

Niklas Ramdahl
Siri Kristin Gluggvasshaug

Overvannsløsninger for Råkendalsveien

Lokal overvannsdiskonering

Bacheloroppgave i Byggingeniør

Veileder: Fred Johansen

Medveileder: Morten Ramdahl

Mai 2023

Niklas Ramdahl
Siri Kristin Gluggvasshaug

Overvannsløsninger for Råkendalsveien

Lokal overvannsdiskonering

Bacheloroppgave i Byggingeniør
Veileder: Fred Johansen
Medveileder: Morten Ramdahl
Mai 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggtknikk



Kunnskap for en bedre verden

Overvannsløsninger for Råkendalsveien

Lokal overvannsdisponering

Niklas Ramdahl og Siri Kristin Gluggvasshaug

Bacheloroppgave
Mai 2023

Bachelor i ingeniørfag - bygg
Innlevert: Mai 2023
Veileder: Fred Johansen

NTNU
Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for vareproduksjon og byggingsteknikk

Oppgavens tittel:	Dato: 22.05.2023		
Overvannsløsninger for Råkendalsveien	Antall sider: 133		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Niklas Ramdahl og Siri Kristin Gluggvasshaug			
Veileder: Fred Johansen			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere: Morten Ramdahl ved Synergi-1 AS			

Sammendrag:

Klimaet er i stadig endring. Hyppigere og mer intens nedbør, kombinert med sentralisering og fortetning gjør at det kreves innovative løsninger for å håndtere overvann. Ved Råkendalsveien i Ytre Enebakk skal det bygges 12 boenheter i ny moderne stil. Byggherre er pålagt av kommunale myndigheter å prosjektere tiltaket i henhold til gjeldende norm- og veileder for overvann. Tiltaket må derfor prosjekteres og utformes for å tilfredsstille kravene for lokal overvannsdiskonering.

I denne oppgaven er det derfor sett på hvilke blågrønne overvannsløsninger som faller innenfor kravene i tre-trinns-strategien. Derfor er Enebakk kommunes norm- og veileder samt annen relevant offentlig tilgjengelig informasjon og metodikk benyttet for å forme oppgaven. Løsningene må tilpasses og være et alternativ, som uten større komplikasjoner kan gjennomføres i tiltaket.

For oppgaven ble det satt tre ulike alternativer hvor det skulle utføres beregninger basert på kapasitet, pris og utslipp. Alternativ 1 består av infiltrasjonsgrøft med tilhørende grønnmur, regnbed og fordryningsmagasin. Alternativ 2 består av infiltrasjonsgrøft med tilhørende grønnmur, infiltrasjonskum, Blueroof og fordryningsmagasin. Alternativ 3 består av infiltrasjonsgrøft med tilhørende grønnmur, permeable dekker, infiltrasjonskum og fordryningsmagasin.

Beregningene viser at tiltak som lokalt infiltrerer eller fordroyer tette flater bidrar til å drastisk redusere nødvendig fordryningsvolum. Samtidig vil løsninger som fordroyer og infiltrerer tette arealer gi muligheten til at naturlige infiltrasjonsløsninger får kapasitet til å infiltrere store deler av 2 og 50års-returperiode. Dette er viser seg å både være besparende for miljøet og for det økonomiske.

Stikkord:

Overvann
LOD-tiltak
Blågrønne løsninger
Eneboligtomt



Niklas Ramdahl



Siri Kristin Gluggvasshaug

Forord

Denne bacheloroppgaven markerer avslutningen på det treårige studieprogrammet byggingeniør ved institutt for vareproduksjon og byggteknikk ved NTNU Gjøvik. Oppgaven utgjør 20 studiepoeng og er skrevet våren 2023. Oppgaven omhandler lokal overvannsdisponering ved hjelp av blågrønne løsninger og er skrevet i samarbeid med Synergi-1 AS regi Morten Ramdahl.

Studieretningen innebærer anleggstekniske fag hvor vann- og avløpsfaget har vært et fag som har fanget vår interesse og er bakgrunnen til valg av oppgave.

Vi vil takke veileder Fred Johansen for innspill og samtaler underveis i skriveprosessen.

Vi vil også rette en takk til Morten Ramdahl ved Synergi-1 AS for prosjekt, hjelp og innspill, samt Berit Gluggvasshaug og Lisa Christiansen for korrekturlesing.

Til slutt vil vi takke hverandre for innsatsen, samarbeidet og resultatet av rapporten.

Abstract

The climate is constantly changing. More frequent and intense rainfall, combined with centralization and densification, require innovative solutions to manage storm water. In Råkendalsveien, Ytre Enebakk, 12 residential units will be built in a new modern-day style. The developer is obligated by local authorities to design the project in accordance with the current standards and guidelines for storm water management. Therefore, the project must be design and developed to meet the requirements for local storm water management.

This bachelor's thesis focuses on identifying which bluegreen stormwater solutions fall within the requirements of the three-step-strategy. To shape the task, Enebakk municipality's standards and guidelines, as well as other relevant publicly available information and methodologies has been utilized. The solutions must be tailored to fit and be an alternative that can be implemented without significant complications.

For this task, three different alternatives were considered and calculated based on capacity, cost, and emissions. Alternative 1 consists of an infiltration trench, rain garden and detention basin. Alternative 2 consists of an infiltration trench, infiltration basin, Blueproof and detention basin. Alternative 3 consists of an infiltration trench, permeable surfaces, infiltration basin and detention basin.

The calculations demonstrate that solutions that locally infiltrate or detain impervious surfaces contribute to a drastic reduction in the required detention volume. Solutions that detain and infiltrate impervious areas provides the opportunity to add natural infiltration solutions to have capacity infiltrating 2 and 50-year return periods of storm water. This proves to be both environmentally and economically beneficial.

Innholdsfortegnelse

Forord	iii
Abstract	iv
Innholdsfortegnelse	v
Tabelliste	xiii
Formel liste.....	xv
Begrepsliste	xvi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn for oppgave	2
1.2 Avgrensing.....	3
1.3 Problemstilling.....	4
1.4 Oppbygging av teksten	5
1.5 Samfunnsperspektiv.....	5
2 Teori	7
2.1 FNs bærekraft mål	7
2.1.1 Nummer 9 – Industri, innovasjon og infrastruktur.....	7
2.1.2 Nummer 11 – Bærekraftige byer og lokalsamfunn	8
2.1.3 Nummer 14 – Livet i havet	8
2.1.4 Nummer 15 – Livet på land.....	8
2.1.5 Nummer 17 – Samarbeid for å nå målene.....	9
2.2 Enebakk kommune LOD/tre-trinns strategi	9
2.3 LOD – trinn 1 med blågrønne løsninger.....	10
2.3.1 Grønnkledde areal	11
2.3.2 Regnbed.....	11
2.3.3 Permeable dekker	13
2.3.4 Regntønner	14
2.4 LOD - Trinn 2 med tiltak.....	16
2.4.1 Små dammer.....	17
2.4.2 Fordrøyningsmagasin	17
2.4.3 Grønmur	18
2.4.4 Blueproof.....	20

2.5	LOD – Trinn 3 med løsninger	21
2.5.1	Åpne renner	21
3	Case	22
3.1	Enebakk kommune	22
3.2	Råkendalsveien	23
3.2.1	Dagens situasjon	23
3.2.2	Fremtidig situasjon	24
3.3	Soneinndeling og alternative løsninger	25
3.3.1	Soneinndeling	25
4	Rammeverk	28
4.1	TEK17	28
4.2	Vannressursloven	28
4.3	Enebakk kommunes samfunnsdel	29
4.4	Enebakk kommunes arealplan	29
4.5	Enebakk kommunes norm- og veileder for overvann	29
4.6	Overvannsplan for tiltaket	31
5	Metode	32
5.1	Valg av metode	32
5.2	Organisering av informasjon	32
5.3	Programvare	34
5.3.1	Excel	34
5.3.2	Autocad	34
5.4	Informasjonsinnhenting	34
5.4.1	Reguleringsplan	34
5.5	Lokal kunnskap over tiltaksområdet	36
5.6	NGU – kart og informasjon om geologi	40
5.6.1	Løsmassedata	40
5.6.2	Infiltrasjonspotensial	41
5.6.3	Berg	42
5.7	NVE-data	43
5.7.1	Flom – faresonekart	43
5.7.2	Flom - aktsomhetskart	44
5.7.3	Skredfare	45

5.8	Dimensjonering	46
5.8.1	Rasjonelle formel	46
5.8.2	Avrenningskoeffisient	47
5.8.3	Nedbørintensitet, I.....	48
5.8.4	Klimafaktor	51
5.9	Regnenvelopmetoden	52
5.10	Regnbed	53
5.10.1	Valg av faktorer.....	54
5.11	Infiltrasjonsgrøft	58
5.12	Infiltrasjonskum	60
5.13	Permeable dekker.....	61
5.14	Beregninger Blueroof.....	63
5.15	Nødvendig magasin volum	64
5.16	Mannings formel.....	64
5.17	Prisberegning for LOD-tiltakene	66
5.18	CO ₂ -eq beregning for LOD- tiltakene	66
6	Resultater.....	67
6.1	kommuneplan, arealplan og norm- og veileder	67
6.2	Geokart	67
6.3	Dimensjonerende overvann	68
6.4	Alternativ 1	68
6.4.1	Sone 1	68
6.4.2	Sone 2.....	71
6.4.3	Sone 3.....	72
6.4.4	Infiltrasjonssone tilknyttet sone 1, 2 og 3.	73
6.4.5	Dimensjonerende fordrøyingsvolum.....	74
6.4.6	Flomvei.....	75
6.4.7	Overvannsplan for alternativ 1	76
6.5	Alternativ 2	78
6.5.1	Sone 1	78
6.5.2	Sone 2.....	81
6.5.3	Sone 3.....	84
6.5.4	Infiltrasjonsgrøft sone 1 og 2	85

6.5.5	Infiltrasjonskummer sone 1 og 2.....	85
6.5.6	Totalvurdering.....	86
6.5.7	Flomvei.....	87
6.5.8	Overvannsplan for alternativ 2.....	88
6.6	Alternativ 3.....	89
6.6.1	Infiltrasjonskummer sone 1 og 2.....	89
6.6.2	Infiltrasjonsgrøft.....	90
6.6.3	Avrenning fra tak sone 1 og 2.....	91
6.6.4	Permeable dekker sone 1, 2 og 3.....	92
6.6.5	Totalvurdering.....	93
6.6.6	Flomvei.....	94
6.6.7	Overvannsplan for alternativ 3.....	94
6.7	Utslipp og kostnader.....	96
6.7.1	Alternativ 1.....	96
6.7.2	Alternativ 2.....	97
6.7.3	Alternativ 3.....	98
7	Diskusjon.....	99
7.1	Valg av alternativer – Teknisk.....	99
7.2	Utslipp og pris.....	102
7.2.1	Utslipp.....	102
7.2.2	Pris.....	103
7.3	Bærekraft.....	104
7.4	Metodekritikk.....	106
8	Konklusjon.....	107
9	Videre arbeid.....	108
10	Referanser.....	109
	Vedlegg.....	114

Figurliste

Figur 1 Avmerket området for tiltaket i rødt. Kilde; Origo, Enebakk kommune	3
Figur 2 FNs bærekraftsmål. Kilde; (FN-sambandet, 2023)	7
Figur 3 Tre- trinns- strategi. Kilde; (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).....	10
Figur 4 Regnbed. Kilde; (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016).....	12
Figur 5 Hvordan forurenset stoffer blir tatt opp med permeable dekke. Kilde; (Vannfakta & Lintho steingmiljø AS, 2021).....	13
Figur 6 Infiltrasjonssone for overvann fra tak og utomhus areal. Kilde; (Færeder, 2023)	14
Figur 7: Regntønne for takvann. Kilde; (Miljø blad, 2012).....	15
Figur 8 Fordrøyningsdammer for overvann fra tak og gårdsrom. Kilde; (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).....	16
Figur 9 Lengde innover i muren (cm) Kilde; (Hallingtorv, 2022).....	18
Figur 10 Avstand fra front (m). Kilde; (Hallingtorv, 2022).....	19
Figur 11 Overvannsløsning på tak, Kilde; (Kunøe, 2016)	20
Figur 12 Eks 1 på åpen kanal. Kilde; (Braskerud & Storemyr, Blågrønne overvannsløsninger, 2016).....	21
Figur 13 Enebakk kommune. Kilde; (Årdal, 2022)	22
Figur 14 Området for boligprosjektet for denne oppgaven. Kilde; (maps, 2023).....	23
Figur 15: Dagens boligsituasjon på området. Kilde; (Google Maps, 2023).	24
Figur 16: Situasjonsskart for utbyggingen av boligområdet. Kilde; (privat foto).	25
Figur 17: Oversikt over soneinndeling for vurdering av overvannsmengde og passende tekniske løsninger. Kilde; (Privat foto).....	26
Figur 18: Preakseptert ytelse for bortledning av overvann fra bygningskropp. Kilde; (Direktoratet for byggkvalitet , 2017)	28
Figur 19: Illustrasjon og forslag til hvordan en utomhusplan kan skisseres. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).....	31
Figur 20: Dagens situasjon med bebyggelse og veitraseer. Kilde; (Enebakk kommune, 2022)	35
Figur 21: Gjeldende oppdatert reguleringsplan for området. Kilde; (Enebakk kommune, 2022)	36
<i>Figur 22 Avrenningsretning for tiltaket i dagens situasjon. Kilde; (Enebakk kommune, 2022)</i>	<i>37</i>
<i>Figur 23 Avrenning på tomten ved fremtidig situasjon. Kilde; (Enebakk kommune, 2022)...</i>	<i>37</i>
Figur 24 Kvotehøyde på tomten. Kilde; (Enebakk kommune, 2022)	38
Figur 25 Flybilde over tomten, Kilde; (Google maps, 2023).....	38
Figur 26: Skisse av lagdeling for masseoppbygging av tomtearealet. Kilde; (privat foto)....	39
Figur 27: Løsmassekart for tiltakets område. Kilde; (Norges geologiske undersøkelse, 2022).	40
Figur 28: Infiltrasjonspotensial for tiltakets område, med tilhørende tegnforklaring, Kilde; (Norges geologiske undersøkelse, 2022)	41
Figur 29: Kart over borddybde. Kjente dybder (1,2) markert i svart. Tiltakets område markert i rødt (gnr./bnr. 91/112). Kilde; (Norges geologiske undersøkelse, 2022)	42

Figur 30: Faresonekart for området merket i rødt. Kilde: (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022).	43
Figur 31 Aktsomhetskart over større område i nord-vestre del av Ytre Enebakk. Kilde; (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022)	44
Figur 32 Aktsomhetskartet over tiltaksområdet markert i turkis, Kilde: (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022)	45
Figur 33 Aktsomhetskart for skred over tiltakets område, Kilde: (Kartlag, 2023)	46
Figur 34: Definisjon av overvannsavrenning. Kilde: (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020).	47
Figur 35: Nomogram for estimert konsentrasjonstid. Kilde (Otnes, Trengereid, & Storset, 1997).	48
Figur 36: Graf for nedbørsmengde (l/s*ha) og varighet (minutter). Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023).	49
Figur 37: Tabell for nedbørsmengde (l/s*ha) og varighet (minutter), Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023).	50
Figur 38: Graf for nedbørsmengde (mm) og varighet (minutter). Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023).	50
Figur 39: Tabell for nedbørsmengde (mm) og varighet (minutter). Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023).	51
Figur 40: Variabler knyttet til formel for regnenvelopmetoden.	52
Figur 41: Variabler knyttet til formel for regnenvelopmetoden.	53
Figur 42: Illustrasjonstegning over oppbygning og sammensetning av et regnbed. Kilde: (Paus & Braskerud, Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold, 2013)	54
Figur 43: Detaljer og egenskaper for ulike regnbed utført som pilotprosjekter. Kilde: (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016).	55
Figur 44: Definisjon på de ulike variablene i formelen for nødvendig areal regnbed.	56
Figur 45: Definisjon på de ulike variablene i formel for regnbedets kapasitet.	57
Figur 46: Definisjon på de ulike variablene i formel for regnbedets infiltrasjonskapasitet.	57
Figur 47: Beskrivelse av de ulike leddene i formelen for beregning av vannvolum i overflater for regnbed.	58
Figur 48: Fremstilling av utstrømningsareal og kapasitet for infiltrasjonsgrøft. Kilde: (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020).	58
Figur 49: Oversikt over antatt lengde for avskjærende infiltrasjonsgrøft. Kilde (Enebakk kommune, 2022).	59
Figur 50: Beskrivelse av de ulike leddene i formel for beregning av infiltrasjonskapasitet i grøft.	60
Figur 51: illustrasjon av montering og omfyllingsmasser for Basal permakum. Kilde: (Basal, 2022).	60
Figur 52: Variabler knyttet til beregning av infiltrasjonskapasitet.	61
Figur 53: Illustrasjon over infiltrasjonskapasitet over brukstid for belegg. Kilde: (Asak, 2023)	61
Figur 54: Forlag for oppbygning for god infiltrasjon i grunn. Kilde: (Asak, 2023)	62
Figur 55: Beskrivelse av variabler for formelen for permeable dekker.	62

