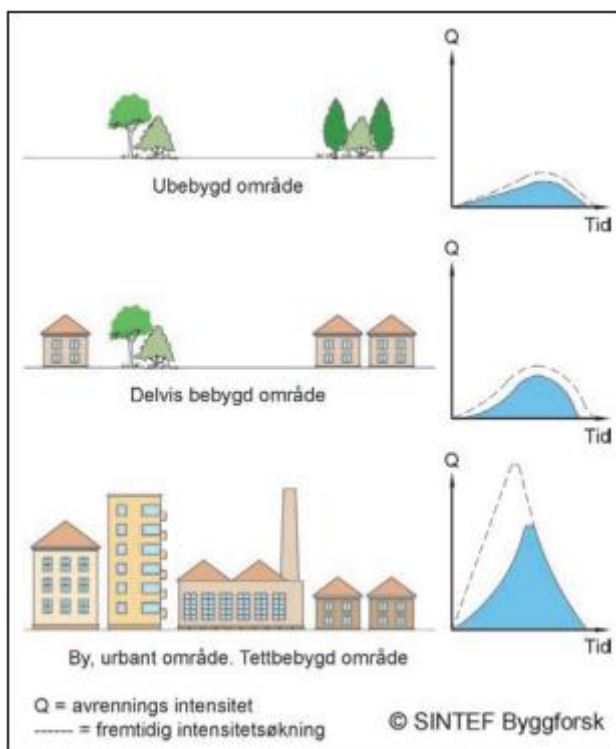
Ved å lage et fordrøyningsanlegg etter dimensjonert størrelse så vil vi unngå overbelastning av overvannsledninger i området og nedstrøms, med å regulere vannmengden som går til ledningsnettets ved store nedbørsmengder. Ved å ha basseng som vannet renner til, så vil vi også få mindre vann som samler seg på bakken i lave områder, og det vil bli mindre vannrelaterte skader på bygninger og infrastruktur.

Flomhåndtering

Hva er flomhåndtering?

I Norge planlegges overvannsystem med treleddsstrategien. Små nedbørsmengder blir infiltrerte, større vannmengder opp til 1-års nedbør blir som regel håndtert av fordrøyningsanlegg og mer nedbør enn dette blir kategorisert som flom. Flom er ikke bare et produkt av nedbørsmengder, men også områdets beliggenhet i terrenget, avrenning, kapasitet til rørsystem, feil i teknisk infrastruktur og andre årsaker som stormflo.

Nedbør renner veien med minst motstand etter det treffer bakken, og vil vanligvis samle seg i en naturlig dam eller bekk. Ved store nedbørsmengder, så vil arealet som er dekket av vann rundt dammen eller bekken øke, og vi kaller dette området for en flomsone. Hvor mye vann som samler seg innenfor en flomsone vil være direkte avhengig av avrenningen på stedet.



Figur 16. Overvann i bebygde og ubebygde områder – SINTEF Byggforsk

Områder som har mye tette flater vil generelt sett ha mer avrenning enn områder som er dekket av grøntområder, og dette vil føre til større flomsoner i mer bebygde strøk.

Vi finner gamle og underdimensjonerte rørsystem over alt i Norge. På slike områder så kan flom oppstå selv med mindre nedbørsmengder, når ledningsnettets er for lite så vil vannet ikke bli ledet til resipient og samle seg opp. Dette kan skape flomsoner som er vanskelige å beregne. Uforutsigbar flom kan også skapes av feil i teknisk infrastruktur; Sand og løvfanger som blir tette, rør som sprekker og andre tekniske feil kan også lede til at vannet ikke blir ledet bort fra et område. I områder ved kysten så kan stormer føre til at vannstanden i sjøen øker. Dette fenomenet kalles stormflo og vil lage flomsoner i lavtliggende områder langs kysten.

Ulike typer flomhåndtering

Som det tredje leddet i treleddsstrategien sier, så må store vannmengder ledes til nærmeste resipient på en måte som unngår skader på omgivelsene. Den beste måten å gjøre dette på er ved bruk av en flomvei. En flomvei er en naturlig eller kunstig kanal som skal tre i funksjon når vannmengdene er større en ledningsnettets kan håndtere, og ved tekniske feil som tilstoppinger i rør. Flomveier kan være strekninger som vanligvis har andre formål som stier, veier, parker eller idrettsplasser, men som gjøres om til en vannvei ved behov.



Figur 17. Flomvei og åpent fordrøyningsanlegg ved Bryne videregående skole – Asplan Viak

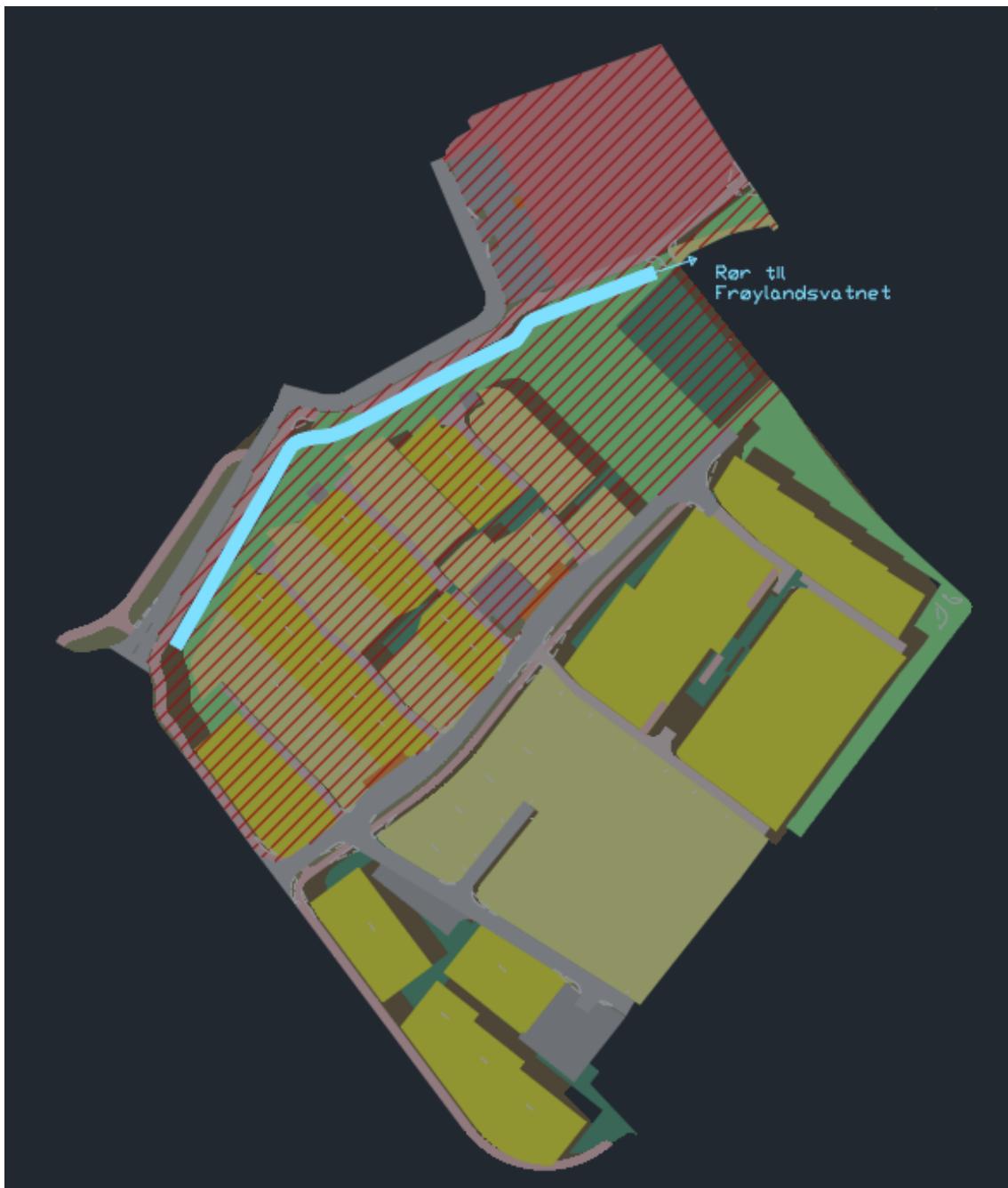
En flomvei må planlegges slik at vann naturlig renner mot den, og må utformes på en måte som krever enkelt og lite vedlikehold. Dersom annen infrastruktur som vei skal brukes som flomvei, så må det gjøres analyse i forkant for å forsikre at benyttet infrastruktur tåler den ekstra belastningen. Som det vises i bildet ovenfor så kan en flomvei kombineres med for eksempel et åpent fordrøyningsanlegg for å få bedre utnyttelse av areal, og i noen tilfelle et bedre estetisk inntrykk. En annen løsning som benyttes i forbindelse med mer blå/grønne tiltak er gjenåpning av bekk.

Mange områder har naturlige bekker som har blitt lagt i rør for å gjøre til rede for bebyggelse/arealbruk, og disse kan åpnes opp igjen for å fungere som en naturlig flomvei for området. De fleste løsningene som involverer flomveier har betydelig påvirkning på arealet/landskapet, og må planlegges i reguleringsplanen.

Hvordan kan vi håndtere flomfaren på Tunheim?

Tunheim ligger på et spesielt lavt område som vist i analysen, under kraftig nedbør så vil avrenning renne mot Tunheim, og ved store vannmengder så vil det samle seg på området. Grunnen i lavområdene på Tunheim er myr med veldig dårlig infiltrasjonsevne, så vannet som samler seg vil bli liggende i lengre perioder før det infiltrerer og fordamper bort. I tilfelle et 200-års nedbør treffer Bryne, så vil store deler av Tunheim stå under vann opp til 2 meter dypt. Det er tegnet inn faresone for flom i reguleringsplanen og viss flomfaren ikke kan håndteres, så er området uegnet for utbygging. Dette er både på grunn av de store vannmengdene, og fordi morene med en del leire vil oppta vann og kan bli ustabil.

For å forhindre flom så kan en åpen flomvei bygges langs hele lavområdet på Tunheim (27moh) for å lede store nedbørsmengder direkte til Frøylandsvatnet (24moh). Den åpne flomveien kan brukes som et åpent fordrøyningsmagasin ved lave vannmengder, og ha et overløp ved høyere vannstand som leder større vannmengder direkte til resipient. Høydeforskjellen mellom Tunheim og Frøylandsvatnet sikrer at vannet renner i riktig retning, og ikke krever pumping.



Figur 18. Reguleringsplan med flomsone og forslag til flomvei (Uten skala)

Overvannshåndtering i anleggsperioden

Under anleggsperioden så vil planområde stå uten noen form for infrastruktur til å håndtere overvann, og vi må derfor gjøre tiltak for å kunne håndtere eventuelt nedbør. Tunheim ligger på et lavt område, og det kan være at vann samler seg på områder

lavere enn rørsystemet på området rundt. Om nødvendig så må vann pumpes fra lave områder til eksisterende ledningsnett eller annen resipient, for eksempel Eivindsholtjørn. Overvannet fra anleggsvirksomheten kan være kontaminert av maskinene på anlegget, og burde derfor renses før det pumpes til nærmeste resipient. Rensing kan gjøres ved å lage sedimenteringsbasseng på områder hvor vann samler seg på anlegget, som overvann kan renne gjennom før det pumpes vekk. Sedimenteringsbassengene burde ha stort areal og lav vannhastighet sånn at partikler får tid til å falle til bunnen av bassenget, sandfilter, og olje/slamutskiller kan lages ved behov. Etter anleggsperioden må slam fra renseanlegg fraktes til godkjent mottak.

Sedimentering av rør

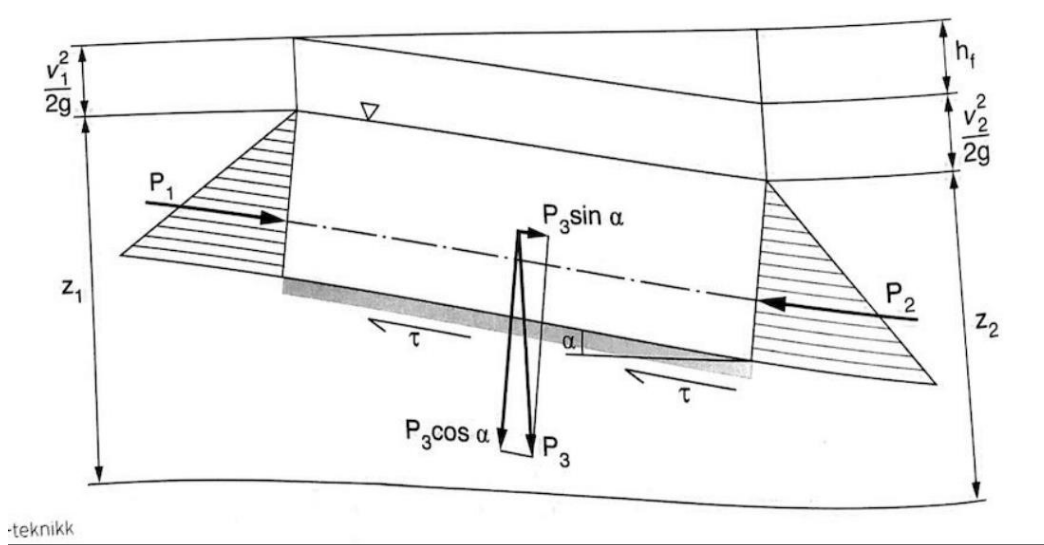
Sedimenter er små partikler i vannet, partiklene kan bli transportert vannet. Etter hvert legger partiklene seg som et lag i bunnen. Når slam legger seg i ro i et lag på bunnen kalles det sedimentering. Sedimentering kan skylles lav sirkulasjon eller en liten passasje i rørene.