Figur 56: Definisjon av variabler tilknyttet formel for beregning av total mengde vann fra takarealer.	63
Figur 57: Definisjon av variabler tilknyttet formel for beregning av påslipp fra sluk i tak.	63
Figur 58: Definisjon av variabler tilknyttet formel for beregning av nødvendig magasinivolum.	64
Figur 59: Variabler for M i mannings formel. Kilde: (Statens vegvesen , 2014).	65
Figur 60: Definisjon av variabler tilknyttet Mannings formel.	65
Figur 61:Graf over nødvendig areal for regnbed gitt beregnet volum inn ved 2års- returperiode.	70
Figur 62: Graf hvor forholdet mellom tilført vannmengde, infiltrasjon og resterende vannmengde som gir dimensjoneringsgrunnlag for magasin gitt 50års-returperiode.....	71
Figur 63: Graf hvor forholdet mellom tilført vannmengde, infiltrasjon og resterende vannmengde som gir dimensjoneringsgrunnlag for magasin gitt 50års-returperiode.....	72
Figur 64: Graf som viser total avrenning m ³ i regnperioden 1-1440 min.	73
Figur 65: Infiltrasjonskapasiteten for infiltrasjonsgrøft gitt regnperioden 1-1440 min.	74
Figur 66: Oversikt over beregnet vann etter infiltrasjon, maksimale påslippsmengder og nødvendig magasinivolum.	75
Figur 67: Graf som viser kapasitet til grøft mot tilførte vannmengder for en 200års- returperiode.	76
Figur 68 Overvannsplan for alternativ 1	77
Figur 69: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Krysningpunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 360 min. 79	79
Figur 70: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Krysningpunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 360 min. 80	80
Figur 71: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Krysningpunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 720 min. 81	81
Figur 72: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Krysningpunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 180 min. 82	82
Figur 73: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Krysningpunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 720 min. 83	83
Figur 74: Graf som viser avrenning m ³ i regnperioden 1-1440 min.	84
Figur 75: Infiltrasjonsmengde gitt regnperioden 1-1440 min.	85
Figur 76: Infiltrasjonskapasitet gitt to stk infiltrasjonskum med kapasitet 5 l/s pr. stykk med tilførte vannmengder fra plenarealer sone 1 og 2 for 50års- returperiode.	86
Figur 77: Oversikt over beregnet vann etter infiltrasjon, maksimale påslippsmengder og nødvendig magasinivolum.	87
Figur 78 Overvannsplan for alternativ 2	88
Figur 79: Infiltrasjonskapasitet gitt to stk infiltrasjonskum med kapasitet 5 l/s pr. stykk med tilførte vannmengder fra plenarealer sone 1 og 2 for 50års- returperiode.	89
Figur 80: Infiltrasjonsmengde gitt regnperioden 1-1440 min.	90
Figur 81: Mengde avrenning gitt over regnvarigheten 1-1440 min ved 50års-returperiode... 91	91
Figur 82: Graf som viser den totale infiltrasjonskapasiteten over de ulike regnvarighetene fra 1-1440 min.	92

Figur 83: Illustrasjon over totalt volum vann etter infiltrasjonsløsninger og tilhørende nødvendig fordrøyningsvolum på hensyn av maks påslipp kommunalt nett.	93
Figur 84 Overvannsplan for alternativ 3	95

Tabelliste

Tabell 1 Begrepsliste.....	xvi
Tabell 2 Fordeler og ulemper om grønnkledde areal.....	11
Tabell 3 Fordeler og ulemper om regnbed.....	12
Tabell 4 Fordeler og ulemper om permeable dekker.....	14
Tabell 5 Fordeler og ulemper om regntønne.....	15
Tabell 6 Fordeler og ulemper om små dammer.....	17
Tabell 7 Fordeler og ulemper om rørmagasin.....	18
Tabell 8 Fordel og ulemper om grønnmur.....	19
Tabell 9 Fordeler og ulemper om takløsning.....	20
Tabell 10 Fordeler og ulemper om åpne renner.....	21
Tabell 11 Alternativ på løsninger.....	27
Tabell 12 Lovverk fra norm- og veileder overvann.....	30
Tabell 13 Organisering av informasjon.....	33
Tabell 14: Avrenningsfaktorer for ulike flater i Enebakk kommune, Kilde: (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020).....	47
Tabell 15: Anbefalt klimapåslag gitt for perioden frem til 2071-2100 gitt av Norsk klimaservice. M5 = 5-års returvedi, M50 = 50-års returverdi. Kilde; (Dyrddal & Førland, 2019).....	52
Tabell 16: Variabler for dimensjonering av regnbed.....	69
Tabell 17: Variabler for dimensjonering av regnbed.....	71
Tabell 18: Variabler benyttet for dimensjonering i sone 3.....	73
Tabell 19: Variablene tilknyttet kapasitet for infiltrasjonsgrøft.....	74
Tabell 20: Maksimalt nødvendig magasineringsvolum ved regnvarighet 90 minutter.....	75
Tabell 21: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 1.....	78
Tabell 22: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 2.....	79
Tabell 23: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 3.....	80
Tabell 24: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 4.....	81
Tabell 25: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 5.....	83
Tabell 26: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 5.....	84
Tabell 27: Variablene tilknyttet kapasitet for infiltrasjonsgrøft.....	85
Tabell 28: Variabler tilknyttet beregning av kapasitet for infiltrasjonskum og beregning av avrenning for arealet.....	86
Tabell 29 Totalt magasineringsvolum.....	87
Tabell 30: Variabler tilknyttet beregning av kapasitet for infiltrasjonskummer og beregning av avrenning for arealet.....	89
Tabell 31: Variablene tilknyttet kapasitet for infiltrasjonsgrøft.....	90
Tabell 32: Variabler ved beregning for avrenning takarealer.....	91
Tabell 33: Variabler benyttet ved utregning av infiltrasjonskapasitet. Kilde; (Asak, 2023) ...	92
Tabell 34: Beregnede verdier for V_{inn} , Q_{maks} og største magasinivolum.....	93

Tabell 35 Oversikt over utslipp og kostnad rundt løsningene 1.....	96
Tabell 36 Utslipp og kostnad rundt løsning 2	97
Tabell 37 Utslipp og kostnad rundt løsning 3	98

Formel liste

Formel 1: Dimensjonerende overvannsavrenning for nedbørsfelt $A < 50$. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).....	46
Formel 2: Formel for regnvelopmetoden. Kilde: (Norsk vann, 2015)	52
Formel 3: Formel for mengder ut regnvelopmetoden. Kilde: (Norsk vann, 2015)	53
Formel 4: Nødvendig overflateareal regnbed. Kilde: (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016).....	55
Formel 5: Formel for beregning av regnbedets kapasitet gitt i m^3 . Kilde: (Paus, Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering, 2019).....	56
Formel 6: Beregning av infiltrasjonsmengden til regnbedet. Kilde: (Paus, Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering, 2019).	57
Formel 7: Formel for kalkulasjon av lagret mengde vann over filtermediet. Kilde: (Paus, Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering, 2019).....	58
Formel 8: Formel for beregning av infiltrasjonskapasitet i grøft. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).....	59
Formel 9: Formel for beregning av kapasitet for infiltrasjonskum. Kilde: (Basal, 2022).....	61
Formel 10: Formel for kapasitet permeabelt dekke.	62
Formel 11: Formel for beregning av total mengde vann på takarealer.	63
Formel 12: Formel for beregning av total mengde vann påsluppet sluk i tak.....	63
Formel 13: Formel for beregning av nødvendig magasinivolum. Kilde: (Norsk vann, 2015)..	64
Formel 14 Prisberegning for LOD-tiltakene	66
Formel 15 CO ₂ -eq beregning for LOD- tiltakene.....	66

Begrepsliste

Begrepsforklaringene er hentet fra læreboka fra vann- og avløpsteknikk og store norske leksikon. Tabell 1 under er en oversikt over relevante vann- og avløps begreper som er brukt i oppgaven, med forklaring.

Tabell 1 Begrepsliste

Uttrykk /begrep	Forklaring
Overvann	Samlebetegnelse på regnvann og smeltevann
Års returperiode	Forventet hyppighet/frekvens for nedbørintensiteten for en tidsperiode
VA	Forkortelse for vann- og avløp
LOD-tiltak	Lokal overvannsdiskonering, håndtering av overvann lokalt
Infiltrasjon	Vannets evne til å trenge ned i grunnen
Permeabilitet	Materialenes evne til å transportere vann
IVF-kurve	Kurve som viser returverdier for intensitet, varighet og frekvens av nedbør.
Nedbørsfelt	Det aktuelle områdets avrenning mot gitt punkt
Gårds- og bruksnummer	Eiendommens unike ID-nummer. (gnr./bnr.)
Påslipp	Tilførsel av avløpsvann til offentlig avløpsnett oppstrøms et renseanlegg
Fordrøyning	Teknings løsning som forsinker vannmengder

Kotehøyde	En linje på et kart, som markerer høydenivået i terrenget i forhold til en referansehøyde (normalt havnivået)
------------------	---

1 Innledning

Nasjonalt og internasjonalt står vi ovenfor klimaendringer som resulterer i ekstremvær med hyppigere frekvens og intensitet (Miljøstatus, 2023). Klimaendringer kombinert med urbanisering, befolkningsvekst og fortetting av permeable flater gir derfor utfordringer for effektiv overvannshåndtering. Åpne permeable flater som trær, vegetasjon og gress blir byttet ut med tette tak og asfalt, dette gir økt avrenning og belastning på eksisterende vann- og avløpsanlegg (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2023). I klimatilpasningen utarbeidet av Miljødirektoratet for 2018-2022 legges det derfor et felles ansvar for alle aktører å tilpasse seg klimaendringene (Miljødirektoratet, 2018).

Denne problematikken er størst i byer og tettsteder, men landlige strøk kan også oppleve ukontrollerte vannmengder som skaper problemer. Enebakk kommune og flere forskere, rapporterer om en forventet temperaturøkning på 4 grader og økning i årsnedbør på 10% frem mot år 2100 (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020). Dette gir kortvarige kraftige nedbørsmengder som øker vesentlig i alle årstidene, noe som gir økt risiko for flom, materielle skader og forurensning av vassdrag (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

For å ta hensyn til fremtidens klimaendringer er det viktig å planlegge teknisk gode og sikre overvannsløsninger i kommunen. Dette vil være kostnadsbesparende da en unngår påslipp av overvann på kommunalt ledningsnett, samtidig som en kan ivareta miljøet ved å unngå overfylte ledningsnett. Enebakk kommune har i den forbindelse utarbeidet en norm- og veileder for overvannshåndtering som informerer utbygger om de fysiske og tekniske krav for overvannsløsninger og hvilken dokumentasjon som skal medfølge. Denne norm- og veilederen har som målsetning å bevare god vannkvalitet i vassdragene med helhetlige løsninger som reduserer risiko for skader på miljø, materiell og konstruksjoner.

1.1 Bakgrunn for oppgave

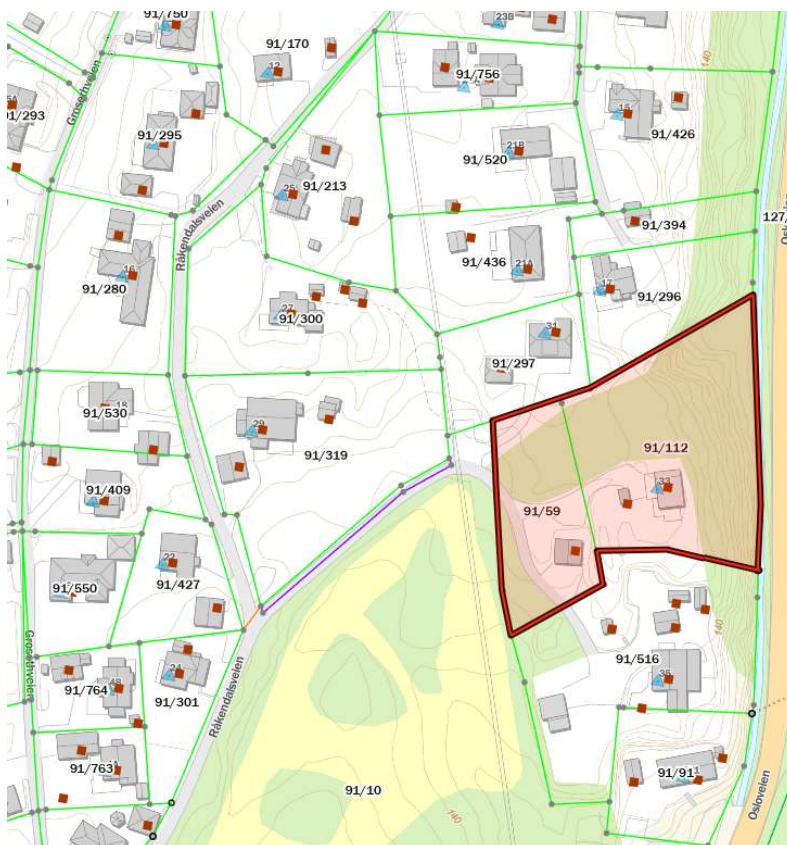
I dagens samfunn ser vi at vann og avløpsteknikk er et økende problem. Klimaendringer viser at vi står ovenfor et nasjonalt og internasjonalt skifte når det kommer til overvannshåndtering. Samfunnet er avhengig av et velfungerende ledningsnett, da rør og anlegg ikke er oppgradert siden byggeår.

Vi ønsker å se nærmere på overvannshåndtering, og om det er mulig å redusere flomtøppene for en boligtomt ved å benytte lokalt plasserte overvannstiltak på eiendommen. Derfor har vi forsøkt å se på ulike muligheter og alternativer for løsninger som vil redusere overvann.

Opgaven vil derfor omhandle en boligtomt i Enebakk kommune hvor vi vil bidra i søknads – og planleggingsfasen relatert til overvannshåndteringen på eiendommen. Da prosjektet ikke er påbegynt vil resultatet av denne oppgaven gi oss en unik mulighet for å få en større innsikt i prosessen, enn vi ville ha gjort om prosjektet var i slutfasen. Dette gir oss derfor muligheten til å skape diskusjon og komme med innspill for videre planlegging av overvannshåndteringen.

1.2 Avgrensning

Avgrensningen til oppgaven går langs med eiendomsgrensen til tomten og tar høyde for videre utbygging av feltet. Derfor blir lokalt overvannshåndtering innenfor tomtegrensen. I framtiden vil det bli regulert en ny hovedvei langs eiendommen. Påvirkning av denne for beregninger er ikke medtatt, men det er utført refleksjoner for hva dette kan medføre.



Figur 1 Avmerket området for tiltaket i rødt. Kilde; Origo, Enebakk kommune

Parallelt med tomtegrense og riksvei går det en bekk/elv. Ved beregnet påslipp av overvann fra LOD-trinn 3 vil det ikke bli kalkulert om denne lille mengden utgjør noe større risiko for flom, da vi anser mengdene fra kun dette området som lite eller betydelig redusert fra tidligere løsninger.

Det er ikke utført noen tester for å måle infiltrasjonsevnen til tiltakets område. Etter samtale med veileder er det derfor besluttet å benytte liknende geotekniske rapporter, løsmassekart og referansetall.

Da løsningene som vil bli presentert utformes grunnet det omsøkte tiltaket, vil avgrensingsområdet for beregninger være innenfor tomtens areal. Tilgrensende områder ligger på en høyere kote og det er naturlig å tenke at noen av disse kan tilføre overvannsmengder til eget areal. Samtidig ville en større analyse kreve en helt annen innfallsvinkel og datainnsamling for oppgaven, derfor har vi fokusert på tiltaket og hvilke løsninger en kan gjøre innenfor tiltakets område.

Dimensjonering av overvannsrør er heller ikke tatt med i beregningene siden det blir vurdert tre alternativer med løsninger som gir stor differanse i vannmengde.

1.3 Problemstilling

For å imøtekomme norm- og veileder for overvannshåndtering i Enebakk kommune skal vi i denne oppgaven se på hvilke tiltak og løsninger som effektivt kan bidra til å redusere overvannsavrenningen fra tomten etter utbygging. Dette gjøres med bakgrunn i generell teori og innovativ tenkning for å finne den beste tekniske løsningen uten å gå på bekostning av miljøet. Derfor er det valgt følgende hovedproblemstilling:

Hvilke sammensetninger av lokale overvannsløsninger vil være optimale for Råkendalsveien?

For å besvare hovedproblemstillingen har vi valgt å undersøke delproblemstillingene:

- *Hvilke alternativer finnes for å håndtere overvannet?*
- *Hvilke løsninger sikrer tilstrekkelig håndtering av overvannet ved framtidig nedbør og fortetting?*
- *Hvordan kan det sikres bærekraft ved valg av løsninger?*

1.4 Oppbygging av teksten

Rapporten er i hovedsak oppbygd etter IMRoD – modellen. Modellen inneholder introduksjon, teori, metode, resultat og diskusjon (NTNU, u.d.). Det er også tatt med rammeverk som et eget hovedkapittel. Disse forutsetningene vil bli tatt med i vår vurdering av beregningene gjort for LOD-tiltakene for å besvare problemstillingen.

Innledningen av rapporten presenterer problemstillingen og gir en introduksjon til oppgaven. Teorien er avgrenset til generelle tiltak for blågrønne LOD-tiltak som er benyttet innenfor eiendommen. Casen gir en kort beskrivelse av Enebakk kommune, tiltakets område, dagens- og fremtidig situasjon og soneinndeling av eiendommen som er benyttet ved beregninger. Rammeverk tar for seg rammene satt i norm- og veilederen for Enebakk kommune og hvilke føringer dette legger for dimensjonering av LOD-tiltakene. I metodedelen vektlegges alle verktøyene som må til for å løse oppgaven. Gjennom å behandle tiltaket i henhold til oppgitt teori, rammer og metodikk vil resultatene bli presentert i resultater. I diskusjon skal resultatene tolkes og vurderes. Det vil videre bli gitt en konklusjon basert på funnene nevnt ovenfor i siste kapittel.

1.5 Samfunnsperspektiv

Hvert år rapporteres det om ødeleggelser i milliardklassen på bygg og infrastrukturen etter ekstremvær. I perioden 2008-2018 brukte forsikringsselskapene om lag 30 milliarder kroner etter natur og vannskader på bygninger (Tømte, 2022). Gjensidige spår ingen endring i dette for fremtiden. Lekkasjer fra tak, oversvømte kjellere og tilbakeslag på avløpssystemet blir stadig mer vanlig (Tømte, 2022).

De siste årene har det i Enebakk kommune vært en større satsing på utbygging. Dette har ført til økt bygningsmasse, mer vei og en større andel tette overflater. Bakgrunnen for dette er et ønske om økt tilflytning og deretter nødvendig vedlikehold av eksisterende infrastruktur. (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020). Feil ved håndtering av overvann og flomveier kan resultere i naturkatastrofer. Ukontrollert vann kan danne skred som skaper store ødeleggelser. I verst tenkelig scenario kan konsekvensene være ødeleggelse på bebyggelse, veier, forurenset drikkevann eller at liv går tapt (Bjørnevik, 2020).

Enebakk kommune har utarbeidet en norm- og veileder på overvannshåndtering. Tverrfaglig samarbeid er sentralt for å lykkes. Kompetanse og informasjonsutveksling er nødvendig for å løse problemene innenfor flom, vannkvalitet og arealer som skal benyttes til overvannsformål (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020). Dårlig samarbeid lokalt i kommunen kan føre til mangelfulle løsninger og dimensjoneringsfeil på ledningsnett. Flere kommuner står ovenfor oppgradering av eksisterende ledningsnett i nær framtid. Da er utfordringen å dimensjonere etter dagens og framtidens behov etter som krav og klima er faktorer som kan endres betraktelig.

2 Teori

I dette kapitlet blir det presentert nødvendig teori tilknyttet overvannshåndtering og tilhørende blågrønne løsninger. Teorien og løsninger vil bli presentert på bakgrunn av Enebakk kommunes norm- og veileder for overvannshåndtering.

2.1 FNs bærekraft mål

I hovedplanen for Enebakk kommune står bærekraft og bærekraftig utvikling sentralt for perioden 2022-2025 (kommune, 2011). Bærekraft omtales som definisjon at det skal imøtekomme dagens behov, men ikke bruke mer ressurser enn nødvendig. Ved å benytte FNs bærekraftsmål er enn med på å skape et mer bærekraftig samfunn. Dette er viktig da stat kommer med stadig strengere krav og føringer (Fremstad, 2021).

I rapporten knyttes flere av FNs bærekraftsmål opp mot de aktuelle temaene rapporten tar for seg. Da oppgaven omhandler overvann, vil det ses nærmere på FNs bærekraftsmål nummer 9, 11, 14, 15 og 17.



Figur 2 FNs bærekraftsmål. Kilde; (FN-sambandet, 2023)

2.1.1 Nummer 9 – Industri, innovasjon og infrastruktur

Infrastruktur må være på plass for å opprettholde et velfungerende samfunn (FN-sambandet, 2023). I kommunens hovedplan for vann- og avløp satses det på å forbedre og utvide det eksisterende ledningsnett. Dette for å tilfredsstille utbygging og klimaendringer som kommunen står overfor i nærmeste framtid (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020).

2.1.2 Nummer 11 – Bærekraftige byer og lokalsamfunn

Bærekraftige byer og lokalsamfunn skal bidra til å gjøre byer og lokalsamfunn inkluderende, trygge, robuste og bærekraftige. (FN, 2023). Enebakk kommune har en stadig fortetting og tettstedet er i stadig utvikling. Dette er en faktor som lager utfordringer for overvannshåndtering. Økt utbygging og flere harde overflater gir økt avrenning og påkjenning på eksisterende ledningsnett. Dette gir Enebakk kommune nye problemstillinger med et ønske om økning i populasjon og fremtidig nedbørmengde (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

2.1.3 Nummer 14 – Livet i havet

FNs bærekraftsmål nummer 14 - Livet i havet omhandler det å bevare- og bruke havet med de marine ressursene på en måte som fremmer bærekraftig utvikling (FN, FN - sambandet, 2023). Klimautviklingen de siste årene har utviklet seg i retning av et varmere og våtere klima, med mer intense og lokale nedbørstilfeller. Dette medfører fare for jord-, flom- og sørpeskred. Det må derfor stille nye krav til planlegging og håndtering av overvann (NVE, 2023). I Enebakks kommuneplan blir det i samfunnsdelen tatt hensyn til vassdrag, innsjøer og mangfoldet tilknyttet vann. Derfor skal alle nye inngrep og aktivitet vurderes opp mot vært enkelt tiltak (Enebakk kommune, 2023).

2.1.4 Nummer 15 – Livet på land

FNs bærekraftsmål nummer 15 – livet på land omhandler å beskytte alle økosystemer og redusere tap av artsmangfold (FN- sambandet, 2023). I kommuneplanens arealdel stilles det derfor krav til blågrønne løsninger. Dette er med på å fremme biologisk mangfold i området og redusere forurensing til nærliggende elver og vassdrag (Enebakk Kommune, 2015).

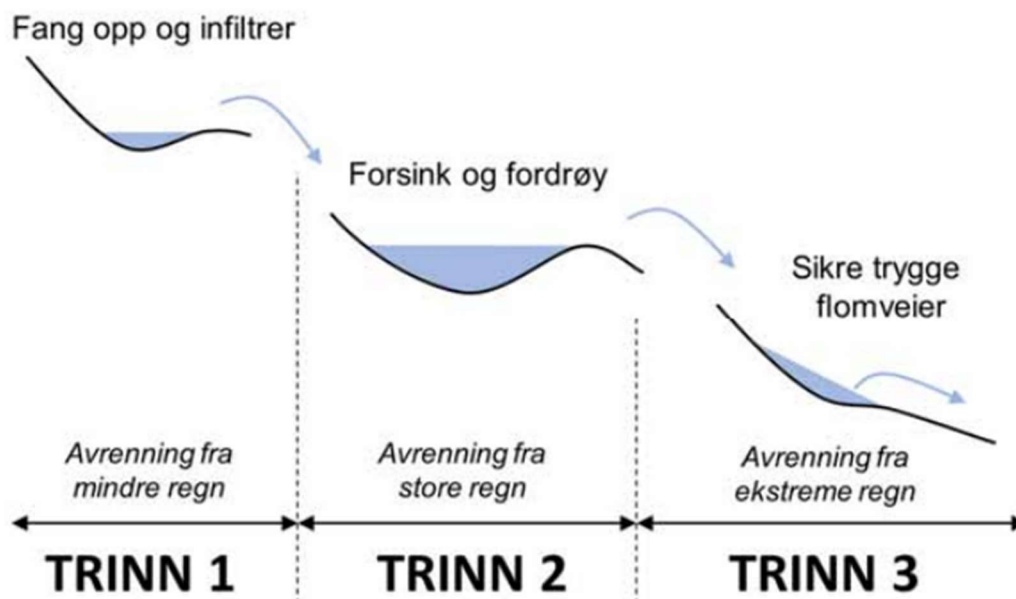
2.1.5 Nummer 17 – Samarbeid for å nå målene

Nummer 17 - Samarbeid for å nå målene er ett spesielt viktig punkt for å lykkes med målene. Det er nødvendig med samarbeid og kunnskapsutveksling både nasjonalt, internasjonalt og lokalt i de ulike fagmiljøene (FN-sambandet, 2023). I normen og veilederen for Enebakk skal et tverrfaglig samarbeid gjøre at kommunen kan lykkes enda bedre med overvannsproblematikken (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

2.2 Enebakk kommune LOD/tre-trinns strategi

Miljødirektoratet har gitt klare føringer på at alle har et ansvar for å tilpasse seg klimaendringene. Dette gjelder både enkeltindivider, næringslivet og myndighetene. (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020). Staten og kommunene har det overordnede ansvaret for overvann, men en betydelig andel ligger på grunneiere og anleggseiere (Miljødirektoratet, 2023). Til utbyggere i Enebakk kommune stilles det tekniske krav til overvannshåndtering. Overvannsløsningen skal baseres på tre-trinns-strategien og skal primært løses uten påslipp til kommunalt nett (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

Tre- trinns-strategien består av tre trinn utenom planleggingsdelen (trinn 0) som tar for seg prosjektering og planlegging. Trinn 1 omfatter mindre mengde nedbør, trinn 2 omhandler å fordrøye og forsinke store lokale regn, mens trinn 3 skal sikre trygge flomveier for avrenning fra ekstreme nedbørsmengder (Paus, Tre- trinns strategien og dimensjonering i praksis, 2018).



Figur 3 Tre- trinns- strategi. Kilde; (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020)

Samtidig som enn skal tilfredsstillende de tre ulike trinnene legges det vekt på blågrønn faktor. Dette er et virkemiddel som er samhandler løsninger med vegetasjon og vann for et sunnere utemiljø, biologisk mangfold og bedre klimatilpassing (Standard Norge, 2021). Kombinert ved å bidra til lokal overvannshåndtering vil anleggelse av dammer, trær og annen vegetasjon bidra til redusert CO₂-utslipp, forbedring av luftkvalitet, naturlig rensing av vann og gi estetiske kvaliteter (Miljødirektoratet, 2023).

2.3 LOD – trinn 1 med blågrønne løsninger

I trinn-1 dimensjoneres løsningene for 2års-returperiode og hovedegenskapen er å infiltrere og fange mindre mengder vann, såkalt normalregn. Løsningen benytter permeable overflater for infiltrasjon av overvann fortløpende uten å lagre overskudd av vann i magasin eller liknende (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

Løsningen som er aktuell for trinn 1 er flater som plener, beplantede overflater, grus og stein. Ifølge norm- og veilederen til Enebakk kommune skal ikke overvann fra trinn 1 kobles på ledningsnett, men håndteres lokalt (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

2.3.1 Grønnkledde areal

Gressflater er et godt alternativ for infiltrasjon for det håndterer overvannet lokalt på hver enkelt tomt. Normalt kommer vannet fra takflater, veier og gårdstun. Optimalt bør gressflaten ha litt helning både for å drenere langsomt, men også for at vannet skal fordele seg over et større område. Slik unngås dannelse av kanaler og erosjon i grunn (Enebakk kommune, Teknisk avdeling, 2020). Vedlikehold på dette LOD-tiltaket er gressklipping, rydding av vegetasjon, vedlikehold av planter, avfall og blader må fjernes med jevne mellomrom. Gresskledde grøfter kan benyttes for å infiltrasjon, fordøyning og bortledning av overvann (Miljø blad, 2019).

Tabell 2 Fordeler og ulemper om grønnkledde areal

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Enkelt å vedlikeholde• Lang levetid• Håndtere lokalt overvann	<ul style="list-style-type: none">• Mye arbeid å vedlikeholde• Høyt gress ved bygninger kan skape fuktproblemer• Mye arbeid å anlegge en god plen

2.3.2 Regnbed

Regnbed fungerer som en forsinker, fordrøyer og bidrar til rensing av overvannet (Norges geologiske undersøkelse, 2022). Området er forplantet med en stor andel av busker og blomster som danner et hageanlegg (Miljø blad, 2018). Dette gjør at vannet blir forsinket i vegetasjonen og hovedandelen av vannet blir infiltrert ned i grunnen. For best mulig infiltrasjon må regnbedet utformes så vannet fordeles over et større areal. Resterende vann kan ledes videre til en dam i regnbedet bort fra området (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016).

Overvannet kommer primært fra tak, gårdsplasser, veier og parkeringsplasser. Regnbed fungerer som en forsinker, fordrøyer og bidrar til rensing av overvannet (Norges geologiske undersøkelse, 2022). Området er forplantet med en stor andel av busker og blomster som danner et hageanlegg (Miljø blad, 2018). Dette gjør at vannet blir forsinket i vegetasjonen og hovedandelen av vannet blir infiltrert ned i grunnen.

For best mulig infiltrasjon må regnbedet utformes så vannet fordeles over et større areal. Resterende vann kan ledes videre til en dam i regnbedet bort fra området (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016). Overvannet kommer fra tak, gårdsplasser, veier og parkeringsplasser.



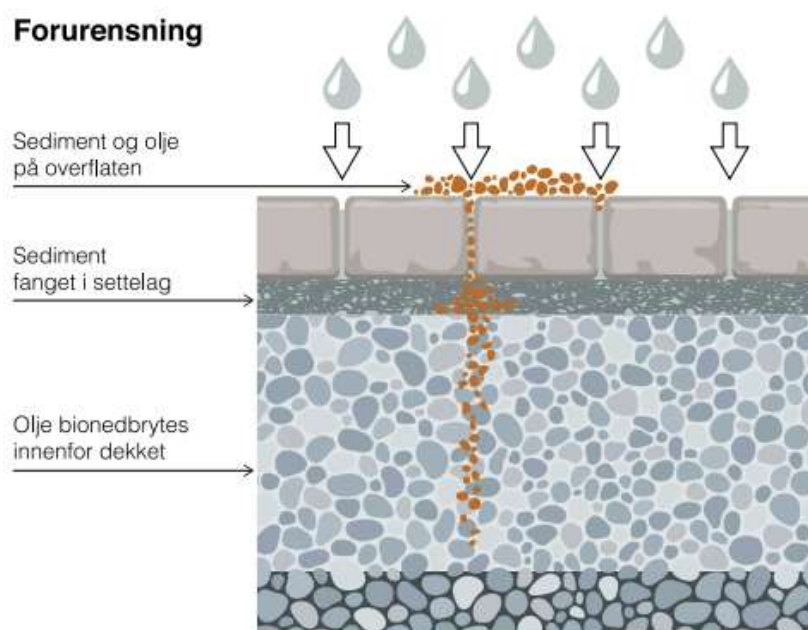
Figur 4 Regnbed. Kilde; (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016)

Tabell 3 Fordeler og ulemper om regnbed

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Redusere flom- og nedbørstopper• Øker mengden grøntareal i byer og tettsteder• Øker biologisk mangfold	<ul style="list-style-type: none">• Krever mye overflateareal• Lite utbredt i Norge• Krever vedlikehold

2.3.3 Permeable dekker

I byer og tettsteder er betongstein eller heller materialer som blir benyttet. De har to funksjoner, estetisk og for overvannshåndtering. Permeable dekker har samme funksjon som betongsteindekker, men utgjør i tillegg komplette dreneringssystem (Vannfakta & Lintho steingmiljø AS, 2021). Fordelene ved å benytte permeable dekker er at de tar opp forurensede stoffer og forebygger at disse stoffene kommer i vassdrag eller grunnvann, samtidig som de har høy infiltrasjonskapasitet (Vannfakta & Lintho steingmiljø AS, 2021).

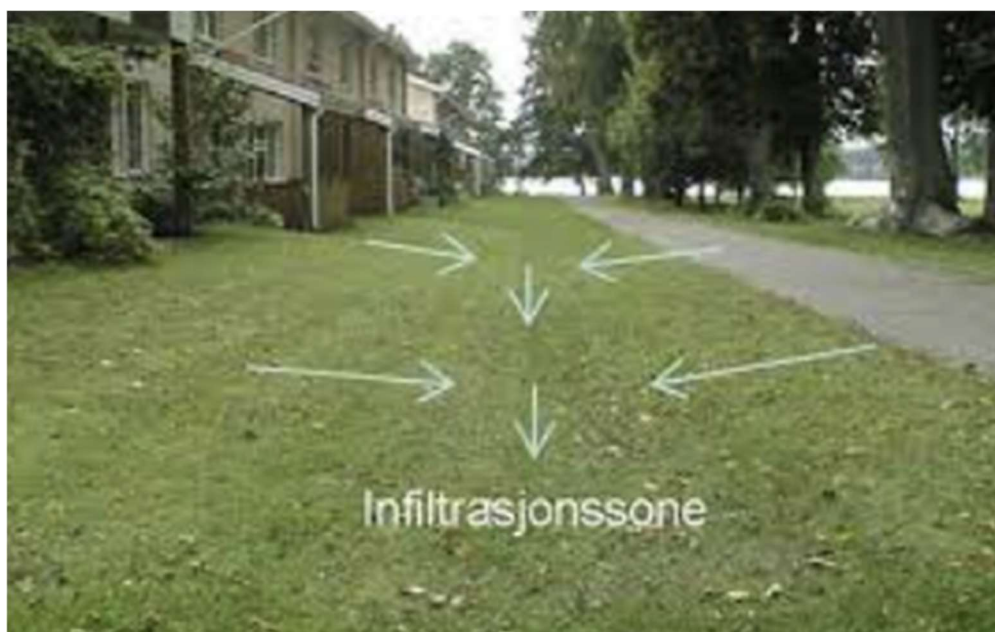


Figur 5 Hvordan forurenset stoffer blir tatt opp med permeable dekke. Kilde; (Vannfakta & Lintho steingmiljø AS, 2021)

En vannrett vei eller et åpent areal av permeable dekker har en bedre drenering sammenlignet om det hadde vært helning på området. Ved bruk av permeable dekker er det ønskelig med minimalt med helning på steinene. Dette fordi det blir vanskeligere for vannet å infiltrere i fugene da vannet finner seg nye veier på overflaten (Vannfakta & Lintho steingmiljø AS, 2021). Etter noen års brukstid vil infiltrasjonsevnen bli betraktelig redusert sammenliknet med nytt anlegg. Dette er mulig å endre på gjennom gatefeiling, støvsuging eller fugerengjøring for å få tilbake infiltrasjonskapasiteten. Løsningene for vedlikehold er kortvarige og må forventes gjort med jevne mellomrom. (Miljø blad, 2019).