En partikkel som synker i vann, vil oppnå sin største synkehastighet veldig hurtig ved

$$\text{Stokes lov: } v_s = \frac{1}{18\mu[g(\rho_p - \rho_w)d_p^2]}$$

Selvrensing i avløpsrør

For å unngå at partikler skal kunne sedimentere på bunnen kan en bruke selvrensende avløpsrør. Et rør er selvrensende, når τ være større enn en viss verdi i minst 2-3 timer per døgn. Figuren viser en prinsippskisse med alle kreftene i en selvrensende kanal.



Figur 19. Selvrensing i avløpsrør – VA Teknikk

Vannføringen og dybden i hele kanalen må være den samme. Da er det to krefter som virker; tyngdekraften og friksjonskraften. Vannet vil etter hvert få en konstant fart og dermed er bli de to kreftene i balanse.

Dette gir denne ligningen: $P \cdot L \cdot \tau = \gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin \alpha$

L = Lengden på vannelementet (m)

P = Fuktet lengde i tverrsnittet (våt perifer) (m)

A = Areal av elementets tverrsnitt (m^2)

α = Helningsvinkel på ledningen

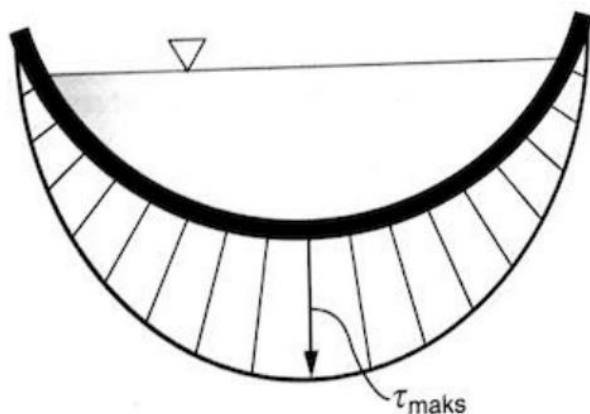
γ = Spesifikk vekt av vannet (N/m^3)

τ = gjennomsnittlig skjærspenning (N/m^2)

R = Hydraulisk radius (m)

I = Helning på ledningen (m/m)

Vi er kun interessert i skjærspenningen i bunnen av røret fordi det er der partiklene legger man ønsker å transportere bort.

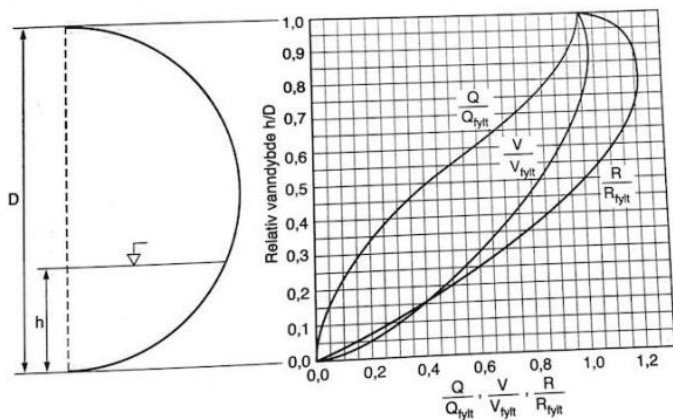


Figur 20. Skjærspenning i rør – VA Teknikk

I de fleste tilfeller ifølge Lysne (1976) kan vi i vanlige situasjoner i avløpsteknikk ($0 < h/D < 0,25$) regne med at den maksimale skjærspenningen τ_{maks} i bunnet av røret:

$$\tau_{maks} = \tau_{fylt} * 4 * h/D * (1 - h/D)$$

Ved å bruke delfyllingskurven kan vi finne h/D .



Figur 21. Delfyllingskurve – VA Teknikk

Naturbaserte løsninger

Flom

Man ønsker å beholde åpne vann og vassdrag. Man ønsker naturlige fordrøyningsdammer. Dersom det tidligere har vært innsjøer som er drenert eller tettet grunnet manglende vedlikehold ønsker vi å restaurere disse. Lukkede bekker og elver kan åpnes. En kan også flytte og etablere kunstige bekker. Å bevare åpne vann og vassdrag har som regel god effekt og har i de fleste tilfeller lave investeringskostnader.

Bevaring/planting av skog er med på å redusere vannmengder, avrenning og flomtopper på området er skog viktig. Skog er også med på å redusere risikoen for erosjon, nedslitning av landflater, og at det forekommer ras på området forårsaket av mye regn og flom. Trær, busker og annen bakkevegetasjon gir bakken bedre struktur. Skog er viktig for å redusere flom fordi blader og røtter tar opp vann. Effekten av å bevare skog er høy. Den er også høy når en planter skog, men likevel ikke like effektiv som når vi bevarer skog. Kostnaden for bevaring av skog er kostanden ved å vedlikeholde område, mens å plante en helt ny skog vil koste en god del. Effekten av skog er selvsagt avhengig av skogtypen.

Bærekraftig forvaltning av skog er viktig. En ønsker å kontrollere eller redusere mengden flatehogst. Dette gjør man for å unngå brudd jorda på åpne områder og korndekket. Under regntunge sesonger bør en unngå trefelling.

Bevaring og bærekraftig forvaltning av naturlig våtmark (inkl. myr og flomfastmark) er ønskelig fordi de fungerer som naturlige fordrøyningsområder. Avhengig av hvilke typer våtmarker det er har de ulike effekt på flom. Myrer er allerede ganske vannmettet og dermed tar det ikke opp særlig mye vann. Elvesletter og andre elvebreddeformasjoner er derimot godt egnet til å redusere flompåvirkningen.

Ved å reetablere/bevare kantvegetasjoner er det er med på å stabilisere og bremse vann på området.

Øke den strukturelle diversitet oppstrøms, et variert økosystem er viktig. Dersom det er et mangfold av planter og dyrearter er det med på å bedre mulige flomområder.

Etablere permeable kvistdammer kan gi god effekt. For å dempe avrenning under flom kan en etablere permeable kvistdammer i små nedbørsfelt. I tillegg samler dem opp jordpartikler, skogavfall og lignende.

Redusere kanalisering ved å gjenopprette meandringer også en god måte på å oppnå ønsket effekt. En ønsker å redusere både vannføringshastigheten og i tillegg øke vannkapasiteten i elver ved å gjenopprette naturlige meandringer og variasjon i elveløp.

Overvann

Infiltrasjon av overvann

Vegetasjonskledde elve- og bekkedrag hjelper å ta opp vann og holder tilbake både sedimenter og næringstoffer. Dette bidrar til at det blir mindre avrenning på området. Planterøtter gjør også at jorden blir mer stabil og minker faren for erosjon og utrasing.

En regnvannsgrop er et lokalt tiltak der en graver en grop som samler opp regnvann. Der infiltreres vannet ned i grunnen. En regnvannsgrop har lave kostnader, men effekten er også relativt lave. Regnvannsgroper er kun til småskala og kan brukes til enkeltboliger eller parkeringsplasser. Dersom området har ustabil jordsmunn eller er i jordmasser med lav infiltrasjonshastighet bør en unngå å bruke overvannsgroper. Når man konstruerer en overvannsgrop må en ha god avstand ned til grunnvannet.

For småskala bruk er det mulig å bruke små anlegg som fanger opp regnvannet. Størrelsen på et slikt anlegg avgjør hvor effektivt tiltak dette er. Et slikt anlegg samler regnvann til lokalt bruk. For å ha noe særlig effekt krever dette et stort areal for å kunne samle nok overvann.

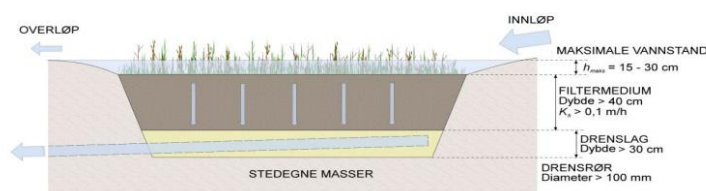
Tiltaket ved å koble fra takrenner gjør av vi kan lede takvannet ut fra bygg ut på en plen eller andre overvannsløsninger i motsetning til å føre det til ledningsnett. Avhengig av infiltrasjonsevnen til terrenget vil effektiviteten til tiltaket variere.

Tak som er dekket av vegetasjon, kalt grønne tak. Dette er tak som er dekket av blant annet mose, busker og trær, er med på å dempe og fordrøye avrenningen fra taket.

Grønne vegger er samme konseptet som grønne tak der mose demper og fordøyer avrenning fra vegger etter nedbør. Grønne tak og grønne vegger har høy effekt sammenlignet med «vanlige» tak.

Swales er grunne kanaler som brukes der det er dårlige naturlige infiltrasjonsforhold. Det er kunstige infiltrasjonsløsninger dekket med vegetasjon. Swales har høy effekt og har relative lave kostnader. Likevel er det lite brukt i Norge på grunn av manglende erfaring i norsk klima. Det er derimot populært i England, USA, Danmark, Sverige og Tyskland. Swales er en arealkrevende naturbasert løsning. Det er en god løsning lang veier og kan i tillegg brukes som flomvei og kobles til flere andre tiltak. Swales er derimot ikke godt egnet i bratte terreng.

Regnbed stopper vannet på overflaten og etter hvert infiltrerer vannet ned i bakken og går ned gjennom et filtermedium. Regnbed har høy infiltrasjon og fordrøyning. Dersom man må utskifte masser øker kostnaden. I dag er det lite brukt i Norge, men vi får mye god kunnskap om regnbed fra andre land. Det blir dermed i økende grad også brukt i Norge. Regnbed er best egnet i små nedbørsfelt, opp til 0,8 hektar. For at et regnbed skal hold bør plantene i bedet kunne tåle vekslende våte og tørre forhold.



Figur 1. Regnbed på leirjord, med utskiftet filtermedium og drenering.

Figur 22. Regnbed - Miljødirektoratet

Dimensjonering av regnbed

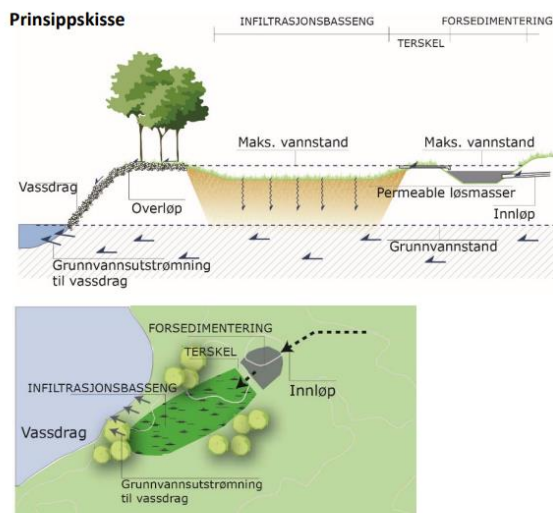
Hvor stort skal regnbedet være?
Formelen under angir størrelsen gitt vann inn i anlegget (se fig. 1).

$$A_{\text{regnbed}} = \frac{(A_{\text{ned}} \cdot c \cdot P)}{(h_{\text{max}} + K_f \cdot t_r)}$$

A_{regnbed} er regnbedets overflateareal [m²].
A_{ned} er nedbørsfeltets størrelse [m²].
c er nedbørsfeltets gjennomsnittlige avrenningskoeffisient [-].
P er dimensjonerende nedbørsmengde [m].
h_{max} er den maksimale vannstanden på overflaten før vannet går i overløp [m].
K_f er filtermediets mellede hydrauliske konduktivitet [m/h].
t_r er dimensjonerende varighet på tilrenningen til regnbedet [t].