Tabell 4 Fordeler og ulemper om permeable dekker

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Kan være helt flatt• Enkelt i vedlikehold• God erstatning fra asfalt• Estetisk utformet	<ul style="list-style-type: none">• Kortvarig infiltrasjonsevne• Kostnad• Krever en del grunnarbeid• Krever god fundamentering og bærelagret av grunnen



Figur 6 Infiltrasjonssone for overvann fra tak og utomhus areal. Kilde; (Færeder, 2023)

2.3.4 Regntønner

I Norge brukes en gjennomsnittlig person mellom 140-160 liter vann i døgnet og en hageslange bruker rundt 1000 liter vann i timen (Vi i villa, 2019). For å redusere bruken av rent drikkevann på hagearbeid kan en regntønne være løsningen. Regntønne samler opp nedbør fra taket i tønner som står nedenfor takrennen. Vannet som blir samlet opp kan brukes til å vanne hagen (Miljø blad, 2018).



Figur 7: Regntønne for takvann. Kilde; (Miljø blad, 2012)

Tabell 5 Fordeler og ulemper om regntønne

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Kostnads effektive tiltak• Bruker vann som en ressurs• Brukervennlig	<ul style="list-style-type: none">• Ikke estetisk fin• Vedlikehold av tønne, rengjøring og fjerning av blader og løv• Risiko at vannet fryser på vinteren

2.4 LOD - Trinn 2 med tiltak

Trinn 2 skal dimensjoneres for 50-års returperiode og har til hensikt å forsinke og fordrøye overvannet (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020). Dimensjoneringen for trinn 2 bestemmes av størrelsen på arealet og andelen tette og harde flater for det gitte området. Størrelsen på magasinene eller fordrøyning skal dimensjoneres med mulighet for å ta unna store mengder vann (Asplan viak, 2019).

Etter at overvannet har blitt fordrøyet slippes det til infiltrasjon i grunn (trinn 1), ledes til vassdrag og elver eller til det kommunale ledningsnettet. Tiltak som kan være aktuelt for trinn 2 er fordrøyningsmagasiner, tørre dammer og oversvømmelsesarealer (Miljø blad, 2018).



Figur 8 Fordrøyningsdammer for overvann fra tak og gårdsrom. Kilde; (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020)

2.4.1 Små dammer

Dammer kan være et tiltak i første og andre ledd i tre-ledds-strategien, avhengig av størrelsen og kapasiteten på dammen (Miljø blad, 2018). Det skilles her mellom tørre og våte dammer. Tørre dammer har ikke et permanent vannspeil og vil derfor være tomt i forkant av regnværsperioden. Siden dammen er tørr, vil det oppstå infiltrasjon i bunn og sidene på dammen. Når vannmengden er større enn infiltrasjonen øker vannspeilet og ved full kapasitet renner vannet videre i et overløp. Med våte dammer vil det være et kontinuerlig vannspeil i dammen, derfor oppstår lite eller ingen infiltrasjon til grunn (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020).

Utfordringen med dammer er at de krever mye areal og kan stå som et hinder i landskapet. Det kan også føre til risiko for drukning om det er lite vegetasjon rundt og ikke en grunn sone rundt dammen (Miljø blad, 2018). Dammen må plasseres langt nok unna så overvannet ikke kan gjøre skade på bygninger og omgivelser rundt.

Tabell 6 Fordeler og ulemper om små dammer

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Reduserer flomtopper• Tar unna overvann• Renser overvannet• Øker biologisk mangfoldet	<ul style="list-style-type: none">• Krever areal• Kan oppleves som en barriere i terrenget

2.4.2 Fordrøyningsmagasin

Det finnes mange forskjellig løsninger og prisklasser på fordrøyningsmagasiner. Prinsippet er at magasinet skal fungere som en mellomlagring av overvannet så det kan avlaste ledningsnettets under kraftig nedbør og være et rensalternativ før det slippes på ledningsnettets (Miljø blad, 2012).

Lokale forhold kan være avgjørende for hvilke løsninger som er best egnet. Det skilles mellom åpne og lukket magasin eller som en kombinasjon av begge. Det varierer mellom rørmagasin, kum- og tankmagasin, steinmagasin til plastkassetter. Kum- og tankmagasin blir

ofte benyttet for små magasinbehov, men steinmagasin blir valgt for større behov grunnet gunstig pris (Miljø blad, 2012).

Tabell 7 Fordeler og ulemper om rørmagasin

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Håndtere store mengder vann • Krever mindre overflateareal • Håndterer overvannet lokalt 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever vedlikehold av magasiner • Volumskrevende, fjerning av masser • Flere arbeidsprosesser som må koordineres (utgraving/sprenging, rørlegging, grunnarbeid) • Kostbart

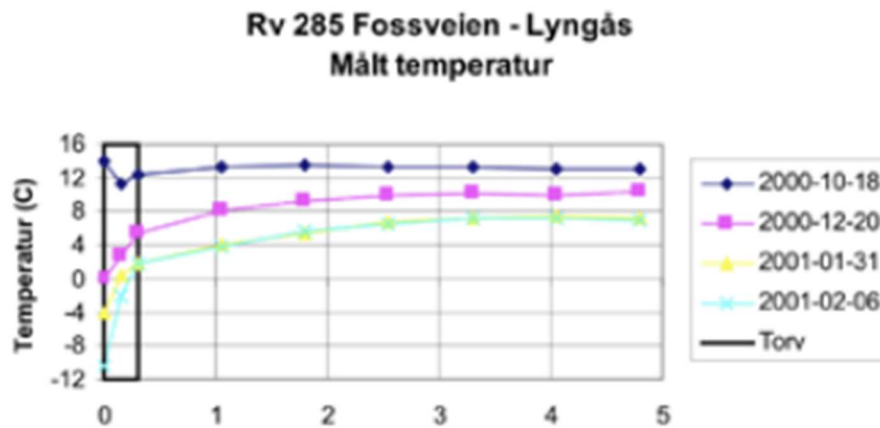
2.4.3 Grønmur

Grønmur er et konsept fra Hallingtørv hvor løsningen innebærer å bygge vegetasjonskledde skråninger ved bruk av torvblokker. Grønmuren er en allsidig mur som kan brukes til fasade, støyvoller og støttemur. Muren bygges i klosser over hverandre som vist i figur 9 under. Muren bygges opp i blokker med geosyntetisk armering. Ytterste laget er av torvblokker og lenger inn i murene kan det benyttes overskuddsmasser (Hallingtørv, 2022). Grønmur er vurdert som et tiltak for sin vertikale infiltrasjonsevne og fordelen med massene bak.



Figur 9 Lengde innover i muren (cm) Kilde; (Hallingtørv, 2022)

Det første laget fungerer som isolasjon som vil si at temperaturen vil hele tiden være over frysepunktet (Hallingtorv, 2022). Dette gir muligheter til å bruke telefarlig masser som fyllingsmasser uten å måtte bekymre seg for at vannet i massene fryser. Figur 10 nedenfor viser temperaturen innover i muren.



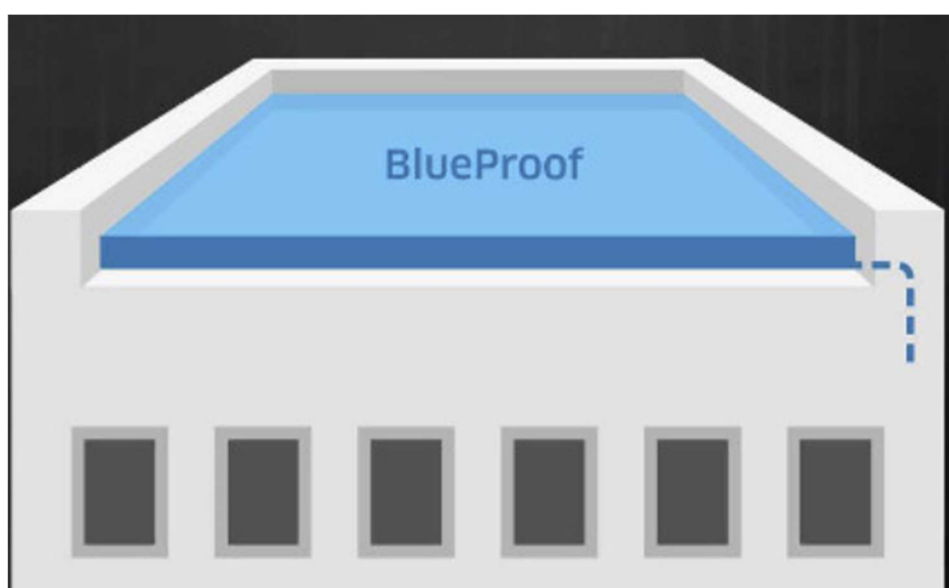
Figur 10 Avstand fra front (m). Kilde: (Hallingtorv, 2022)

Tabell 8 Fordel og ulemper om grønnmur

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none"> • Kan bruke overskudd- og telefarlig masser • Estetisk utformet • Første sikt er isolert • Lett å håndtering • Rimelig 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever armering sikt • Ømfintlig til ødeleggelser • Lite litteratur rundt alternative bruksområder

2.4.4 Blueproof

Flere bygninger blir i nyere tid bygget med flate tak og dette kan utnyttes til som en overvannsløsning. Med økende nedbørintensitet kan en takløsning som Blueproof være aktuelt for å redusere flom- og nedbørstoppene betydelig (Protan, 2023). Blueproof benyttes for å kontrollere nedbør ved å regulere mengden i taknedløpet, dette skaper forsinkelser i vannmassene og kan redusere de verste flomtoppene. (Kunøe, 2016). I Norge er det normalt at takene blir dimensjonert for å tåle mer enn 300 mm med nedbør som vil tilsvare nærmere 300 kg (Kunøe, 2016).



Figur 11 Overvannsløsning på tak, Kilde; (Kunøe, 2016)

Tabell 9 Fordeler og ulemper om takløsning

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Redusere flomtoppene• Utnyttelse av areal• Lang levetid• Håndtere store mengder vann	<ul style="list-style-type: none">• Kostbart• Taket må dimensjoneres for vannmengden• Nytt konsept

2.5 LOD – Trinn 3 med løsninger

Trinn 3 omfatter alle fysiske tiltak som sikrer at overskytende vannmengder ved ekstremregn føres trygt ut av eiendommen til vassdrag eller andre områder som er tilrettelagt for betydelig mengder vann (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020). I trinn 3 skal det dimensjoneres for 200-års returperiode, da er det snakk om flom og ekstreme nedbørmengder (Paus, Overvann og mere overvann, 2013).

For trinn 3 kan løsningene være åpne kanaler og lavbekker som fører vannet til vassdrag og eventuelt sjø (Paus, Overvann og mere overvann, 2013). Utenom eiendommenes infiltrasjon kan veier, grøfter, naturområder fungere som løsninger (Miljø blad, 2018).

2.5.1 Åpne renner

Åpne renner benyttes som trygge flomveier i gater eller tettbebygde strøk. Overvann som kommer fra tak, veier eller andre tetter flater blir ledet til rennene før det transporteres til resipienter som bekker, vassdrag, myr eller andre plasser som har kapasitet til å motta overvannet (Miljø blad, 2018). Dette bidrar til å transportere vannet på, fordrøye og senke de verste flomtoppene.



Figur 12 Eks 1 på åpen kanal. Kilde; (Braskerud & Storemyr, Blågrønne overvannsløsninger, 2016)

Tabell 10 Fordeler og ulemper om åpne renner

Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Tar unna store mengder overvann• Sikrer for trygg flomføring• Lett å anlegge og dimensjonere	<ul style="list-style-type: none">• Krever sikring• Kostnad• Areal krevende

3 Case

I dette kapitlet vil dagens- og fremtidens situasjon for tiltaket bli presentert. Det vil også bli presentert forslag i form av alternativer med overvannsløsninger tilpasset ulike soneinndeling på tiltakets tomt.

3.1 Enebakk kommune

Enebakk kommune ligger i Viken fylke, sørøst for Oslo. Det er 11 392 innbyggere i kommunen med et totalareal på 232,58 km². Halvparten av arealet består av skog og et markant vannareal. Dette gjør at kommunen er godt egnet for friluftsliv og naturopplevelser. Arbeidslivet er preget av transport, servicejobber og flere av innbyggerne pendler til Oslo. Siden 2022 har befolkningen økt med 80 personer (Statistisk sentralbyrå, 2023).



Figur 13 Enebakk kommune. Kilde; (Årdal, 2022)



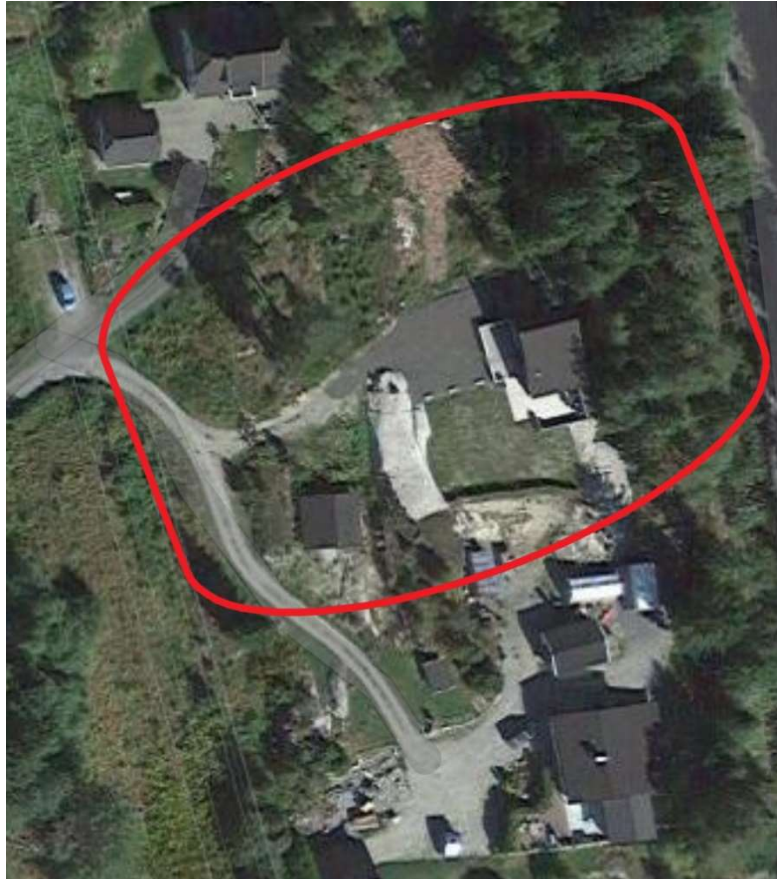
Figur 14 Området for boligprosjektet for denne oppgaven. Kilde; (maps, 2023)

Tettstedet Ytre Enebakk ligger sørvest i kommunen og har et innbyggertall på rundt 4 500 personer (Aksheim, 2022). Ytre Enebakk har mange muligheter for utbygging av boligområder. Tettstedet planlegger å bygge rundt 600 boligenheter i løpet av få år (Årdal, 2022). Denne utbygging vil øke belastningen på dagens infrastruktur, deriblant ledningsnett for å tilfredsstille etterspørselen på vann- og avløp.

3.2 Råkendalsveien

3.2.1 Dagens situasjon

På eiendommen er det er i dag en omgjort hytte med en grunnflate på 80 m^2 på tomtens østlige side med tilhørende biloppstillingsplass på cirka 100 m^2 ved husets vestside. På tomtens sørlige side er det i dag en dobbelgarasje på cirka 50 m^2 . Dette skal fjernes for å gi plass til den fremtidige bygningsmassen. Dette betyr at ved dagens situasjon gir 230 m^2 og tilsvarer kun 4,8% av tomtens areal utnyttet til bygningsformål.



Figur 15: Dagens boligsituasjon på området. Kilde; (Google Maps, 2023).

3.2.2 Fremtidig situasjon

Det foreligger i dag en redegjørelse hos Enebakk kommune for et prosjekt i Ytre Enebakk ved Råkendalsveien. Her skal det slås sammen to eiendommer for utbygging av flere boliger med høy kvalitet. Prosjektet består av 12 boligenheter i form av tomanns- og tremannsboliger. Tomtens plassering er i nær forbindelse med sentrumskjernen med tilhørende kollektivtransport mot Oslo, Lillestrøm og Ski. Det er derfor ønskelig å fortette arealet for å imøtekomme kommunens ønske om befolkningsvekst og lokal utvikling. Fremtidig situasjon vil øke bebygd areal med parkering til 1110,6 m², noe som tilsvarer 23% av tomtens areal.

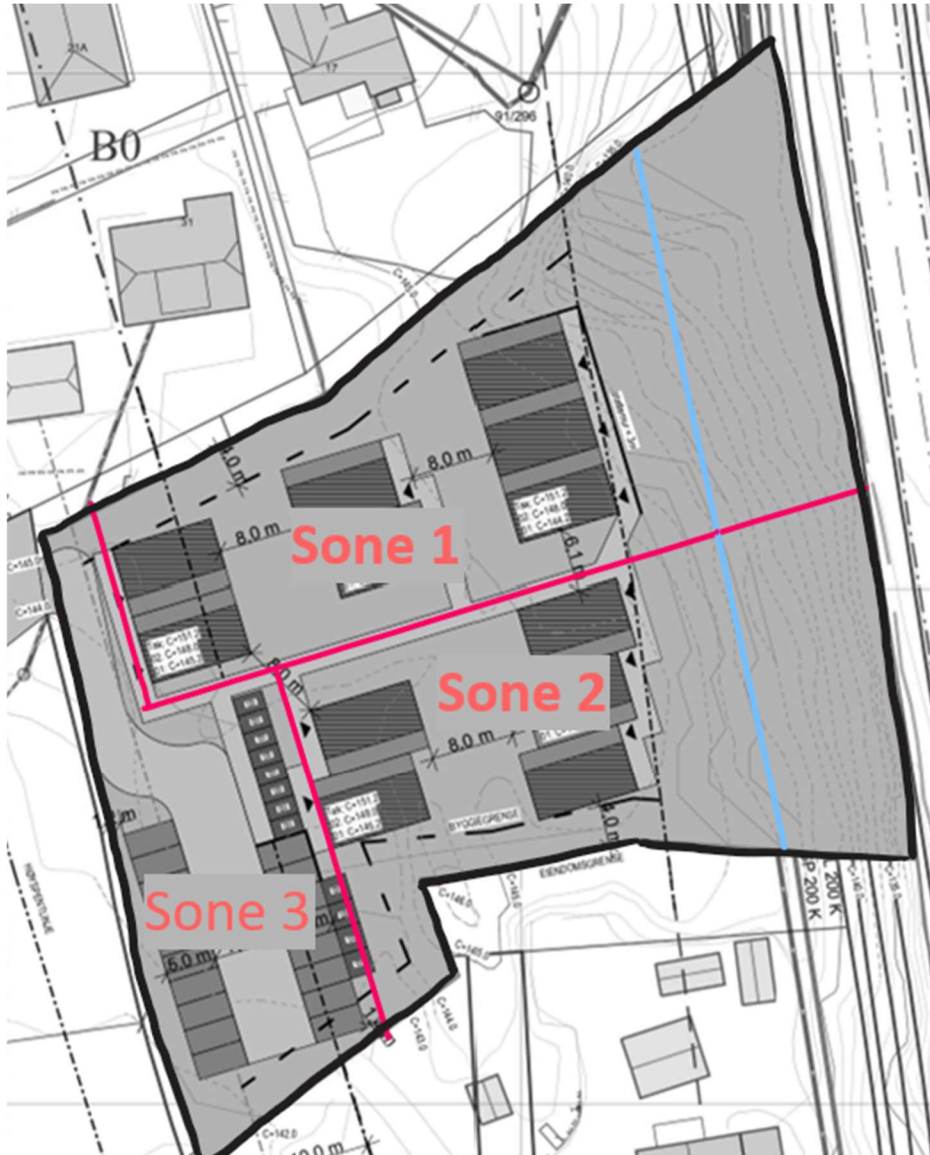


Figur 16: Situasjonskart for utbyggingen av boligområdet. Kilde; (privat foto).

3.3 Soneinndeling og alternative løsninger

3.3.1 Soneinndeling

For å kunne komme med konkrete løsninger for tiltaket har vi valgt å dele tomten inn i ulike soner. Ved å dele inn i ulike soner vil enn enklere kunne tilpasse løsninger lokalt og få en bedre oversikt over behovet ved presentering av beregningsresultater.



Figur 17: Oversikt over soneinndeling for vurdering av overvannsmengde og passende tekniske løsninger. Kilde; (Privat foto)

Tabellen under tar for seg tre alternativer på overvannsløsninger med forskjellig sammensetting av LOD tiltak. Alternativene skal vurderes opp mot hverandre der løsningene blir vurdert på lønnsomhet, kostnad og vedlikehold i de ulike sonene illustrert i figur 17.

Tabell 11 Alternativ på løsninger

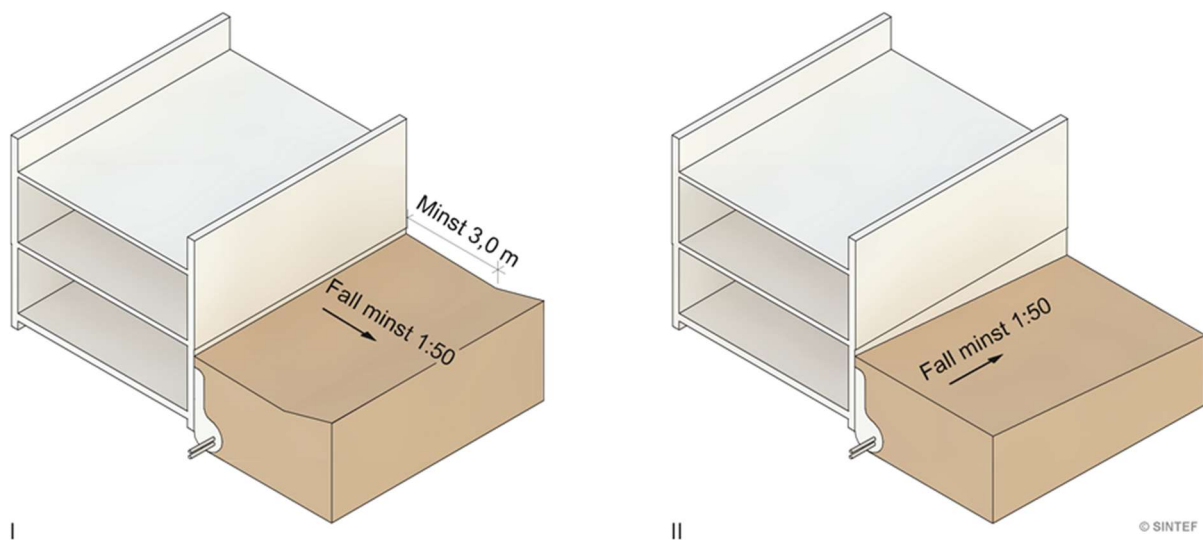
Alternativ	Løsninger
1	Infiltrasjonsgrøft med tilhørende infiltrerende areal bak grønnmur
	Regnbed
	Fordrøyningsbasseng p-plass
2	Infiltrasjonsgrøft med tilhørende infiltrerende areal bak grønnmur
	Takløsning, Blueproof
	Permeable kummer
	Fordrøyningsbasseng p-plass
3	Infiltrasjonsgrøft med tilhørende infiltrerende areal bak grønnmur
	Permeable kummer
	Permeable dekker, bytte ut asfalt
	Fordrøyningsbasseng p-plass

4 Rammeverk

Rammeverket omhandler forutsetninger og lovverk som må tas høyde for ved videre beregning av casen.

4.1 TEK17

Etter forskriftene gitt i TEK17 skal ferdige terreng ha tilstrekkelig fall bort fra byggverk. En preakseptert ytelse er et fall på minimum 1:50 i en avstand på minimum 3 meter fra veggkonstruksjonen, illustreres i figur 18. Ved vanskelig terreng kan fallet følge byggets lengderetning for så å ledes videre bort ved bruk av grøfter eller liknende alternativer (Direktoratet for byggkvalitet, 2017).



Figur 18: Preakseptert ytelse for bortledning av overvann fra bygningskropp. Kilde; (Direktoratet for byggkvalitet, 2017)

4.2 Vannressursloven

Vannressursloven tar for seg loven om vassdrag og grunnvann. Loven baseres på at alle har et felles ansvar for å ta vare på grunnvannet og vassdragene. Samtidig er kommunen pliktig til å ha interne kontroller og tilsyn for at loven blir overholdt (Lovdata, 2023).

4.3 Enebakk kommunes samfunnsdel

I Enebakk kommunes samfunnsdel står det ikke beskrevet noen spesifikke løsninger eller krav til overvannshåndtering. Derimot legger de vekt på FNs bærekraftsmål som tidligere nevnt for å bevare den samfunnsmessige fordelene og ressursen god overvannshåndtering kan ha.

4.4 Enebakk kommunes arealplan

Overvannshåndteringen er beskrevet i kommunens arealplan og hjemlet i plan- og bygningsloven §11-9, nr. 8 (Lovdata, 2023). Denne viser til at overvann i all hovedsak skal håndteres lokalt innenfor eiendom, planområdet eller ved godkjente overvannstiltak. Overvannshåndtering må planlegges slik at det kan benyttes som et element i utearealer, unngå erosjon eller tap av dyrket mark som følger av overvannsskader tilknyttet avrenning fra tilgrensende utbyggingsområder (Enebakk kommune, 2015).

4.5 Enebakk kommunes norm- og veileder for overvann

I tabellen under vil en kortfattet oppsummering av kravene som er satt av Enebakk kommune i deres norm- og veileder for overvann. Disse kravene er med på å forme prosjektet og dens løsninger for å håndtere overvann.

Tabell 12 Lovverk fra norm- og veileder overvann

Lovverk	Beskrivelse
Dimensjonerende perioder i henhold til tre-trinns-strategien.	Dimensjoneres for 2, 50 og 200-årsregn
Overvannsplan	Fremlegges en overvannsplan som synliggjør dagens og fremtidig situasjon for tiltaket. Tilfredsstille plan- og bygningsloven §§ 4-2, 4-3, 27-2 og 28-1.
SAK10 og TEK 17	Prosjekteres i henhold til §13-5 andre ledd og tredje ledd. Utføres i henhold til å tilfredsstille krav i TEK17
Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).	Benytte NGU og NVE som datagrunnlag for planlegging av overvannshåndteringen.
Påslippmengder	Maksimalt påslipp 15 l/s pr. ha av tomteareal.
Dokumentasjon	Løsningene utarbeidet i tiltak må dokumenteres.

4.6 Overvannsplan for tiltaket

Overvannsplan blir utarbeidet for å sikre at overvannssystemet basert på kommunens tre-trinns-strategi blir overholdt. Planen gjennomføres slik at planmyndigheten får oversikt over områdets situasjon og hvilke konsekvenser tiltenkt tiltak medfører for området.

Overvannsplanen skal vise og redegjøre for hvordan bestemmelsene satt i overordnede planer og kommunens VA-norm ivaretas og at eventuelle tilleggskrav satt i planforslaget tilfredstilles. Om flomveier krysser tomten skal det vises tydelig hvor vannet kommer inn og hvordan dette blir ledet videre (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

Nedenfor i figur 19 er det illustrert ved en utomhusplan hvordan valgte overvannsløsninger og avrenningsmønster innenfor tiltakets område beskrives og vises i kart.



Figur 19: Illustrasjon og forslag til hvordan en utomhusplan kan skisseres. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020)

5 Metode

I dette kapitlet viser både framgangsmåte, data og rammeverk som har vært nødvendig for å komme fram til resultatene for å svare på problemstillingen og delspørsmålene..

5.1 Valg av metode

For å besvare oppgaven er det benyttet en kombinasjon av kvalitative og kvantitativ metode. Kvantitativ metode omhandler systematisk innhenting av opplysninger fra undersøkelsesobjekt som kan nyttes til å dokumentere grunnlaget for videre valg. Talldata som samles inn sammenlignes med krav til måleverdier og som grunnlag for beregning av det avgrensede området (Grønmo, 2023).

Det er også brukt kvalitative metode, nærmere bestemt litteraturstudie. Metoden omhandler innhenting av data og materialer fra lærebøker, miljø blad, teori fra NTNU og andre skriftlige kilder. Litteraturstudie innebærer systematisk søking etter informasjon, kritisk gransking og sammenligning i et valgt tema. Fordelen med temaet er stor informasjonstilgangen og ulempe kan være informasjonen en finner, ikke alltid inneholder den kvaliteten en ser etter. Derfor er det vesentlig å være kritisk til kilden og informasjonen en innhenter (Hegeman, 2023).

5.2 Organisering av informasjon

For å definere problemstillingen ytterligere ble det først gjennomført et litteratursøk med fokus på overvannshåndtering og kartlegging innenfor vann- og avløps faget for å se på hvilken retning oppgaven skulle vinkles inn på.

Primærkildene for denne rapporten er miljø blader, rapporter utgitt fra Norsk vann og norm- og veileder for overvannshåndtering. Det har også blitt brukt flere rapporter og nettsider for å bygge opp og utfylle primærkildene våre. Søkemotoren som har blitt brukt er Google og NTNU oria, det har også blitt benyttet NTNU open for å finne tidligere bachelor/master oppgaver. Det er også benyttet bachelor/master oppgaver fra andre universiteter.

Tabell 13 Organisering av informasjon

Søke ord	Søkemotor	Antall treff
Overvannshåndtering	NTNU Oria	46
LOD- tiltak	NTNU Oria	6
Miljø blad LOD	Google	9 870
Norm og veileder overvannshåndtering, Enebakk kommune	Google	5 070
Lovverk overvannshåndtering	Google	10 800
Blågrønne løsninger overvann, open NTNU	Google / NTNU Oria	2 610 / 0
Dimensjonering overvann	Google	19 300

5.3 Programvare

I oppgaven er det brukt ulike programvarer og dataverktøy.

5.3.1 Excel

Det benyttes Excel til beregninger i rapporten. Regnearkene er utarbeidet etter formler på inn og utdata for de enkelte prosesser som gir de ønskede verdier og resultater. Excel kan håndtere større datamengder som gir en betydelig forenkling og oversiktlig resultat.

5.3.2 Autocad

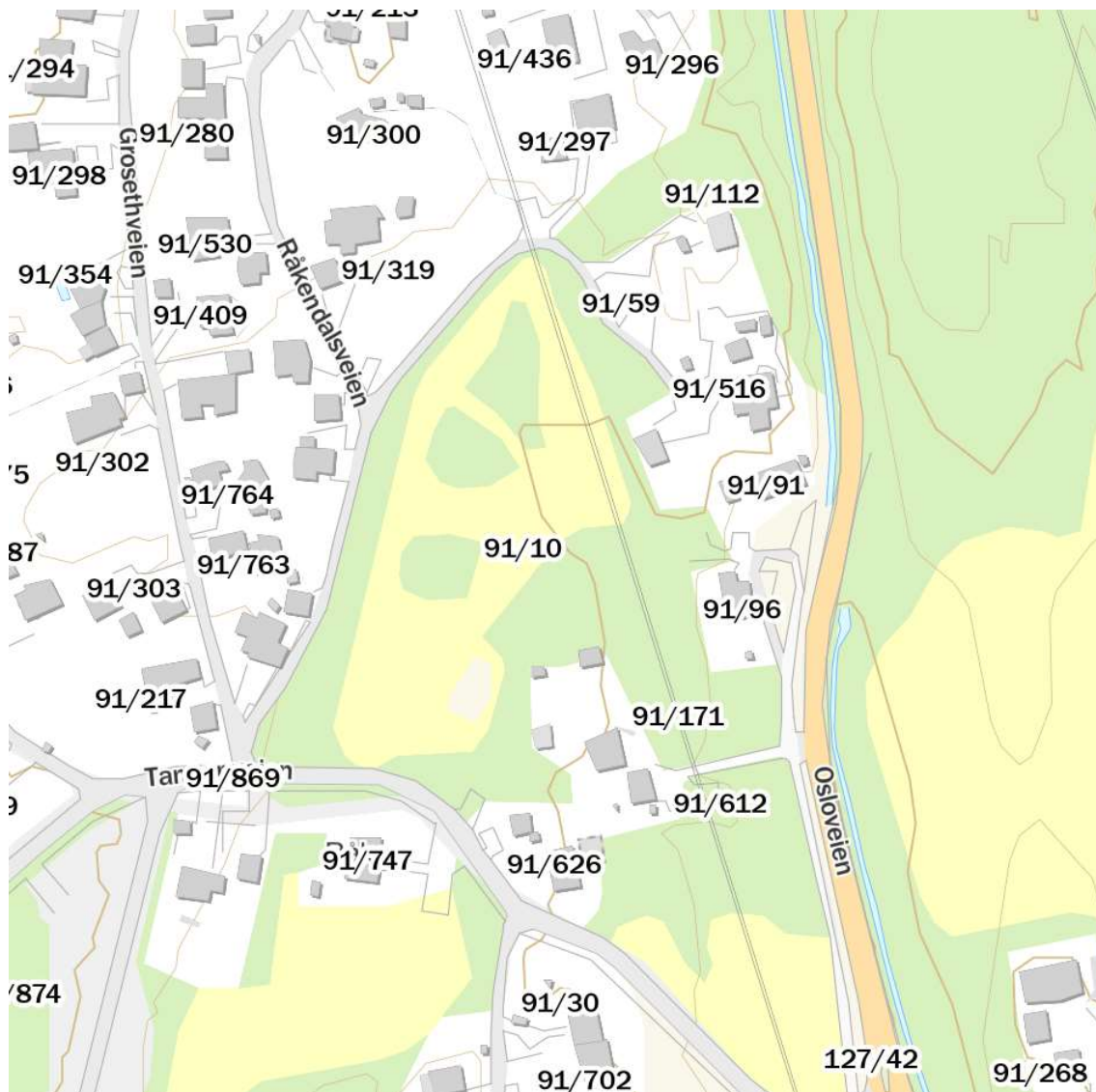
Autocad er et design program som blir benyttet for å framstille modeller og data i 2D og 3D. Programmet er godt egnet for å illustrere hvordan sluttproduktet kan bli og i dette tilfellet hvor bygninger og veier vil ligge.