Figur 23. Dimensjonering av regnbed - Miljødirektoratet

Infiltrasjonsbasseng



Prinsippkisse av åpent basseng for infiltrasjon i stedegne masser (plan/snitt, ill.: COWI)

Figur 24. Prinsippkisse infiltrasjon i stedegne masser - COWI

Ved å kombinere magasinering av overvannet og deretter infiltrere det ned i grunnen. Infiltrasjonsbasseng har høy infiltrasjon og fordrøyning. Et slikt anlegg kan dimensjoneres for den ønskede effekten. Et infiltrasjonsanlegg bør graves ut i masser med gode infiltrasjonsegenskaper. Dybden ned til grunnvann bør ligge mellom 1-4 meter. Et infiltrasjonsbasseng har god renseseffekt. Hvordan en dimensjonerer infiltrasjonsbassenget avhenger av flere forhold blant annet:

- Infiltrasjonskapasiteten til grunnen bassenget befinner seg på
- Volumet av regnvann som en må infiltrere/ ønskes magasinert
- Den maksimale vanddybden i bassenget

Permeable dekker er dekker der vannet kan sige igjennom. Dette kan være både fuger og grasdekke. For at permeable dekker skal ha effekt krever det å ha god renhold av overflaten.

Det er selvsagt ønskelig å beholde eller skape overflatemasser med infiltrasjonsmaterialer. Dersom flater er infiltrer bare er der ønskelig å beholde.

Grønnstruktur, og da særlig trær, hjelper å holde regnvann tilbake og hjelper positivt. Røtter og vegetasjon er med på å stabilisere jordsmonn.

Fordrøyning

En overvannsdam er et basseng med et permanent vannspeil. I tillegg har det et volum til fordrøyning av avrenning.

Konstruerte våtmarker kan variere fra naturbaserte til teknisk løsning. Tiltaket brukes der det fra før ikke er noe våtmarker, og er ikke det samme som å restaurere våtmarker. Konstruerte våtmarker er overvannsdamer med tett vegetasjon og i tillegg en vanndybde på 0,2-0,5 meter.

Et filterbasseng følger samme konsept som et infiltrasjonsbasseng eller et regnbed.

Et tørt fordrøyingsbasseng reduserer risikoen for oversvømmelse vesentlig. Det begrenser flompåvirkningen i et vassdrag ved å holde tilbake vann etter en nedbørepisode.

Trygg avledning

Tørre renner er en fast grøft uten noe vegetasjon. Tørre renner er god for rask transport av overvannet bort fra området.

Diverse

Kantsteiner gjør at vannet ikke kan renne over til permeable flater. Ved å begrense bruk av kantsteiner kan overvann renne vekk fra veier. Effektiviteten av å redusere kantsteiner avhenger av tilgangen til permeable flater.

Analyse av eksisterende overvannssituasjon på Tunheim

Vann og avløpsmengder

Området består av konsentrert småhusbebyggelse, har 96 boliger og en barnehage.

Vi finner de ulike vannmengdene ved å bruke formlene vist i Metode delen tidligere i oppgaven.

Spillvann

Mengden spillvann blir som vist i tabell 4.

Dimensjonerende spillvannsmengde		
Variabel	Verdi	Enhet
Q _{inf}	0	Liter per sekund
Q _{dim,SP}	72,51	Liter per sekund

Tabell 6. Dimensjonerende spillvannsmengde

Drikkevann

Q_{maks} blir da:

Vannforbruk i årets mest forbrukende time		
Variabel	Verdi	Enhet
Q _{maks}	3,04	Liter per sekund

Tabell 7. Vannforbruk i årets mest forbrukende time

Q_{min} blir da:

Vannforbruk i årets minst forbrukende time		
Variabel	Verdi	Enhet
f _{min}	0,5	
k _{min}	0,5	
Q _{min}	0,126	Liter per sekund

Tabell 8. Vannforbruk i årets minst forbrukende time

Avrenning

Infiltrasjon etter reguleringsplan			
Felt	Areal (ha)	Avrenning ϕ	$\phi \cdot A$
Boliger	2,59	0,6	1,5539
Tette flater	0,99	0,9	0,8871
Barnehage	0,40	0,6	0,2411
Lekeplass	0,17	0,8	0,1394
Grøntareal	1,09	0,3	0,3284
Total for område	5,25	0,600	

Tabell 9. Avrenning for Tunheim

Total overvannsmengde fra avrenning blir som vist i tabell 10.

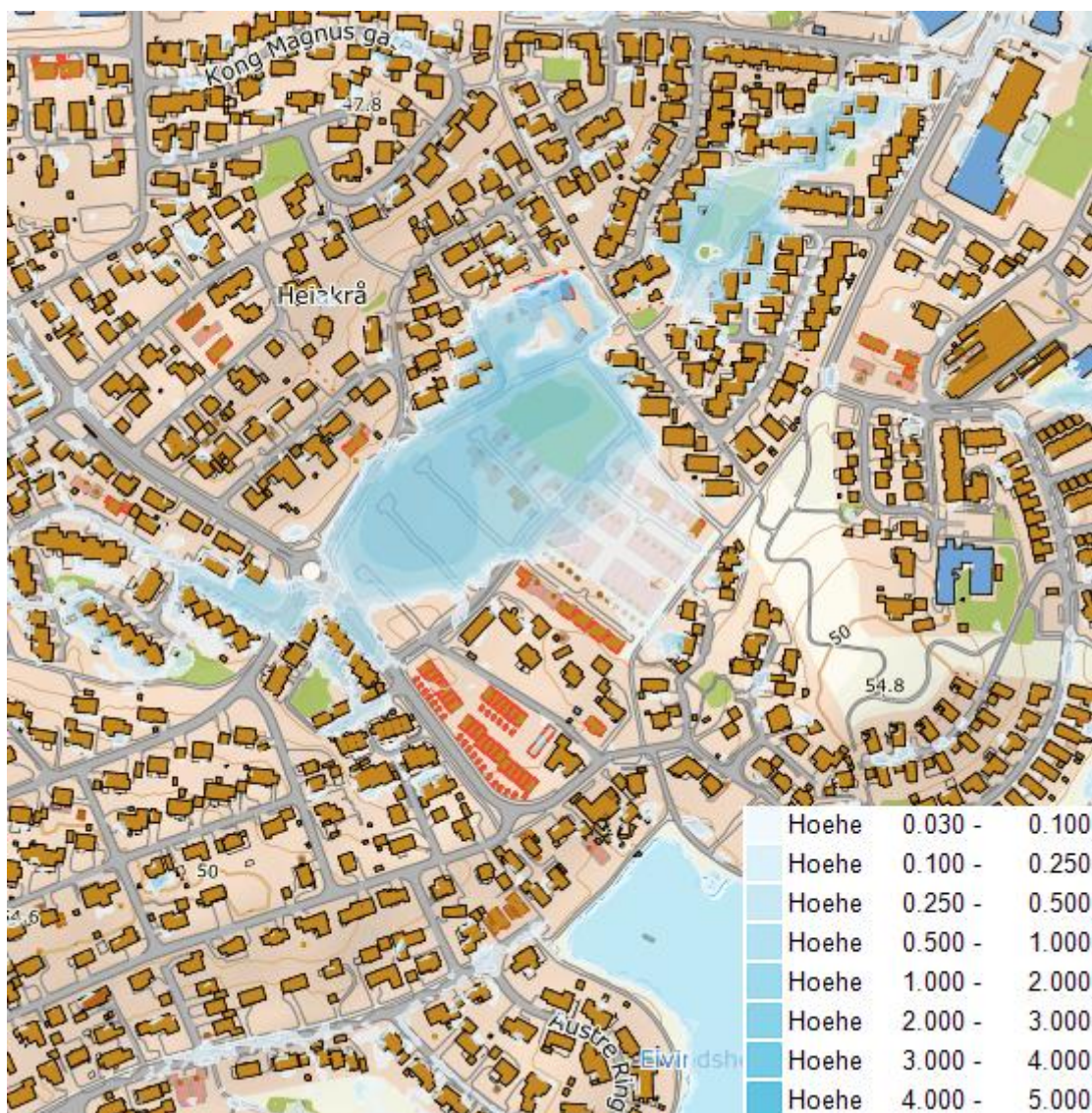
Overvannsmengde etter reguleringsplan		
Variabel	Verdi	Enhet
A	5,25	ha
ϕ_{midl}	0,600	
I	232,1	l/s*ha
K	1,4	
$Q_{dim,10}$	1023,56	l/s

Tabell 10. Overvannsmengde på Tunheim

Da får vi at den maksimale nedbørsmengden på 20 år med 10 minutters periode er 1023,6 liter per sekund.

Flom

Tunheimsgården ligger i faresone for flom. Ved en 200 års flom, så vil deler av området stå under 1.5m med vann, flomkart er avbildet under.

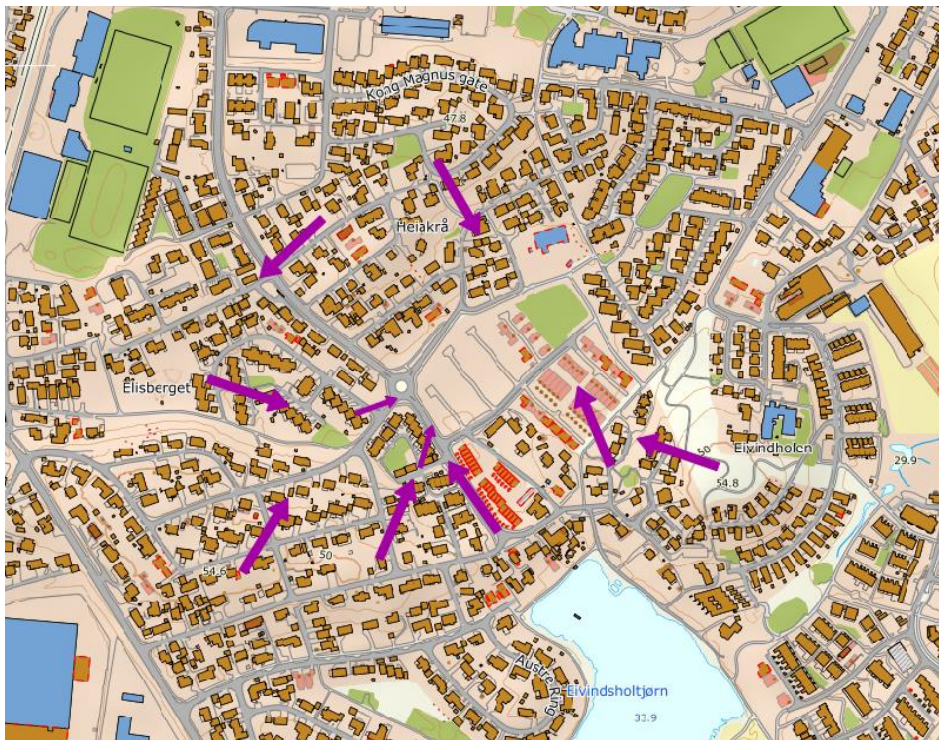


Figur 25. Hydrologi Bryne 200 – Time kommune enkel kartportal (Uten skala)

Dette er fordi Tunheimsgården befinner seg i et lavt område mellom Heiakrå, Elisberget og Eivindsholen. Store deler av avrenningen fra disse områdene vil ta veien med minst motstand og renne nedover mot Tunheimsgården. Til slutt så samler vannet seg der som illustrert under.



Figur 26. Høydekart med avrenningspiler - Time kommune avansert kartportal (Uten skala)



Figur 27. Oversiktskart med avrenningspiler – Norgeskart (Uten skala)

Grunnen på Tunheim består av myr, og har meget dårlig eller ingen infiltrasjonsevne. Når store mengder vann samler seg på Tunheim, så blir det liggende over lang tid. Dette kan føre til vannskader og innlekking av vann i grunnetasje på de nye boligene som skal bygges, skade på elektriske ledninger og system, og skade på infrastruktur i området.



Figur 28. Løsmassekart og infiltrasjonskart - Norges Geologiske Undersøkelse (Uten skala)

Fordrøyning

Ved å bruke formelen fra Metode delen så får vi fordrøyningsvolumet vist under:

Fordrøyning		
Variabel	Verdi	Enhet
$\phi_{f\ddot{o}r}$	0,1	
$l_{f\ddot{o}r}$	140	l/s*ha
Q_v	73,45	l/s
$V_{inn,10}$	589,30	m ³
$V_{ut,10}$	44,07	m ³
V_{10}	545,24	m ³

Tabell 11. Fordrøyningsvolum

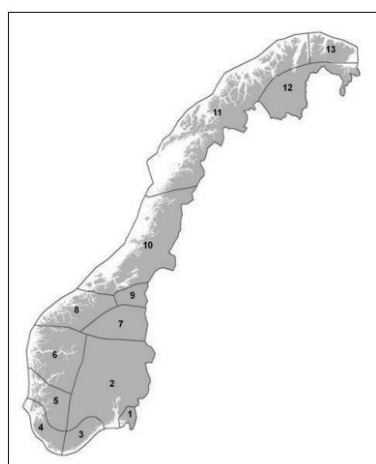
Oversikt over vannmengder som må håndteres

Det er viktig med god overvannshåndtering: For å oppnå dette er det viktig med god kunnskap om avrenningsforholdene i nedbørsfeltet, tiltaksmuligheter og fare for skade. Et nedbørsfelt er arealet som leder vann til et punkt. Hver kommune bør i planarbeidet sørge for en oversikt over avrenningslinjer for overvann, og i tillegg kartlegge områder som er sårbare for skader.