5.4 Informasjonsinnhenting

Under vil informasjon hentet fra offentlige organer som kan legge føringer for hvordan tiltakets løsninger bør dimensjoneres og utføres legges ved.

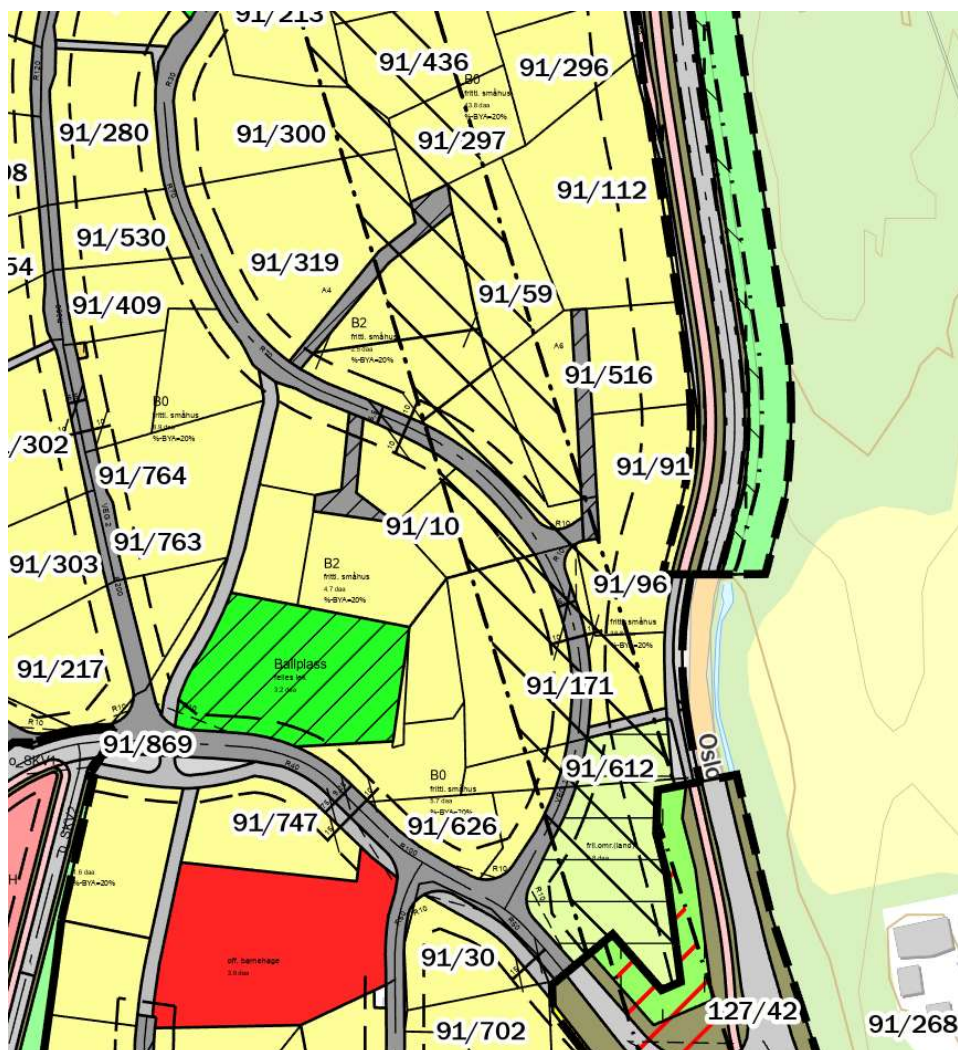
5.4.1 Reguleringsplan

Under er et situasjonskart som viser dagens vei og bygningsmasse. Tomten hvor det foreligger en redegjørelse ligger på gårds- og bruksnummer heretter referert til som gnr./bnr., 91/112 og 91/59. Samtidig med redegjørelsen er det et ønske om å slå sammen disse to gnr./bnr. for å danne ett felles gnr./bnr.



Figur 20: Dagens situasjon med bebyggelse og veitraseer. Kilde: (Enebakk kommune, 2022)

Området har i senere tid blitt omregulert grunnet annen utbygging i nærområdet. Hensikten med denne omreguleringen var å ta hensyn til en sikker tilkomst og annen infrastruktur uten å redusere de eksisterende eiendommenes interesser. Figur 21 viser et uttak av reguleringen, se under. Her kan en se at veien på gjeldende reguleringsplan er lagt om i forhold til dagens tilkomst til tomtene gnr./bnr. 91/51 og 91/112. Den nye veien vil komme fra tomtens sørside, før den ender opp med tilkomst på samme sted som dagens situasjon. Det er også satt opp en byggegrense fra netteier da det går en høyspent over grunn langs tomtens vestre side. Slik kan en anta at det heller ikke vil tilkomme større bygningsmasse i grensen mot tiltakets tomme gnr./bnr. 91/51 og 91/112.



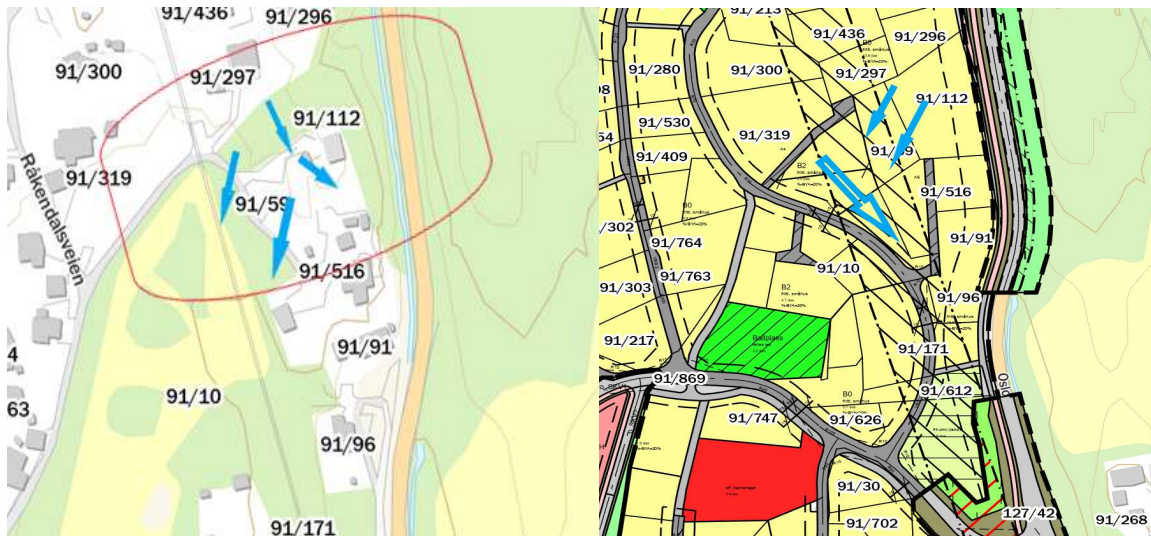
Figur 21: Gjeldende oppdatert reguleringsplan for området. Kilde: (Enebakk kommune, 2022)

5.5 Lokal kunnskap over tiltaksområdet

Prosjektets omfang inkluderer informasjon som ikke er synlig på kart eller tegninger, og en av gruppelemmene har kunnskap om dette. Derfor vil dette kapittelet belyse elementer som direkte kan påvirke variabler eller løsninger tilknyttet prosjektet.

Dagens vei- og bygningsstrukturer fører ikke til noen betydelig økning av overvann mot eiendommen. Det er i stor grad naturlig avrenning mot veien i den sørlige delen av eiendommen med gnr./bnr. 91/297 og vestre del av eiendommen som går mot det naturlige

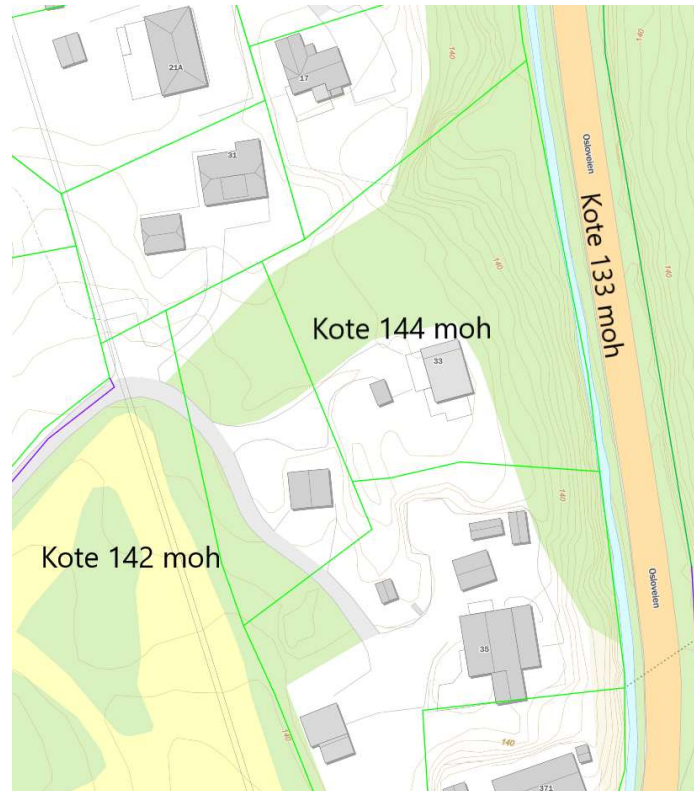
småskogområdet gnr./bnr. 91/10. Hvis det legges om tilkomstvei fra riksvei 155 i fremtiden, vil veien bli bygget i henhold til dagens standard. Vi antar derfor at denne veien vil erstatte avrenningen nevnt ovenfor med avledning av overvann langs veien i en åpen eller lukket grøft.



Figur 22 Avrenningsretning for tiltaket i dagens situasjon.
Kilde: (Enebakk kommune, 2022)

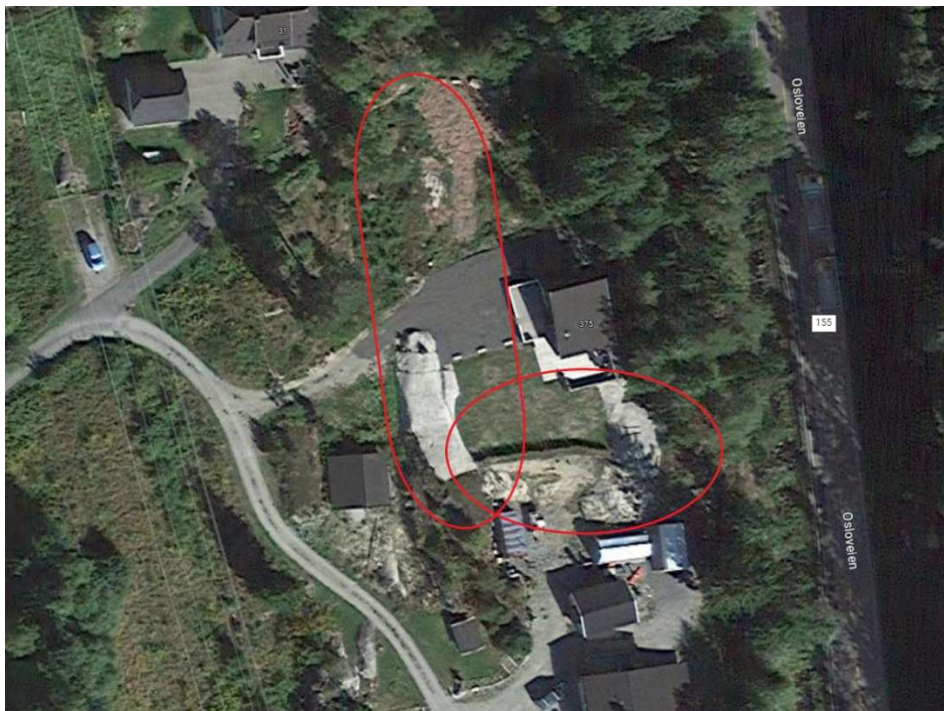
Figur 23 Avrenning på tomten ved fremtidig situasjon.
Kilde: (Enebakk kommune, 2022)

På østsiden av eiendommen ligger fylkesvei 155 på en høyde på 133 meter over havet, heretter referert til som moh. Figuren 17 viser skillet mellom det dyrkede og urørte terrenget som vil bli markert av en grønmur på kotehøyde 144 moh. Det ferdig prosjekterte høydenivået for uteområdet er estimert til å være på kote 145 moh. Dette utgjør en høydeforskjell på 12 meter fra tomt til fv 155. Derfor vil alt utenfor denne streken, ned mot fylkesvei 155 bli utelatt, da det praktisk sett vanskeliggjør å anlegge noen form for overvannshåndtering i dette området. Samtidig er denne fallhøyden tap av høyde i fjellplataer, derfor anser den som svært sikker.



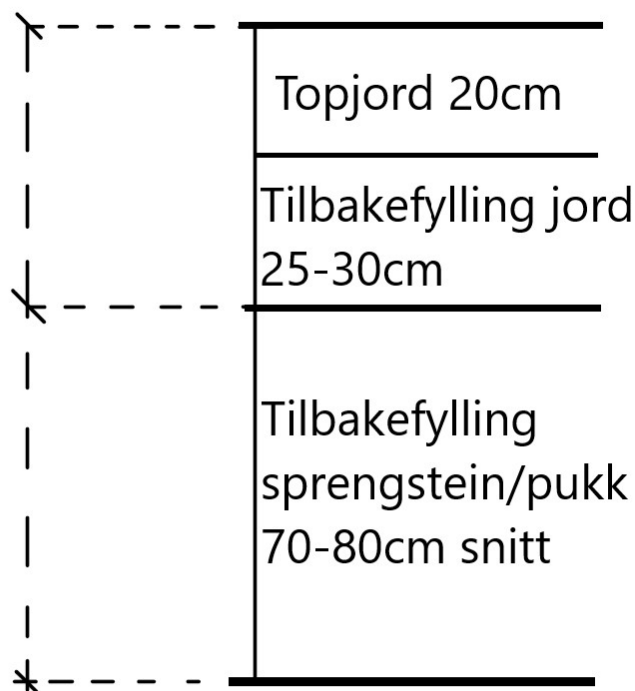
Figur 24 Kvotehøyde på tomten. Kilde: (Enebakk kommune, 2022)

Eiendommen har i dag en fjellrygg som ligger omtrent midt på eiendommen og strekker seg mot nabogrensene i nord og sør, se figur 25.



Figur 25 Flybilde over tomten og avmerking av fjell i dagen. Kilde: (Google maps, 2023)

Ved oppstart av tiltaket vil løsmassene på eiendommen bli fjernet for å gjøre plass til sprengningsarbeider. Ved tilbakefylling og fundamentering av eiendommen antar vi at store deler av fjellmassene vil bli brukt som fundamenteringslag. Stabile jordmasser vil bli brukt som et plastringslag før vekstjorden til gress blir lagt på toppen. Sammenlignet med kartverket funnet hos NVE, vil dette gi gode infiltrasjonsmuligheter i grunnen og gi mulighet for raskere transport av grunnvann etter infiltrasjon. Dette vil enn derfor ta høyde for i videre beregninger med referanseverdier fra andre liknende prosjekter.



Figur 26: Skisse av lagdeling for masseoppbygging av tomtearealet. Kilde: (privat foto)

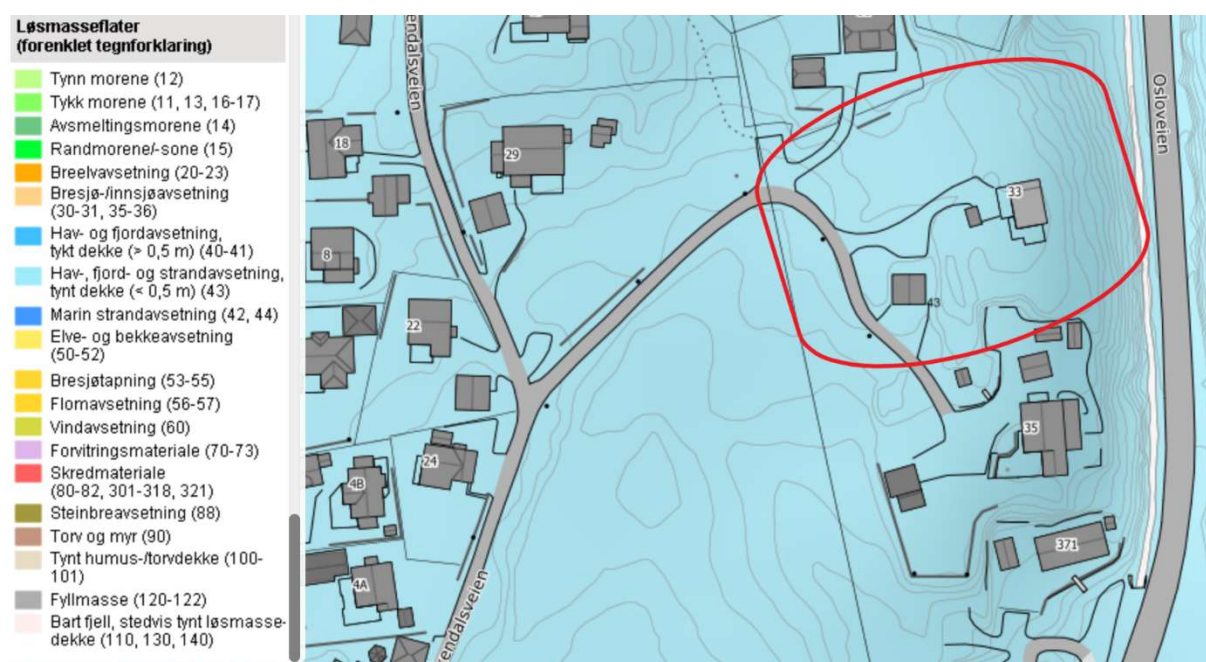
5.6 NGU – kart og informasjon om geologi

Norges geologiske undersøkelse, NGU er en statlig etat som har ansvar for geologiske kartlegging og forskning både på land og på havbunden i Norge. NGU er med å viderefremde hvilke ressurser og farer som finnes i grunnen (NGU, 2023).