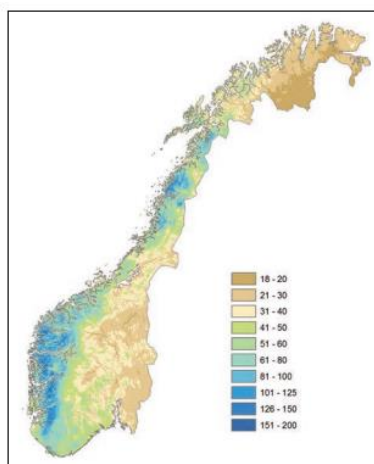
Nedbør og flom i området må kartlegges før en kan begynne å prosjektere overvannsledninger. Man må også få oversikt over:

- Maksimale overvannsmengde
- Spillvannsmengde
- Drikkevannsmengde

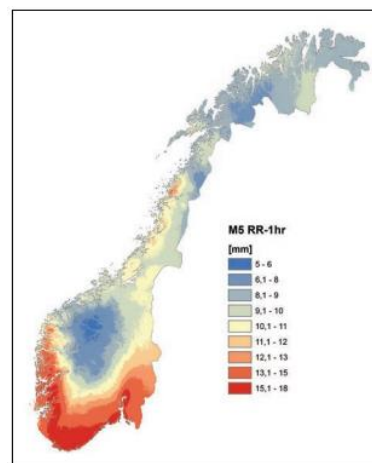
Tunheimgården befinner seg i Time kommune. Altså i nedbørssone 4 på figur 3.1. Figur 3.2 viser kraftig nedbør i Norge mellom 1971-2000. Ett-døgns nedbørverdien er nedbørmengden i millimeter i løpet av et døgn. Figur 3.3 viser hvordan nedbørmengden varierer i Norge for 1 times nedbør med 5 års gjentaksintervall.



Figur 3.1 Nedbørssoner i Norge
Kilde: Hanssen-Bauer mfl. (2015).



Figur 3.2 Kraftig nedbør. Ett-døgns-nedbør (mm/dag) som overstiges i 0,5 prosent av tilfellene over perioden 1971–2000
Kilde: Hanssen-Bauer mfl. (2015).



Figur 3.3 1-times nedbør (mm/time) med 5 års gjentaksintervall
Kilde: Førland mfl. (2015).

Figur 29. Nedbørskart – Hansen-Bauer, Fotland.

Maksimale vannmengde regnet vi tidligere ut til 33,77 l/s.

Overvannsmengde i form av avrenning regnet vi til 1023,6 l/s

Spillvannsmengde regnet vi til å være 72,51 l/s.

Drikkevannsmengde deler vi inn vannforbruk i årets mest forbrukende time og i årete minst forbrukende time. Disse regnet vi ut til 3,04 l/s og 0,13 l/s.

Dimensjonering av rør

Vi bruker Colebrook-Whites metode for å regne ut passende rørdimensjoner til ledningsnett. Siden vannmengdene varierer avhengig av hvor stor del av området som er knyttet til en bestemt ledning, så vil rørdimensjonene også variere avhengig av dette. Rørene for drikkevann og spillvann vil alltid være VL200 og SP250 uavhengig av hvor i området vi er, dette er fordi det vil ikke være stor gevinst å hente fra å gå ned i størrelse. Dimensjonene på overvannsrør varierer fra 300mm på områder knyttet til lite areal, og opp til 800mm hvor ledningsnett samler seg. Materialene brukt for rørene vil være betong for overvannsrør, og PVC for drikkevann og spillvann. Størrelsen på alle stikkledninger er 110mm PVC SP, 110mm PVC OV og 75mm PVC VL i henhold til Time kommune sin VA-norm.

Rørdimensjoner og materialer						
Rør	Material	Ruhet	Fall	Vannmengde	Størrelse	Vannmengde
Enhet		m	l	Liter/sekund	m	Liter/sekund
Rør VL	PVC	0,0001	0,0166	36,81	0,2	59,3
Rør Spillvann	PVC	0,0001	0,0166	72,51	0,25	106,7
Overvann 200	Betong	0,0004	0,01		0,2	39,9
Overvann 300	Betong	0,0004	0,01		0,3	116,2
Overvann 400	Betong	0,0004	0,01		0,4	247,9
Overvann 500	Betong	0,0004	0,01		0,5	445,5
Overvann 600	Betong	0,0004	0,01		0,6	718,7
Overvann 800	Betong	0,0004	0,01		0,8	1527,0

Tabell 12. Rørdimensjoner

Det endelige ledningsnett vises under Appendix, i tegning A-001.

Infiltrasjonsanalyse

Før utbygging av området så bestod Tunheim av et stort landbruksområde, en barnehage og et par boliger sør på området. Grunnen på området var jord med dårlig infiltrasjon, og kunne anses som ei myr. Infiltrasjonen på området var som følgende:

Infiltrasjon før utbygging			
Felt	Areal (ha)	Avrenning ϕ	$\phi * A$
Boliger	0,68	0,5	0,3389
Vei og G/S	0,13	0,9	0,1135
Barnehage	0,49	0,4	0,1951
Myr	3,95	0,8	3,1638
Total for område	5,25	0,726	

Tabell 13. Infiltrasjon før utbygging

Området hadde svært dårlig avrenning som førte til at store vannmengder samlet seg på landbruksarealet under nedbørsrike perioder, og det kunne bli liggende i flere uker før det infiltrerte ned i grunnen.

I planleggingsfasen for Tunheim ble det regulert mer boliger, større barnehage og lekeplasser rundt på området. Dette ville ha påvirket infiltrasjonen på området negativt, men for at alt dette skulle være mulig å bygge ble det planlagt at massene på området skulle skiftes ut til mer stabile og permeable masser. Dette førte til at infiltrasjonen ble endret i en positiv retning som vist i beregningene under:

Infiltrasjon etter reguleringsplan			
Felt	Areal (ha)	Avrenning ϕ	$\phi * A$
Boliger	2,59	0,6	1,5539
Tette flater	0,99	0,9	0,8871
Barnehage	0,40	0,6	0,2411
Lekeplass	0,17	0,8	0,1394
Grøntareal	1,09	0,3	0,3284
Total for område	5,25	0,600	

Tabell 14. Infiltrasjon etter reguleringsplan

I denne oppgaven har vi planlagt tiltak som kan forbedre overvannssituasjonen på Tunheim, og vi har valgt å benytte permeable dekker i form av drengsfalt på gang og sykkelsti, belegningsstein på parkeringsplasser, permeabelt gummidekke på lekeplass og barnehage, samt beplantning av trær. Dette vil forbedre infiltrasjonen og stabilisere grunnen på området. Effekten av tiltakene gjenspeiles av beregningene:

Infiltrasjon etter tiltak			
Felt	Areal (ha)	Avrenning ϕ	$\phi * A$
Boliger	2,59	0,6	1,5539
Tette flater	0,57	0,9	0,5093
Permeable dekker	0,42	0,4	0,1679
Barnehage	0,40	0,5	0,2010
Lekeplass	0,17	0,5	0,0872
Grøntareal	1,09	0,3	0,3284
Total for område	5,25	0,543	

Tabell 15. Infiltrasjon etter tiltak

Overvannsmengde etter tiltak		
Variabel	Verdi	Enhet
A	5,25	ha
ϕ_{midl}	0,543	
I	232,1	l/s*ha
K	1,4	
Q _{dim,10,før}	1023,56	l/s
Q _{dim,10}	925,30	l/s

Tabell 16. Overvannsmengde etter tiltak

Ved å øke infiltrasjonen på området så har vi redusert overvannsmengdene som må håndteres med 98 l/s ved store nedbørsmengder. Dette er ikke en stor nok reduksjon til å redusere rørdimensjonene til overvannssystemet, men det vil redusere belastningen på rørsystemet og gjøre det mer bærekraftig.

Treleddsstrategien

Før arbeidet på Tunheim begynte, så var hele området et stort grøntområde uten et system for overvannshåndtering. Underlaget var hovedsakelig myr med veldig dårlig infiltrasjon, og eneste formen for drøyning som fantes var dammer som dannet seg på området ved store nedbørsmengder. Området hadde ikke en flomvei hvor vann rant vekk av seg selv, og under ekstremvær kunne vannmengdene nå nærliggende veier.

Med det nye overvannsystemet vi har planlagt, så har vi tatt hensyn til alle tre leddene, hvor infiltrasjon og drøyning er beregnet, og flomvei er tegnet. Ved nedbørsmengder under 20mm vil infiltrasjon stå for overvannshåndteringen. Her har hele området fått skiftet masse i grunnen til en grovere masse med bedre infiltrasjon, og på store tette flater benytter vi permeable dekker for å forbedre infiltrasjonen av vann til grunnen.

Nedbørsmengder fra 20 til 40mm vil håndteres av drøyningsanlegget. Her har vi beregnet volumet med vann som må drøyenes, og bruker to store steinfylte magasin plassert på strategiske posisjoner for å oppnå dette. De steinfylte magasinene sikrer stabilt underlag som ikke vil påvirke bygging over dem, samtidig som de jevner ut belastningen som på rørsystemet i området.

Om nedbørsmengdene overstiger 40mm, så vil flomveien håndtere overvannet. Alt vannet som blir samlet av kummene i området ledes til drøyningsmagasinene, og når vannmengden i magasinene overstiger en viss grense, så renner de direkte over til flomveien. Flomveien er lukket og består av 800mm betongrør som er gravd ned i bakken. Disse rørene leder vannet sikkert til næreste resipient, og fullfører den siste delen av treleddsstrategien.

Blågrønn faktor på området

For å oppnå høyere blågrønn faktor på området ønsker vi å plante flere trær spredd på området. Da særlig på o_Fri1. Også uteområdet ved barnehagen nord på området er det plass til trær. Store deler av o_Fri1 er også dekket av busker. Det er også o_Fri2. Det skal også plantes busker sør på området i f_AU1.

Alle de fire store parkeringsområdene blir dekket med delvis permeable overflater. Det gjør også gang og sykkelstiene. Lekeplassene på området har også delvis permeable dekker. Vannet som ikke tas opp av de delvis permeable flatene renner ned til kummene som videre renner til fordrøyningsmagasin.

Boliger og boligområder dekker store deler av området. Takene på bygningene er impermeable, og vannet renner av dem. Resten av tomten dekkes enten av plen og vegetasjon eller vei og belegningsstein til utkjørsel. Vi antar dermed at 30 % av arealet utenombyggegrensene er delvis permeable flater som belegningsstein og lignende, mens 70% dekkes av vegetasjon og plen.

Som vist i regnearket/tabellen «blågrønn faktor» er hvert område på tomten tildelt enten blågrønt, grønne tilleggsflater eller blå tilleggsflater.

«DELVIS PERMEABLE FLATER SOM GRUS, SINGEL OG GRESSARMERT DEKKE» har en blågrønn verdi på 0,3 og fylles ut i m².

«OVERFLATER MED VEGETASJON FORBUNDET MED JORD ELLER NATURLIG FJELL I DAGEN» har en blågrønn verdi på 1 og fylles også ut i m².