5.6.1 Løsmassedata

Norges geologiske undersøkelse, heretter omtalt som NGU har utarbeidet karakteristikk for løsmasser i de ulike områdene nasjonalt. I dette området er løsmassene kategorisert som Hav-, fjord- og strandavsetninger (Norges geologiske undersøkelse, 2022). I VA-miljøblad nr.92 - *infiltrasjon av overvann*, beskrives disse massene slik «De noe lysere blå områdene er dannet ved bunnfelling i sjøen. Jorden her består i hovedsak av leire- og siltmasser. Disse massene kan være mindre egnet for infiltrasjon.»

Det er ikke utført infiltrasjonstester av området. Dette betyr at det her kan være variabler som endres om en hadde utført tester for infiltrasjon, samt kornfordelingsanalyser. Ved valg av variabler er det benyttet antatt liknende referanseverdier fra andre prosjekter med noe samme karakteristikk som tiltakets område.



Figur 27: Løsmassekart for tiltakets område. Kilde; (Norges geologiske undersøkelse, 2022).

5.6.2 Infiltrasjonspotensial

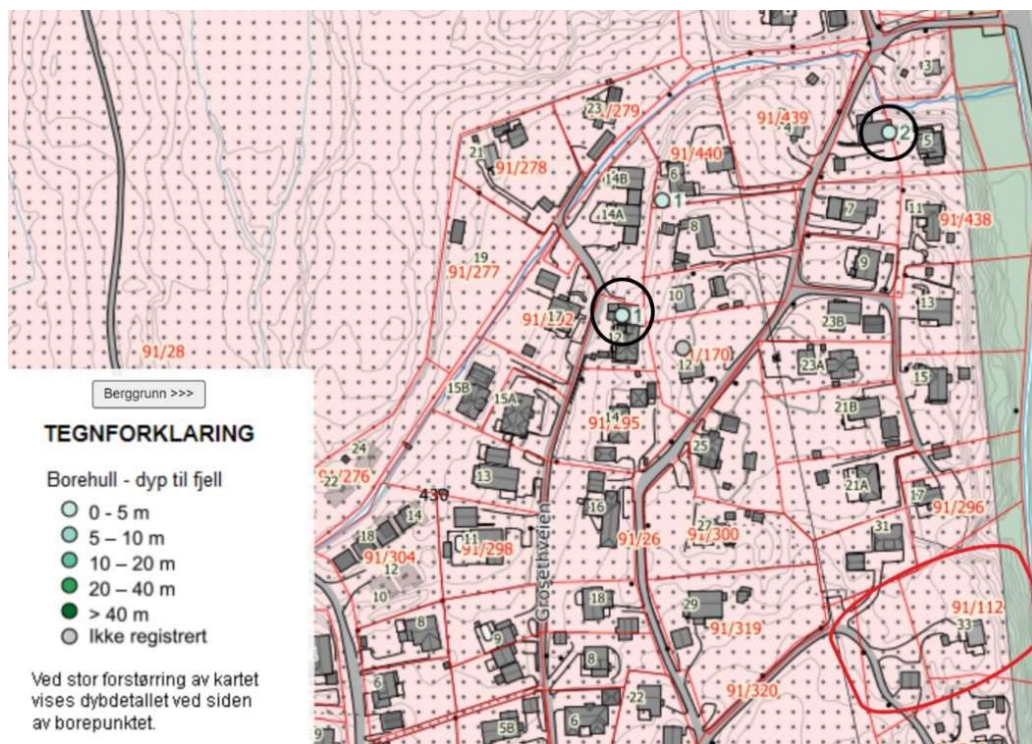
I NGUs løsmassekart kan en finne karakteristikker for infiltrasjonspotensialet basert på massens sammensetning. Samtidig er det vanskelig å bestemme en konkret verdi for infiltrasjon om det ikke utføres infiltrasjonstest eller tas en kornfordelingsanalyse. I figur 28 kan en se at området faller innenfor kategorien «Antatt lite godt».



Figur 28: Infiltrasjonspotensial for tiltakets område, med tilhørende tegnforklaring. Kilde; (Norges geologiske undersøkelse, 2022)

5.6.3 Berg

Oversikt viser i figur 29, markert i svart og nummerert 1 og 2 har det vært boret og dybden til fjell har vært kartlagt. Her viser fargen opp mot tegnforklaring at dybden til fast fjell befinner seg fra 0-5 meters dybde. Dette bekrefter også observeringene gjort på tiltaket med fjell i dagen.



Figur 29: Kart over bordybde. Kjente dybder (1,2) markert i svart. Tiltakets område markert i rødt (gnr./bnr. 91/112). Kilde; (Norges geologiske undersøkelse, 2022)

5.7 NVE-data

I dette kapittelet vil data innhentet fra Norges vassdrags- og energidirektorat, heretter referert til som NVE bli lagt frem. Disse dataene undersøkes stegvis for å kartlegge og avklare eventuelle farer før regulering eller tiltak utføres. For å få et overblikk over hvilke faktorer en bør ta hensyn til innenfor tiltakets område før dimensjonering og planlegging av tiltak. Dette er for å ivareta sikkerhet og allmenn interesse.

5.7.1 Flom – faresonekart

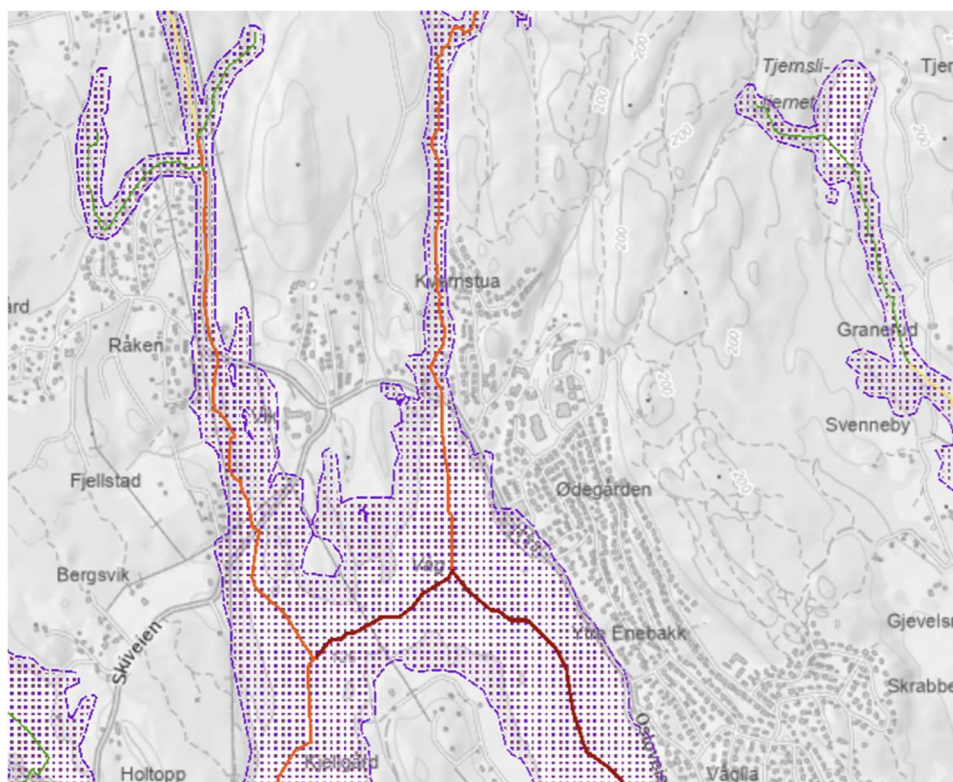
Faresonekart for flom gir en oversikt over områder hvor risikoen for flomdannelse er høy eller kjent. Disse kartene inneholder soner hvor det tidligere har vært flom ved eksempelvis 20, 100 og 200-årsflom med klimapåslag (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022). I figur 30 er faresonekartet for området hentet ut fra NVE. Det viser at det ikke er noen faresoner for flom i tiltakets område markert i rødt eller tilgrensende områder.



Figur 30: Faresonekart for området merket i rødt. Kilde: (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022).

5.7.2 Flom - aktsomhetskart

I kapittel 4.7.1 konstaterte kartgrunnet fra NVE at det ikke var en større risiko for flom i tiltakets område. Som en del av kartleggingen for flom gitt av NVE, ble det anbefalt å studere aktsomhetskartet for og videre vurdere risikoen tilknyttet tiltaksområdet. Det presiseres fra NVE at dette kartet ikke er helt nøyaktig, men kan gi en indikasjon over situasjonen.



Figur 31 Aktsomhetskart over større område i nord-vestre del av Ytre Enebakk. Kilde; (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022)

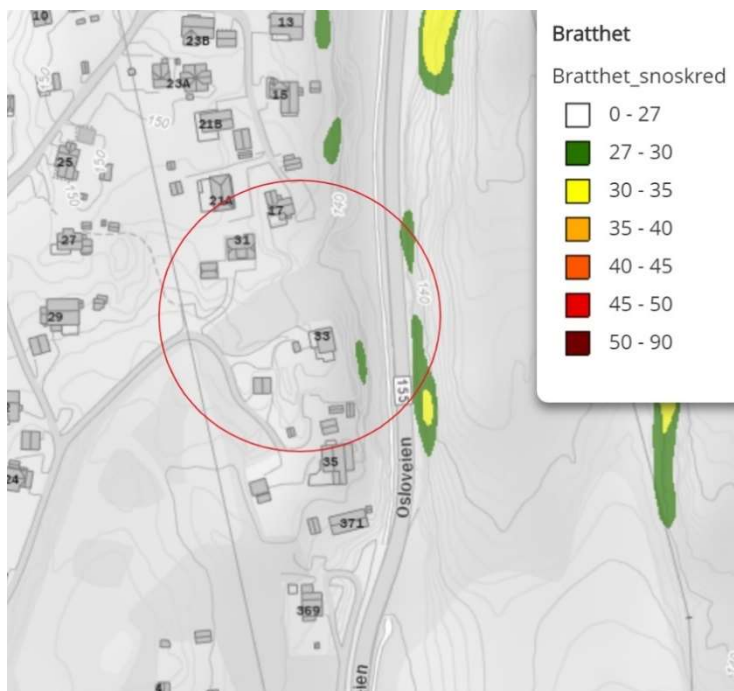
Figur 31 viser områder som kan bli flomutsatte i nord-vestlig del av Ytre Enebakk. Blå prikker illustrerer hvor aktsomhetsområdet for flom befinner seg. Lyserøde linjer indikerer maksimal vannstigning opp mot 3-4 meter og mørkerød gir en vannstigning på 4-5 meter (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022).



Figur 32 Aktsomhetskartet over tiltaksområdet markert i turkis,
Kilde: (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022)

5.7.3 Skredfare

NVE sitt kart over aktsomhet for skred i bratt terreng indikerer i figur 33 at det er ett parti med helningsgrad 27-30 grader. Dette området er markert med grønt og befinner seg i østlig grense av tomten. Dette defineres av NVE som «Mulig løsneområde for jordskred» (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022). Samtidig som det ble nevnt under kapittel 5.5 lokal kunnskap anses dette som mindre relevant da høydeforskjellen er i fjellplatåer med lite eller ingen vegetasjon.



Figur 33 Aktsomhetskart for skred over tiltakets område, Kilde: (Kartlag, 2023)

5.8 Dimensjonering

5.8.1 Rasjonelle formel

Den rasjonelle formelen blir ofte benyttet til beregning av dimensjonerende avrenning på overflaten for små urbane nedbørsfelt hvor arealet er mindre enn 50 hektar. For større nedbørsfelt bør EBD-baserte simuleringsmodeller for avrenning benyttes (Norsk Vann, 2021, s. 346). Den rasjonelle formelen egner seg best til overslagsberegninger og det er flere faktorer som spiller inn på nøyaktigheten ved beregningene. Enebakk kommunes norm for overvann godkjenner bruken av den rasjonelle formelen for mindre avrenningsfelt, med mindre andre vesentlige faktorer spiller inn (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020). Den rasjonelle formelen er som følger:

Formel 1: Dimensjonerende overvannsavrenning for nedbørsfelt $A < 50$. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020).

$$Q = \varphi * i * A * klimafaktor$$

Her er:

Q = Avrenning fra feltet i l/s

ϕ = Avrenningskoeffisient for gitt overflate

i = Nedbørintensitet i l/s*ha

A = Nedbørfeltets areal i hektar (ha) – 1 ha =
10 000 m²

Figur 34: Definisjon av overvannsavrenning. Kilde: (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020)

5.8.2 Avrenningskoeffisient

Avrenningskoeffisienten benyttes for å forklare forholdet mellom hovedområdets avrenning og nedbøren over dette området. Områdets topografi, permeabilitet, beskaffenhet nedbørsvarighet og nedbørintensitet er også viktige faktorer som avgjør avrenningskoeffisienten for området (Norsk Vann, 2021, s. 246). Derfor er det viktig at de lokale forholdene vurderes og utredes for å oppnå høyest nøyaktighet ved dimensjonering av overvannsmengder. Dette er videre illustrert i tabell 14, denne angir koeffisienter for ulike flater gitt Enebakk kommunes norm- og veileder som er benyttet til beregninger.

Tabell 14: Avrenningsfaktorer for ulike flater i Enebakk kommune, Kilde: (Enebakk kommune, Teknikks avdeling, 2020).

Type flate:	Avrenningsfaktor:
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

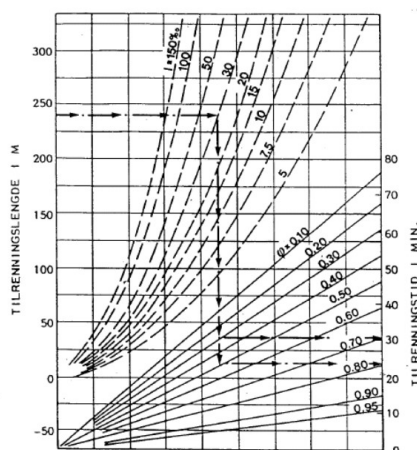
For å definere avrenningskoeffisienten ved sammensatte overflater som ikke er homogene, bør en midlere avrenningskoeffisient bestemmes. Denne er gitt ved:

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

5.8.3 Nedbørintensitet, I

Nedbørintensitet benyttes ved å se på regnets varighet og returperiode for området. Varigheten på nedbøren settes vanligvis lik områdets konsentrasjonstid, «den største vannføring oppstår normalt for det regnskyll som har varighet lik hele feltets konsentrasjonstid». Enebakk kommune anbefaler og ikke benytte seg av lavere konsentrasjonstid enn tre minutter, derfor anbefaler de typisk å sette konsentrasjonstid lik 10 minutter i tett bebyggelse (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020, s. 22).

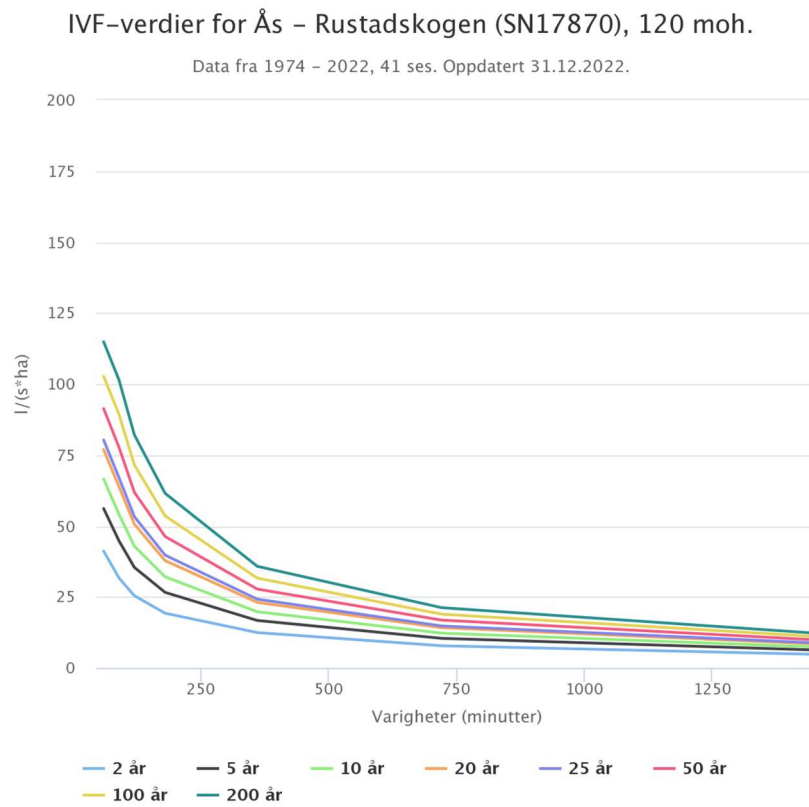
For tiltaket vil da konsentrasjonstiden være satt lik 10 minutter, som etter å ha studert nanogram stemmer overens om en tar inn områdets fall, avrenningskoeffisient og tilrenningslengde i betraktning. Samtidig da det er benyttet regnenvelopmetoden som står beskrevet i annet kapittel. Ved beregning av tiltak etter regnenvelopmetoden bør enn legge merke til om maksimalt fordrøyningsvolum faller under estimert tilrenningstiden. Om maksimalt fordrøyningsvolum er under estimert tilrenningstiden bør det gjøres nærmere undersøkelser. (Norsk vann, 2015).