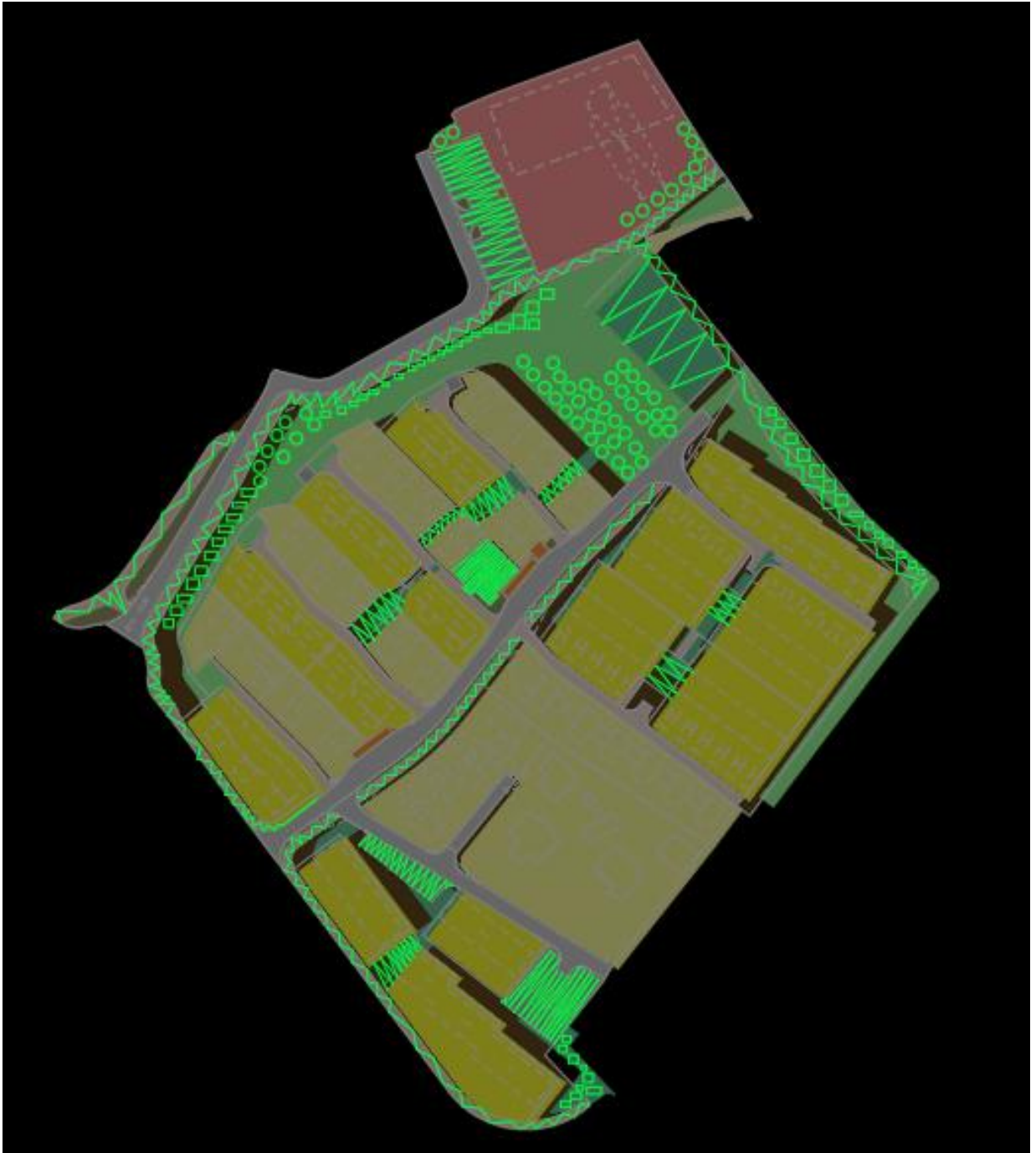
«IMPERMEABLE OVERFLATER MED AVRENNING TIL LOKALT OVERVANNSANLEGG UNDER TERRENG» har en blågrønn verdi på 0,1 og fylles ut i m².

«NYPLANTEDE TRÆR SOM FORVENTES BLI SMÅ/MELLOMSTORE (5-10 m)» har en blågrønn verdi på 0,5 og fylles i motsetning til de andre kategoriene ut i per stykk.

«HEKKER, BUSKER OG FLERSTAMMEDE TRÆR» har en blågrønn verdi på 0,4 og fylles ut i m².

Vi ser på blågrønn faktor både før og etter de nye tiltakene. Før tiltakene ble blågrønnfaktor 0,27 og etter tiltakene blir blågrønnfaktor 0,54.

Utrekningene for blågrønn faktor finnes i regnearket [blågrønn faktor](#).



Figur 30. Oversikt over blågrønne tiltak (Uten skala)

Konklusjon

Aktuelle overvannstiltak på Tunheim

Tunheim er et område med mye overvann, og i dag er området under konstruksjon med hovedsakelig åpne overvannsløsninger. Vi velger derfor å se på hvordan overvannssituasjonen på Tunheim kan løses med lukkede fordrøyning og flomløsninger samt blågrønne infiltrasjonsløsninger.

Plantegningene og snitt for VA systemet på Tunheim vises i Appendix.

Infiltrasjon

Som regel flyter regnvann på overflaten. Det renner til grøfter og det samles opp. Vannet føres deretter inn i rørledninger. Ved permeable dekker renner vannet ikke på overflaten, men gjennom hulrom i dekket, og ned i det permeable underlaget. Det finnes flere ulike typer dekker en kan bruke, de vanligste er belegningsstein og konvensjonelle dekker med økt permeabilitet.

Et eksempel er Multiblokk plaza d som er laget for fast dekke som parkeringsanlegg, torg og plasser. Multiblokk multiloc er derimot beregnet for industriområder med stor belastning. Dersom en bruker permeable dekker, vil en kunne spare kostnader en eller måtte brukt til store overvannsanlegg. I tillegg er permeable dekker med på å redusere flomtopper og forurensning fra trafikkerte flater.

Permeable dekker skiller seg fra konseptet med konvensjonelle dekker. Konvensjonelle dekker hindrer vannet i størst mulig grad å trenge ned i fundamentet. Permeable dekker sin hensikt er derimot å la vannet trenge gjennom dekket og inn i underlaget. Vannet beholdes der i en periode før det infiltreres ned i grunnen eller dreneres inn i grøfter eller i et regnvannsavløp. Vi ønsker å bruke permeable dekker på parkeringsplasser, gangstier og lekeplasser. Permeable dekker gir middels infiltrasjon og fordrøyning. Et slikt dekke vil ikke være like effektivt når det kommer ekstreme nedbørmengder. Kostnaden for permeable dekker er middels til høy, avhengig av typen man velger.

På parkeringsplassene på Tunheim vil vi benytte belegningssteinen Multiblokk Plaza dren. Dette er en belegningsstein med gode dreneringsegenskaper som er egnet for parkeringsplasser. Steinen vil skape et kjøresterkt og permeabelt dekke, samtidig som det ligger i samme prisklasse som asfalt.

På gang og sykkelstiene som strekker seg rundt Tunheim så vil vi benytte drensasfalt. Drensasfalt er en type asfaltdekke med mye høyere hulrom enn vanlig asfalt 15-20 prosent i forhold til 2-7 prosent. I tillegg til det store hulrommet så benytter denne asfaltblandingen større kornstørrelse på aggregatene og mindre bindemiddel enn vanlig asfalt. Dette fører til at dekket får veldig gode drenerende egenskaper, samt god friksjon og lystekniske egenskaper. Denne typen asfalt er velegnet til dekker med lite belastning som idrettsarealer og gang/sykkelstier, og derfor velger vi å bruke det på Tunheim.

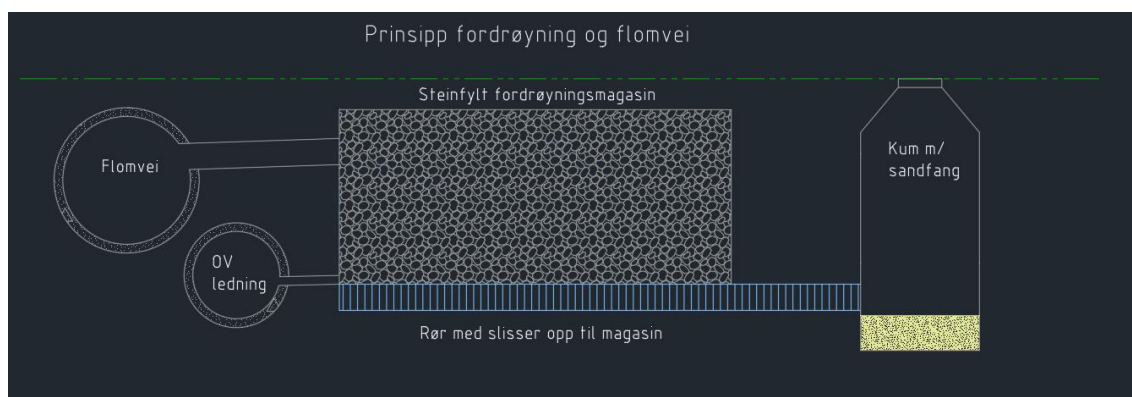
På lekeplassene og barnehagen på Tunheim vil vi bruke fallsikkert dekke av gummi. Gummidekket er mykt og lager fundamentet for en trygg og god lekeplass. Det finnes flere typer gummiunderlag, men vi velger å bruke Playtop fra Uniqa. Dette dekket er laget av resirkulert gummi fra sko som gjør det bærekraftig, samtidig som det er permeabelt. Dette gjør det velegnet for lekeplassene og barnehagen på Tunheim.

Planting av skog er et godt tiltak for å ta opp vann ved hjelp av infiltrasjon. Både blader og røtter er med på å ta opp vann. Effekten av planting av skog er høy, men likevel mindre effektivt enn bevaring av skog. I tillegg til at infiltrasjonen er god, tar skog opp CO₂, er med på å regulere temperaturen, gir biologisk mangfold og skaper gode rekreasjonsområder. Ved å plante trær og busker på friområder og rundt gangstier på området øker vi infiltrasjonen på området samtidig som røttene stabiliserer grunnen under. Sammen med busker og trær ønsker vi å skape infiltrerbare flater. Ved å erstatte tette overflatemasser med infiltrasjonsmateriale skaper vi mye bedre infiltrasjon til grunnen. Slike materialer har som regel lav kostnad, i tillegg til at vannet blir tatt opp av disse flatene er de med på å rense vannet imens det infiltrerer ned i grunnen.

Fordrøyning og Flom

Med økt fokus på naturbaserte løsninger, så vil åpne fordrøyningsanlegg gi større muligheter for å benytte blågrønne tiltak for å forbedre overvannssituasjonen, men disse anleggene koster mer å bygge ut, og krever mer vedlikehold enn et lukket anlegg. Samtidig så vil åpne fordrøyningsanlegg ta mer av det tilgjengelige friarealet på området, men vi gi bedre estetikk om implementert bra. Ved å bruke et lukket anlegg, så vil det være mulig å benytte naturbaserte infiltrasjonstiltak på arealene over fordrøynings og flomanlegget.

Det er mange forskjellige bassengtyper som kan brukes i et lukket fordrøyningsanlegg, de mest vanlige er betongbasseng, rørmagasin, kasettmagasin og steinmagasin. På Tunheim så skal massene i bakken skiftes ut for å sikre mer stabilt underlag før bygging. Dette kombinert med stort tilgjengelig areal gjør at steinmagasin blir et bra valg. Steinmagasin krever stort areal, siden det har et hulrom på rundt 35% som kan fylles med vann. Det er billig å konstruere ettersom magasinet bare er sprengstein, og lager stabilt underlag for bygging oppå magasinet, skisse av magasinet vises i fig. Ukjent. Fordrøyninganleggene skal bygges på de to laveste områdene på Tunheim som vist i skisse under. Størrelsen på steinmagasinene er 20x20x2 meter, med kapasitet på 280m³ fordrøyningsvolum hver. Dette dekker det utregnede fordrøyningsvolumet på 501 m³. Alt av overvannet som blir samlet opp av kummer på området ledes til fordrøyningsmagasinene, før det renner ut av området og mot nærmeste resipient.



Figur 31. Prinsipp fordrøyning og flomvei Tunheim (Uten skala)

Ved for store vannmengder vil fordrøyningen ha et overløp som fører direkte til en lukket flomvei. Den lukkede flomveien vil gå langs vann og avløpsledningene som går ut av området, og vil avlaste ledningsnettet ved store nedbørsmengder. Ved å benytte en lukket flomvei i stedet for en åpen flomvei så vil vi unngå oppsamling av søppel i kanalen, og beholde friareal/grøntareal på bakkenivå som kan brukes til blågrønne infiltrasjonsløsninger. Flomveien skal være laget av DN800 betongrør med 10 promille fall, og lede overflødig vann til Frøylandsvatnet.

Viss studiet om overvannshåndtering på Tunheim skulle blitt videreført, så ville neste oppgave ha vært å utføre beregninger av flomvannsmengder og dimensjonering av en flomvei til å håndtere vannmengdene. Områdene som er nedstrøms for ledningsnettet på Tunheim burde gjennomgå en ny beregning av vannmengder og ny dimensjonering av ledningsnett for å håndtere de nye og større vannmengdene.

Sammendrag

Målet med denne oppgaven var å bruke kunnskapen vi har fått fra de siste 2.5 årene som studenter innenfor byggingeniør – teknisk planlegging til å lage en overvannsløsning for et område under utbygging på Tunheim, Bryne. Tunheim er et lavtliggende område på Bryne med dårlig infiltrasjon som har vært landbruksareal lenge. For å kunne bruke dette som et boligområde så var det flere problemstillinger som måtte løses, blant annet overvannssituasjonen. Vi har analysert områdets overvannsegenskaper, gjort en litteraturstudie om overvann og sett på mulige løsninger for overvannshåndtering. Ved hjelp av mange referanser og programvarene Autocad og Novapoint så har vi prosjektert et overvannssystem til dette nye området på Tunheim.

Det nye overvannssystemet tilfredsstiller kravene satt av Time kommune, håndterer alle 3 leddene innenfor treleddsstrategien og ved hjelp av naturbaserte løsninger så sikrer vi en god blågrønn faktor for området.

Overvannsløsningen benytter lukkede løsninger for fordrøyning og flom, og lager dermed mye areal på bakkenivå som kan brukes til naturbaserte og blågrønne

infiltrasjonsløsninger. Med dette så får Tunheim et bærekraftig overvannsystem som sikrer et trygt område for fremtidige boliger.

Referanser

- Wavin. (2020) *Har din eiendom god nok overvannshåndtering?* Tilgjengelig fra: <https://www.wavin.com/nn-no/kunnskapscenter/nyheter/overvann-juni-2020>
- Miljødirektoratet. (2021) *Overvann*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann>
- Statistisk Sentralbyrå. (2021) *Familier og husholdninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/befolkning/barn-familier-og-husholdninger/statistikk/familier-og-husholdninger>
- VA-Norm. (2017) *Overvannshåndtering*. Tilgjengelig fra: <http://www.va-norm.no/wp-content/uploads/2020/12/Vedlegg-9-Overvannshandtering.pdf>
- Norges offentlige utredninger. (2015) *Overvann i byer og tettsteder*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nou201520150016000dddpdfs.pdf>
- SINTEF. (2020) *Overvann fra veg*. Tilgjengelig fra: <https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/2675719/Rapport%202020-00692.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2021) *Overvann i arealplanlegging*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/arealplanlegging/overvann-i-arealplanlegging/>
- Miljødirektoratet. (2017) *Naturbaserte løsninger for klimatilpasning*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m830/m830.pdf>
- Framtidens byer. (2014) *Blågrønn faktor – Veileder byggesak*. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/subnettsteder/framtidens_byer/klimatilpasning/2014/bgf_veileder_byggesakhoveddelen2014.01.28.pdf
- Wikipedia. (2022) *Infiltration – hydrology*. Tilgjengelig fra: [https://en.wikipedia.org/wiki/Infiltration_\(hydrology\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Infiltration_(hydrology))
- SNL. (2018) *Infiltrasjonsanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/infiltrasjonsanlegg>
- Nibio. (2008) *Infiltrasjonsanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/reuse-losninger/infiltrasjonsanlegg>
- Miljø blad. (2018) *Lukkede infiltrasjonsanlegg for sanitært avløpsvann*. Tilgjengelig fra: <https://www.va-blad.no/lukkede-infiltrasjonsanlegg/>
- Nibio. (2010) *Lokale forutsetninger for valg og plassering av avløpsanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/miljo/mindre-avlop/valg-av-reuselosning/lokale-forutsetninger-for-valg-og-plassering-av-avlopsanlegg>

- SINTEF Byggforsk. (2012) *Vann i by – håndtering av overvann i bebygde områder*. Tilgjengelig fra: [https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann i by haandtering av overvann i bebygde omraader](https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann_i_by_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader)
- Miljø blad. (2012) *Fordrøyning av overvann*. Tilgjengelig fra: <https://www.tonsberg.kommune.no/f/p1/ibc165ee7-fa76-4346-a7c4-39f6a0d55948/va-miljoblade-nr-104-fordroyning-av-overvann.pdf>
- Miljø blad. (2016) *Åpne flomveier*. Tilgjengelig fra: https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2009/11/Blad-93_04.04.16.pdf
- Linulf. F. (2021) *Overvannsnotat – Biri barneskole og barnehage*. Tilgjengelig fra: <https://www.gjovik.kommune.no/f/p2/icb1c5b19-3465-4c99-8bbd-23e62c6a10bb/vao-notat.pdf>
- Wikipedia. (2021) *Sediment*. Tilgjengelig fra: <https://no.wikipedia.org/wiki/Sediment>
- Oslo Kommune. (2016) *Blågrønne overvannsløsninger*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/Media/5027/overvann-regnbed-for-lokal-flomdemping.pdf>
- COWI. *Infiltrasjonsbasseng i stedege masse*. Tilgjengelig fra: [https://www.tonsberg.kommune.no/f/p1/ib3d9c31d-c0d0-4c2b-b356-41b5614a9e5a/temablade-06 infiltrasjonsbasseng.pdf](https://www.tonsberg.kommune.no/f/p1/ib3d9c31d-c0d0-4c2b-b356-41b5614a9e5a/temablade-06_infiltrasjonsbasseng.pdf)
- Asak miljøstein. *Permeable dekker*. Tilgjengelig fra: <https://www.asak.no/Offentlig-uterom/Permeable-dekker>
- Norsk Vann. (2014) *Vann- og avløpsteknikk*.

Vedlegg

Vedlegg 1: A-001 Oversiktskart

Vedlegg 2: A-002 Flompiler

Vedlegg 3: A-003 Eksisterende VA

Vedlegg 4: B-001 Profil Flomvei

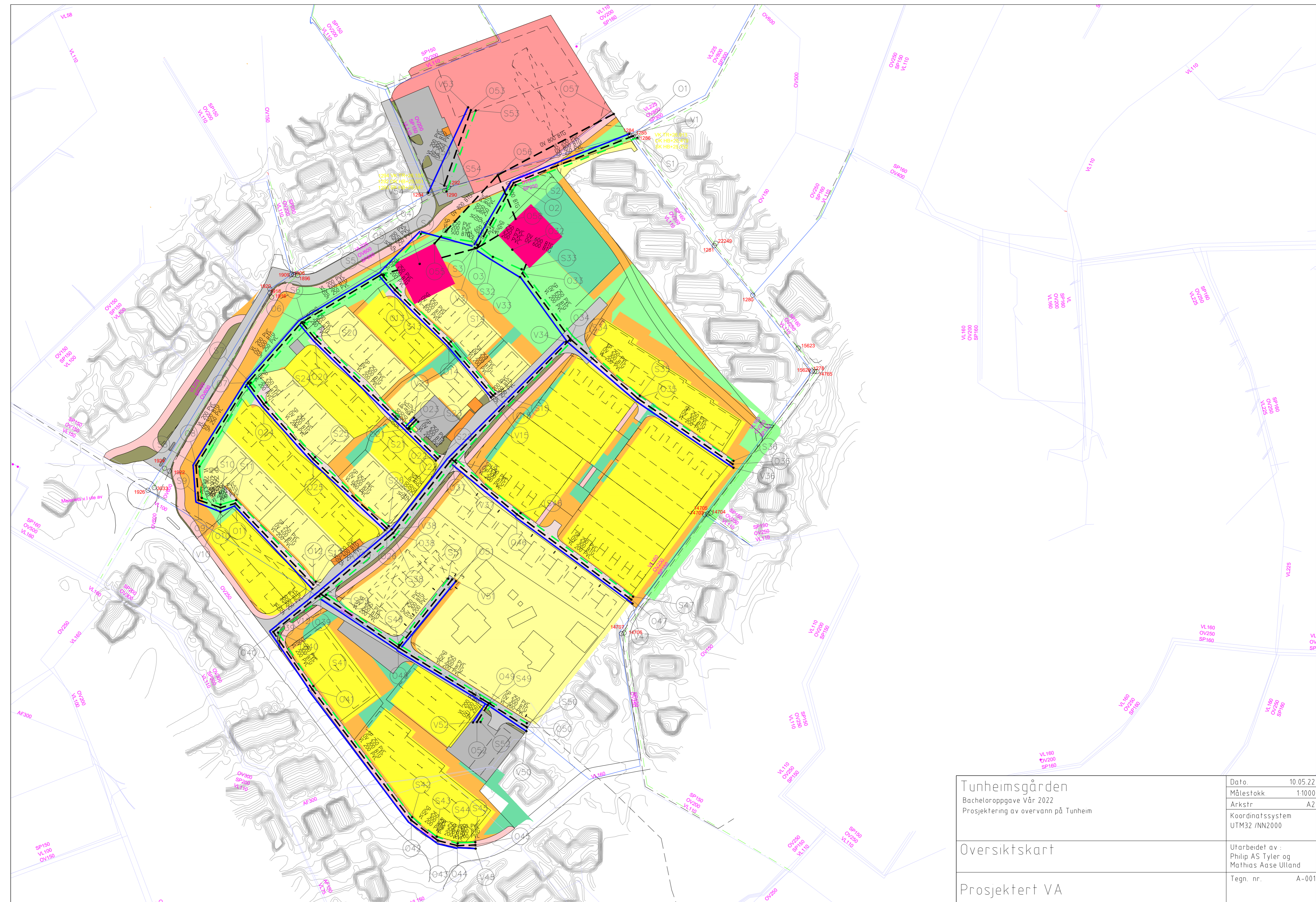
Vedlegg 5: C-001 Grøftesnitt

Vedlegg 6: C-002 Grøftesnitt

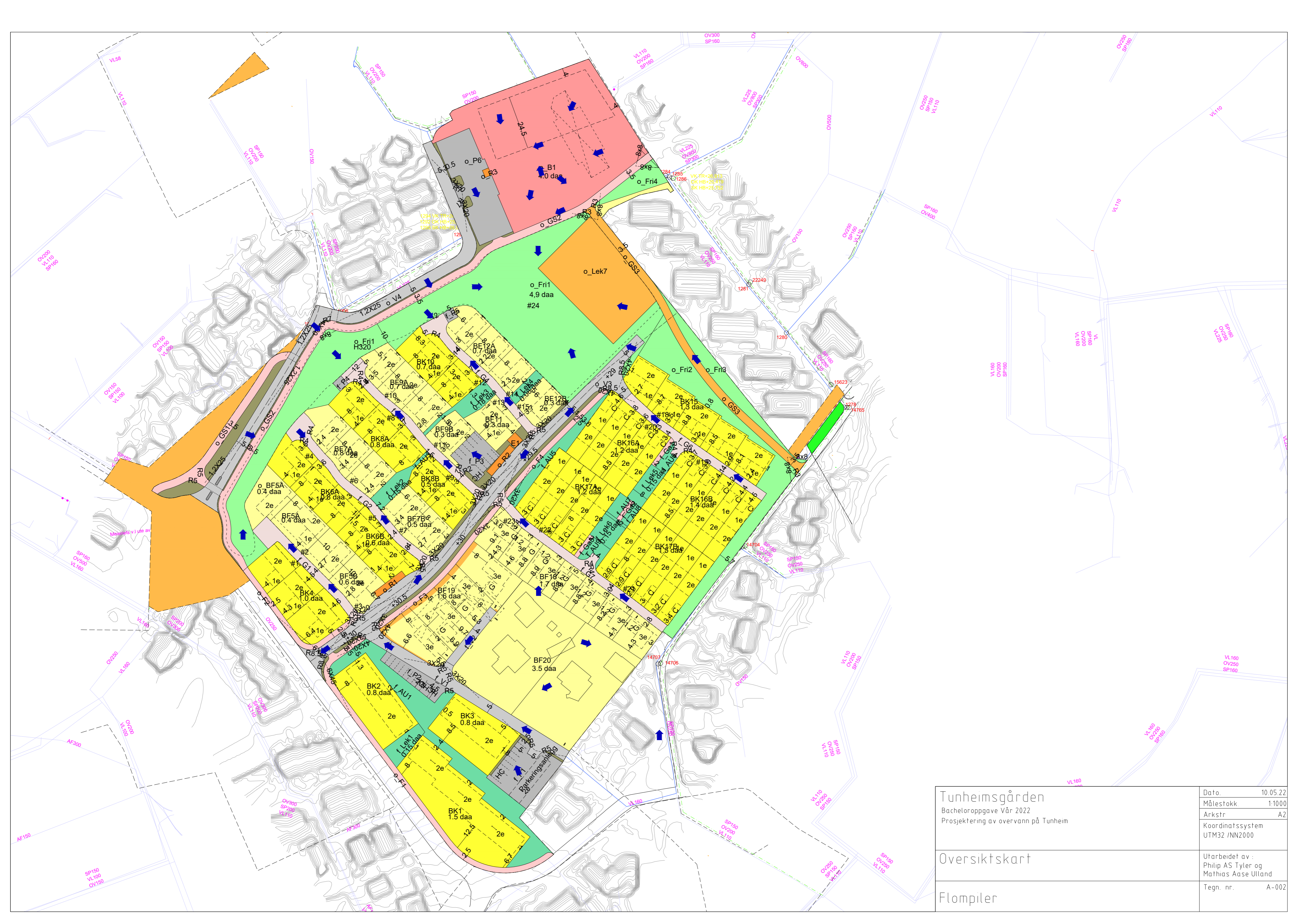
Vedlegg 7: C-003 Grøftesnitt

Vedlegg 8: C-004 Grøftesnitt

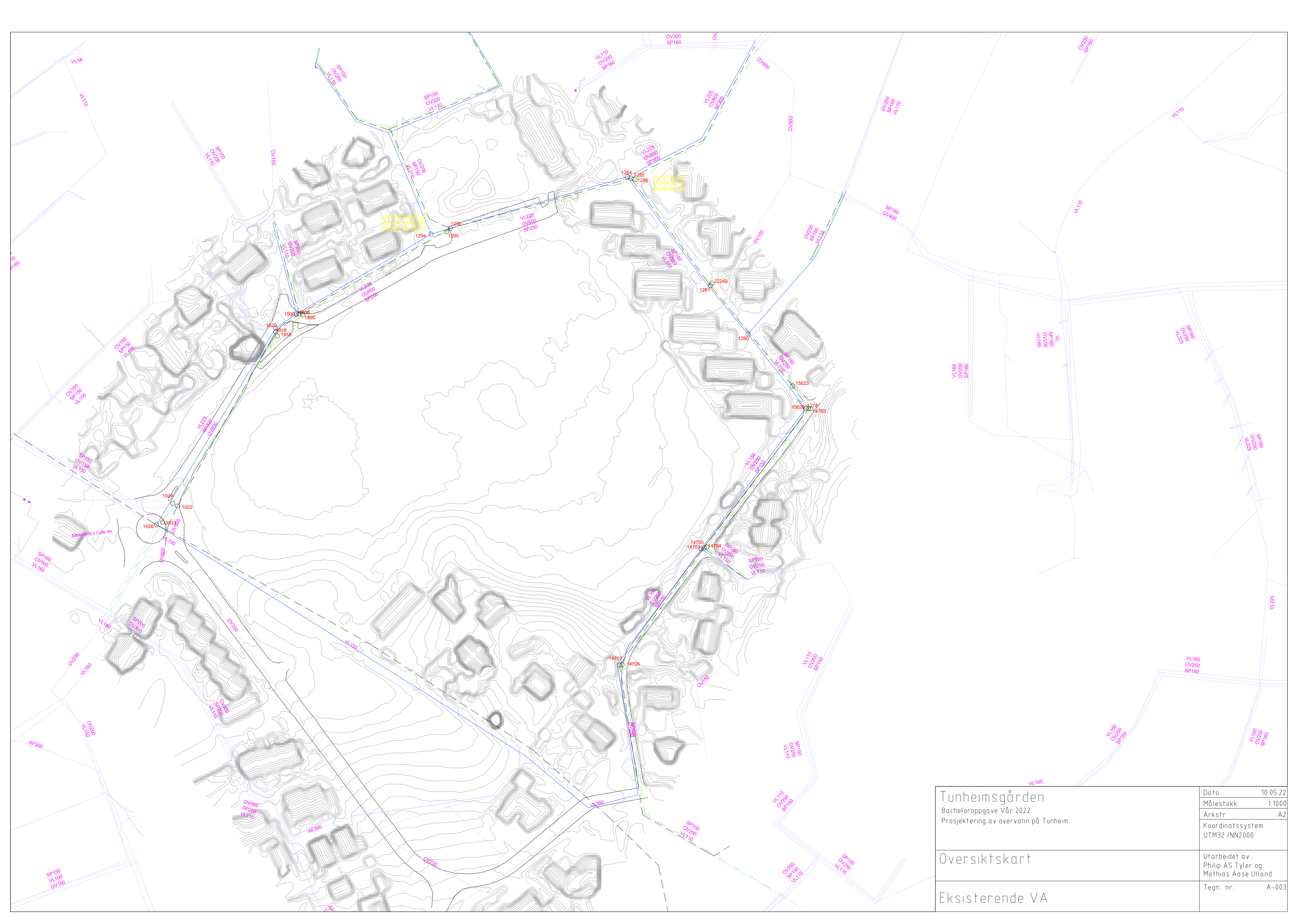
Vedlegg 9: C-005 Grøftesnitt



Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:1000
	Arkstr	A2
Oversiktskart	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
Prosjektert VA	Tegn. nr.	A-001



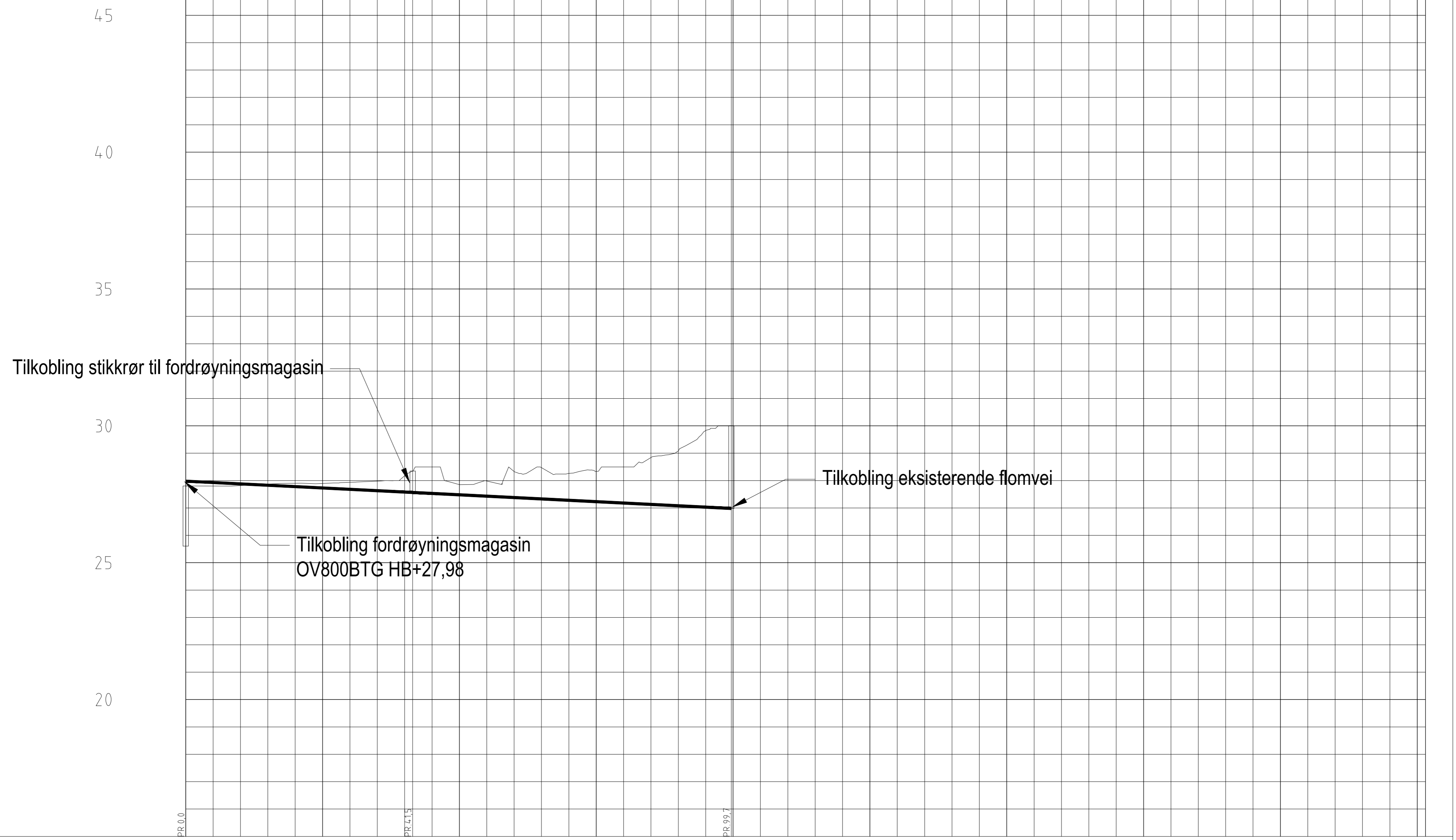
<p>Tunheimsgården</p> <p>Bacheloroppgave Vår 2022</p> <p>Prosjektering av overvann på Tunheim</p>	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:1000
	Arkstr	A2
<p>Oversiktskart</p>	Koordinatssystem	UTM32 / NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
<p>Flompiler</p>	Tegn. nr.	A-002



Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:1000
	Arkstr	A2
Oversiktskart	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
Eksisterende VA	Tegn. nr.	A-003

Trase Flom

(055) (056) (057)



PROFIL NR.	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225,5
------------	---	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-------

Grunneier																						
Markslag																						
Grunnforhold																						
TERRENG H / TOPP VEGDEKKE		27,80	27,80	27,82	27,87	27,90	27,90	27,94	27,98	28,18	28,50	27,86	27,99	28,33	28,47	28,26	28,33	28,50	28,84	29,09	29,83	30,00
Hor. vinkelpunktavstand i m		41,5					58,2															
Kumavstand i m		41,5					58,2															
Fall i ‰		-10,0					-10,0															
Kote innv. bunn		27,98					27,57							26,98								
Type og dim		800Betong																				

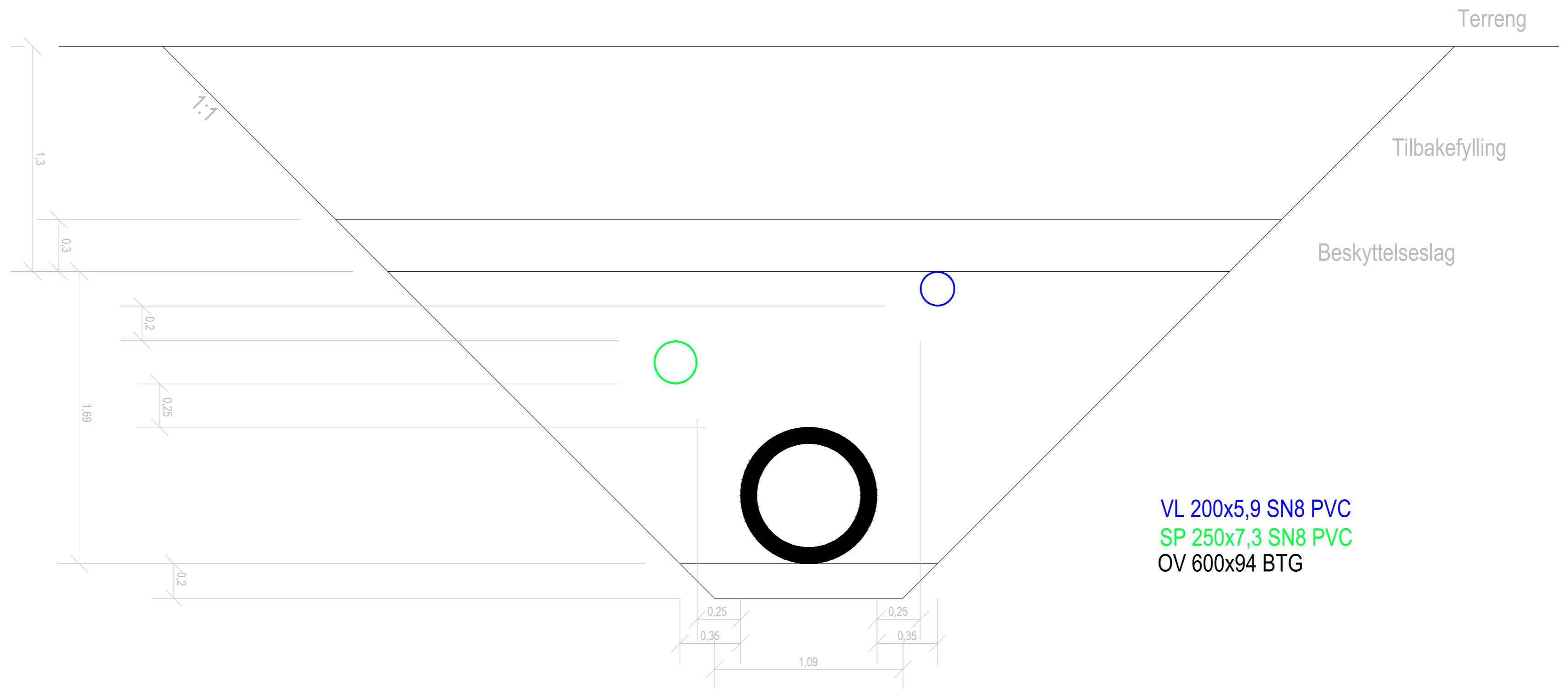
Tunheimsgården
 Bacheloroppgave Vår 2022
 Prosjektering av overvann på Tunheim

Plan og profil

Flomvei Seksjon 55-57

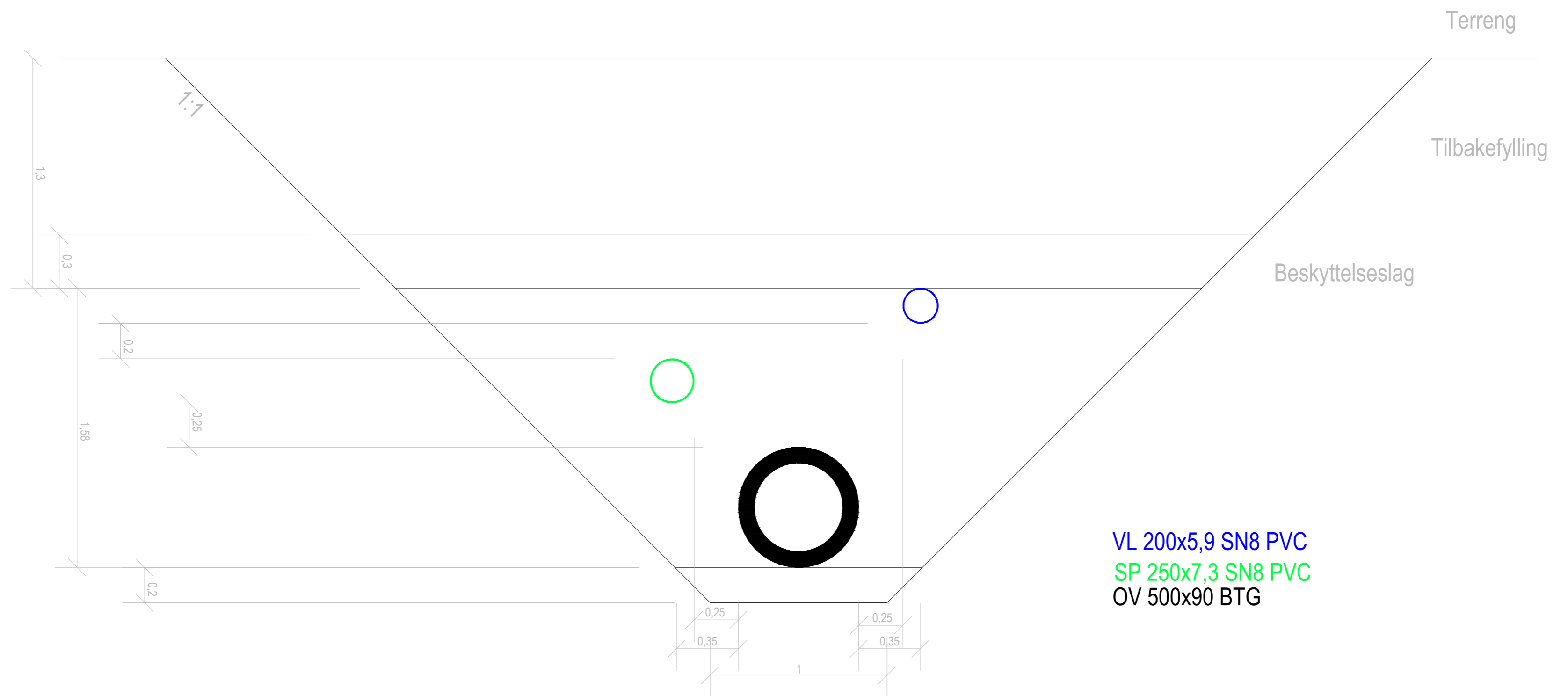
Dato	10.05.22
Målestokk	1:500
Arkstr	A2
Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
Tegn. nr.	B-001

Snitt OV600 SP VL



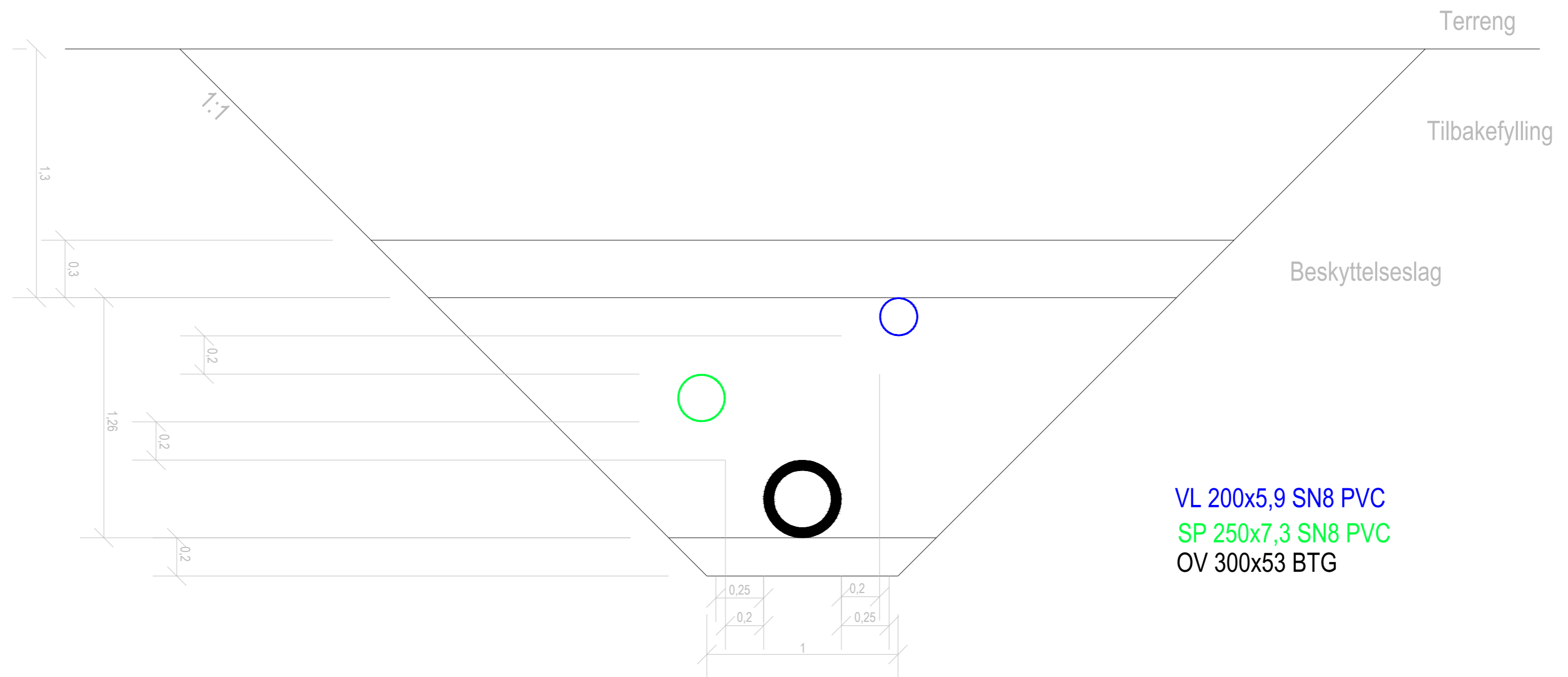
Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:20
	Arkstr	A2
Snitt 1	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
	Tegn. nr.	C-001

Snitt OV500 SP VL



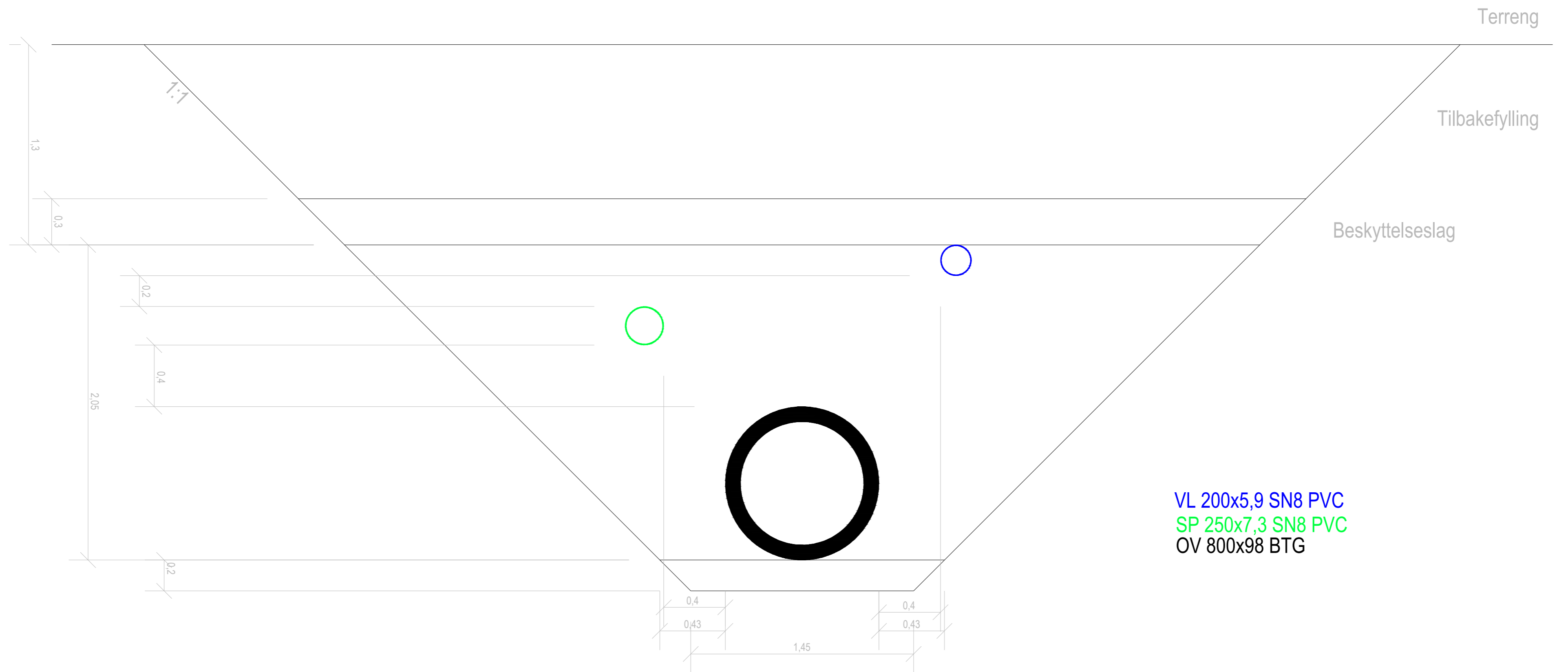
Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:20
	Arkstr	A2
Snitt 2	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
	Tegn. nr.	C-002

Snitt OV400 SP VL



Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:20
	Arkstr	A2
Snitt 3	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
	Tegn. nr.	C-003

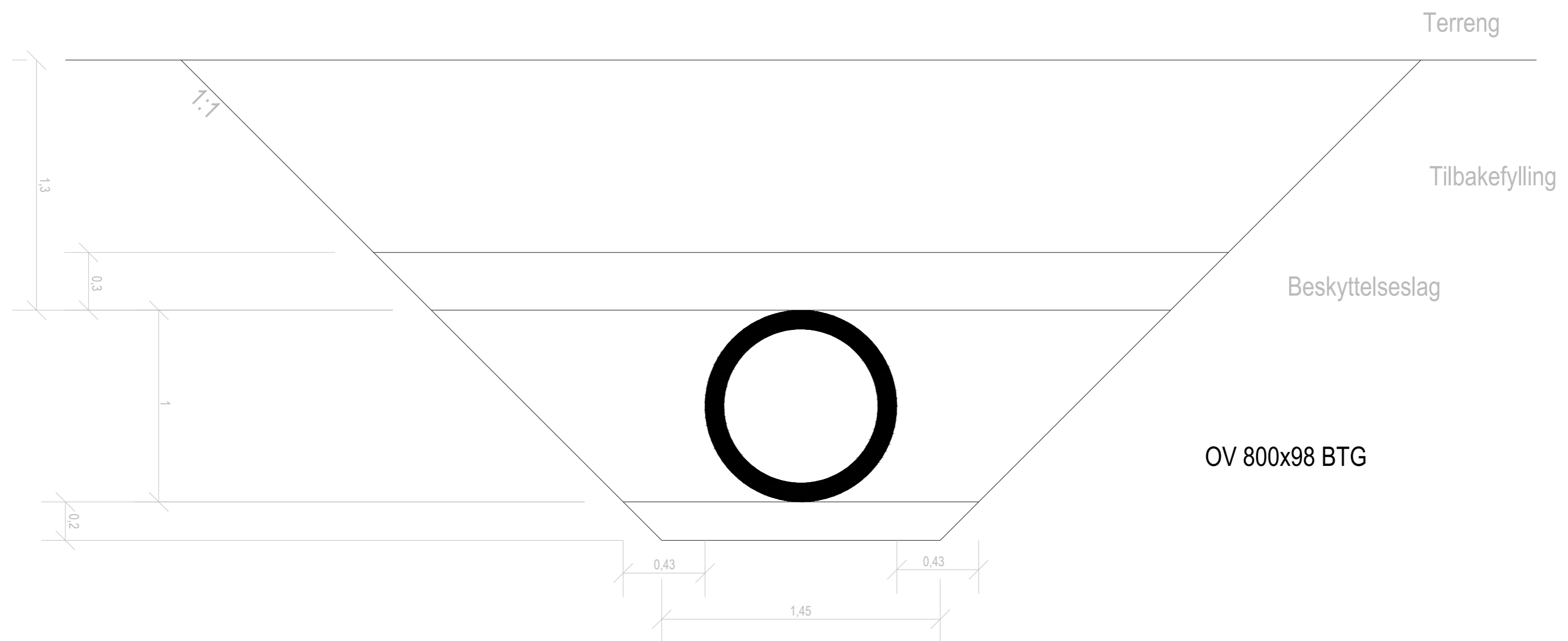
Snitt OV800 SP VL



VL 200x5,9 SN8 PVC
 SP 250x7,3 SN8 PVC
 OV 800x98 BTG

Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:20
	Arkstr	A2
Snitt 4	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
	Tegn. nr.	C-004

Snitt OV800



Tunheimsgården Bacheloroppgave Vår 2022 Prosjektering av overvann på Tunheim	Dato	10.05.22
	Målestokk	1:20
	Arkstr	A2
	Koordinatssystem	UTM32 /NN2000
Snitt 5	Utarbeidet av :	Philip AS Tyler og Mathias Aase Ulland
	Tegn. nr.	C-005