Gitt: Tilrenningslengde 240 m, fall $i = 30 \%$ ϕ er 0.30 og 0.50.
Tilrenningstiden blir hhv. 30 og 25 min

Figur 35: Nomogram for estimert konsentrasjonstid. Kilde (Otnes, Trengereid, & Storset, 1997)

For Enebakk kommune skal nedbørstasjon for Ås – Rustadskogen med data fra 1974-2022 benyttes som nedbørsdata.



Figur 36: Graf for nedbørsmengde ($l/s*ha$) og varighet (minutter). Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023)

IVF-verdier for Ås - Rustadskogen (SN17870), 120 moh.

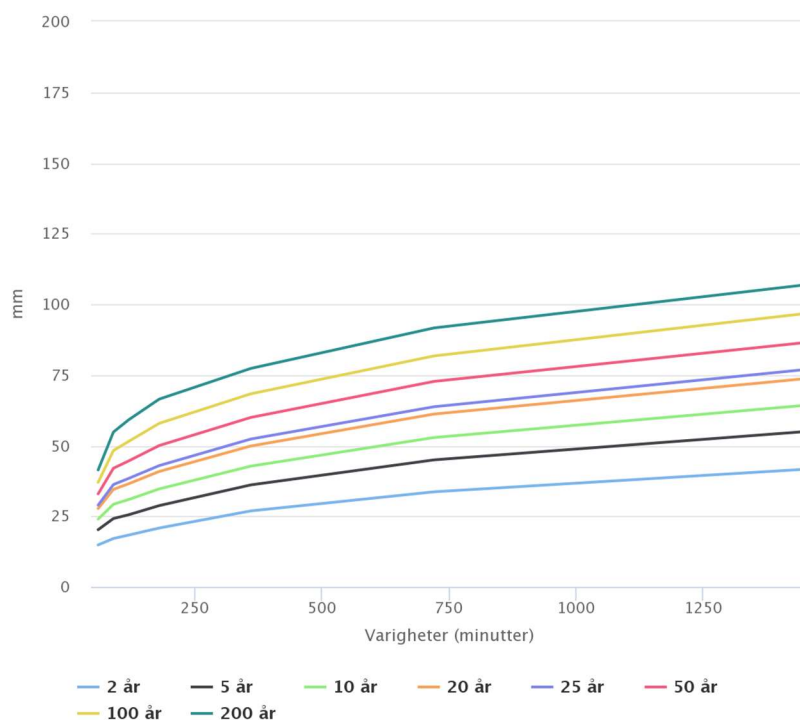
Data fra 1974 - 2022, 41 ses. Oppdatert 31.12.2022.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)						
	60	90	120	180	360	720	1440
2	41,1	31,6	25,4	19,2	12,4	7,8	4,8
5	56,1	44,7	35,4	26,6	16,7	10,4	6,3
10	66,5	54,1	42,9	32,1	19,8	12,2	7,4
20	76,9	63,8	50,6	37,8	23,1	14,1	8,5
25	80,3	67,0	53,2	39,7	24,2	14,7	8,9
50	91,3	77,7	61,8	46,3	27,7	16,8	10,0
100	102,7	89,2	71,4	53,5	31,6	18,9	11,2
200	114,8	101,4	82,1	61,5	35,8	21,2	12,3

Figur 37: Tabell for nedbørsmengde (l/s*ha) og varighet (minutter), Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023)

IVF-verdier for Ås - Rustadskogen (SN17870), 120 moh.

Data fra 1974 - 2022, 41 ses. Oppdatert 31.12.2022.



Figur 38: Graf for nedbørsmengde (mm) og varighet (minutter). Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023)

IVF-verdier for Ås - Rustadskogen (SN17870), 120 moh.

Data fra 1974 - 2022, 41 ses. Oppdatert 31.12.2022.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)						
	60	90	120	180	360	720	1440
2	14,8	17,1	18,3	20,8	26,8	33,6	41,5
5	20,2	24,1	25,5	28,7	36,0	44,9	54,8
10	23,9	29,2	30,9	34,6	42,7	52,8	64,1
20	27,7	34,5	36,4	40,8	49,8	61,1	73,5
25	28,9	36,2	38,3	42,9	52,3	63,7	76,7
50	32,9	41,9	44,5	50,0	59,9	72,7	86,2
100	37,0	48,2	51,4	57,8	68,3	81,7	96,5
200	41,3	54,7	59,1	66,4	77,3	91,6	106,6

Figur 39: Tabell for nedbørmengde (mm) og varighet (minutter). Kilde: (Norsk klimaservicesenter, 2023)

5.8.4 Klimafaktor

Klimafaktoren er ett ledd i den rasjonelle formelen for å ta hensyn til klimaendringer som kan påvirke mengden regnfall og dens intensitet i fremtiden. Klimafaktoren multipliseres med nedbørintensiteten beregnet for det aktuelle området. Norsk klimaservice beskriver i sin rapport «*Klimapåslag for korttidsnedbør*» at temperaturen har økt med 1C° og nedbørmengden har økt med 18% i Norge de siste 100 årene (Norsk klimaservicesenter, 2019). I Norsk vann sin rapport 162 «*Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*» blir det nevnt studier hvor enkelte klimaforskere beskriver en økning i regnintensitet på 20-60% i perioden frem til år 2071-2100. Det årlige nedbørsvolumet vil samtidig øke med 20-30% i enkelte deler av landet (Norsk vann, 2018).

Kombinert med stadig fortetning av tette flater i sentrale strøk, vil det derfor være viktig å bestemme størrelsen på klimafaktoren. Denne må ta høyde for fremtidig endring på dimensjonerende nedbør, samt redusert mulighet for vann som infiltreres naturlig. For tiltaket er det beregnet med et klimapåslag på 50%, dette for å ta høyde for alle usikkerhetene knyttet til klimaet fremover. Norsk klimaservice har utarbeidet anbefalinger for klimapåslag basert på nasjonale data og simuleringer, disse er som følger:

Tabell 15: Anbefalt klimapåslag gitt for perioden frem til 2071-2100 gitt av Norsk klimaservice. M5 = 5-års returvedi, M50 = 50-års returverdi. Kilde: (Dyrrdal & Førland, 2019)

Varighet	< M50		≥M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2-3 timer	40	30	40	30
4-6 timer	30	30	40	30
7-24 timer	30	20	30	30

5.9 Regnenvelopmetoden

I denne oppgaven er enkelte tiltak som kan magasinere overvann blitt dimensjonert etter regnenvelopmetoden. Regnenvelopmetoden baserer seg på å beregne massebalanse i hvert enkelt magasin ved å se på differansen i tilført og transportert volum fra magasinet. Derfor kalkuleres dette ved å benytte hver enkelt dimensjonerende regnvarighet gitt i IVF-kurven (Lindholm, 2015). Regnenvelopmetoden benyttes ved å bruke følgende formler:

Formel 2: Formel for regnenvelopmetoden. Kilde: (Norsk vann, 2015)

$$V_{inn} = I_{z,tr} * t_r * A * \varphi$$

Her er:

V_{inn} = Tilført volum (m³)

$I_{z,tr}$ = Regnintensiteten for kasseregnet ved et gitt gjentaksintervall z og varighet t_r .

A = Nedbørfeltets areal

φ = Avrenningskoeffisienten for arealet

Figur 40: Variabler knyttet til formel for regnenvelopmetoden.

Etter beregning av påført overvannsvolum for tiltaket bestemmer en ønsket utløpsmengde. I dette tiltaket legges det føringer fra Enebakk kommune om maksimalt påslipp på 15 l/s*ha. Beregning av utløpsvolum gjøres med følgende formel:

Formel 3: Formel for mengder ut regnvelopmetoden. Kilde: (Norsk vann, 2015)

$$V_{ut} = Q_{ut} * t_r$$

Her er:

V_{ut} = Volum tilført utløpet (m³)

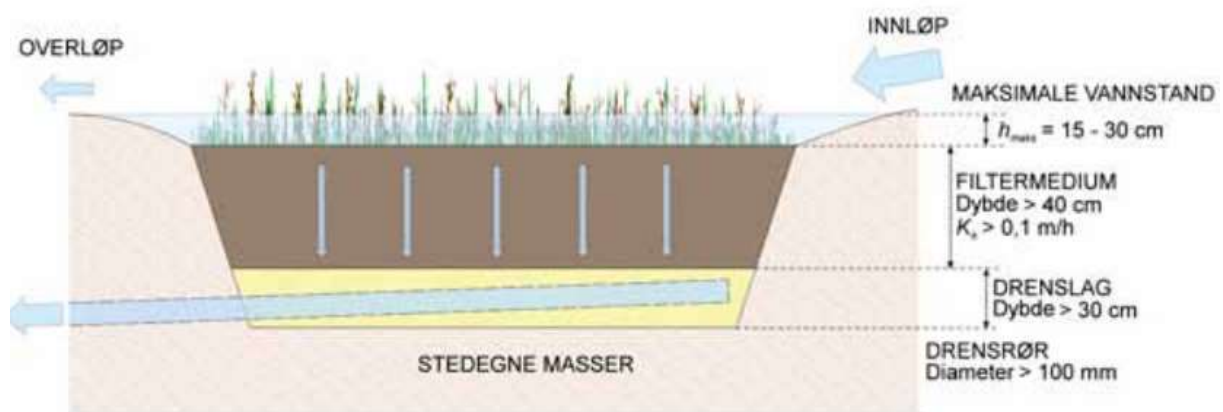
Q_{ut} = Satt eller tillatt utløpsmengde (m³/s)

t_r = Dimensjonerende regnvarigheten (min)

Figur 41: Variabler knyttet til formel for regnvelopmetoden.

5.10 Regnbed

Regnbed er et LOD-tiltak for trinn 2 som benyttes for å fordrøye, infiltrere og holde tilbake overvann. Konstruksjonen blir utformet som en forsenkning i terrenget med ulike lag av filtermedium. Når overvannsmengder så blir ledet til regnbedet via et innløp vil det starte en infiltrasjonsprosess samtidig som det gradvis fylles opp. Ved vannmengder over regnbedets kapasitet blir overvannet kontrollert ledet videre via ett overløp. En illustrasjon for regnbedets oppbygning er gitt ved figur 43 (Paus & Braskerud, Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold, 2013).



Figur 42: Illustrasjonstegning over oppbygning og sammensetning av et regnbed. Kilde: (Paus & Braskerud, Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold, 2013)

5.10.1 Valg av faktorer

For å kunne dimensjonere størrelse og kapasitet på regnbedet er sammensetningen av de ulike lagene viktig. I rapporten har et tatt utgangspunkt i data fra norske pilotprosjekter, dens detaljer og egenskaper er vist i figur 44. Det er også ut fra denne rapporten valget av variabler for tiltakets regnbed er valg (Paus & Braskerud, Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold, 2013).

Lokaliteter	L34b	NB21	H8	RIS
Etablert	2006	2009	2009	2010
Overflateareal ved fylt regnbed [m ²]	5,9	10,3	5,1	40,0
Maksimale vannstand, <i>h_{maks}</i> [cm]	6,5	20	19	16
Dybde på filtermedium [cm]	Stedegen masse	80	100	75
<i>K_h</i> [m/t] ^a	0,36	0,37	0,08	0,05
Filtersammensetning	Stedegen masse; morene	Ca 50 % sand, 45 % Oslo kompost [®] , 5 % stedegen toppjord	20 cm topplag av sandjord / mellomag med tilbakefylt stedegen masse	Ca 70 % sand, 25 % løvkompost fra Forseth Grus AS, 5 % stedegen toppjord
Leir	8 %	6 %	1 % / 16 %	3 %
Silt	23 %	17 %	12 % / 62 %	21 %
Sand	69 %	77 %	87 % / 22 %	75 %
Organisk materiale	8 %	8 %	Ikke målt	4 %
Drensrør	Udrenert	100 mm, strupet utløp	100 mm	2 x 100 mm
Overflate på nedbørsfelt	Asfalt, grus og gress	Tak	Tak	Asfalt og gress
Areal nedbørsfelt [m ²]	291	139	107	8 300

Figur 43: Detaljer og egenskaper for ulike regnbed utført som pilotprosjekter. Kilde: (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016)

Ved å benytte regnbed som en LOD-løsning må det bestemmes noen variabler som benyttes ved utregning av nødvendig overflateareal, infiltrasjon og kapasitet. h_{maks} som er høyden på vannspeilet før filtermediet settes til 0,25 meter da det er påvist gode egenskaper ved vinterstid. For filtermediet ledningsevne K_h er det ut fra figur 44 antatt en verdi på 0,3 som ønsket resultat for regnbedet (Paus & Braskerud, Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold, 2013). Da det er uklart hvilken konkret oppbygning og sammensetning massene på tiltaket vil bestå av og mulig infiltrasjonskapasitet, er det her noe usikkerhet til valg av variabler. Det er derfor valgt verdier fra pilotprosjekter hvor variablene er kjent. Dimensjonerende varighet for tilrenning til regnbedet er i denne oppgaven satt til hver enkelt varighet for å finne den største verdien for overflateareal. Denne er gitt ved:

Formel 4: Nødvendig overflateareal regnbed. Kilde: (Braskerud & Paus, Regnbed for lokal flomdemping, 2016).

$$A_{regnbed} = \frac{A_{felt} * c * P}{h_{maks} + K_h * t_r}$$

Her er:

$A_{\text{regnbed}} = \text{Regnbedets overflateareal (m}^2\text{)}$

$A_{\text{felt}} = \text{Nedbørfeltets area. (m}^2\text{)}$

$c = \text{Nedbørfeltets avrenningskoeffisient (-)}$

$P = \text{Dimensjonerende nedbørsmengde (m)}$

$h_{\text{maks}} = \text{Maksimal vannstand på overflaten før overløp (m)}$

$K_h = \text{Filtermediets hydrologiske konduktivitet ved full metning (m/t)}$

$t_r = \text{Dimensjonerende regnvarigheten (min)}$

Figur 44: Definisjon på de ulike variablene i formelen for nødvendig areal regnbed.

Det vannvolumet et regnbed kan håndtere er tilsvarende summen av de vannmengdene lagret i overflaten og de overvannsmengdene som har rukket å infiltreres i løpet av varigheten til nedbøren (Asplan viak, 2019). Ved å benytte en nedbørsmengde for en gitt varighet kan en benytte denne koblingen for å beregne nødvendig overflateareal på regnbedet. For å beregne kapasiteten til regnbedet kan følgende formel benyttes:

Formel 5: Formel for beregning av regnbedets kapasitet gitt i m³. Kilde: (Paus, Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering, 2019).

$$Q_{\text{regnbed}} = A_{\text{regnbed}} * (h_{\text{maks}} + k_h * t_r)$$

Her er:

$Q_{\text{regnbed}} = \text{Kapasitet regnbed (m}^3\text{)}$

$A_{\text{regnbed}} = \text{Regnbedets overflateareal (m}^2\text{)}$

$h_{\text{maks}} = \text{Maksimal vannstand på overflaten før overløp (m)}$

$K_h = \text{Filtermediets hydrologiske konduktivitet ved full metning (m/t)}$

$t_r = \text{Dimensjonerende regnvarigheten (min)}$

Figur 45: Definisjon på de ulike variablene i formel for regnbedets kapasitet.

For å få en nøyaktig kalkulasjon på hvilke mengder overvann regnbedet infiltrerer i mediet til gitt regnvarighet kan en benytte følgende formel:

Formel 6: Beregning av infiltrasjonsmengden til regnbedet. Kilde: (Paus, *Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering*, 2019).

$$\text{Infiltrasjon}_{\text{regnbed}} = A_{\text{regnbed}} * K_h * t_r$$

Her er:

$\text{Infiltrasjon}_{\text{regnbed}} = \text{Infiltrasjonskapasitet regnbed (m}^3\text{)}$

$A_{\text{regnbed}} = \text{Regnbedets overflateareal (m}^2\text{)}$

$K_h = \text{Filtermediets hydrologiske konduktivitet ved full metning (m/t)}$

$t_r = \text{Dimensjonerende regnvarigheten (min)}$

Figur 46: Definisjon på de ulike variablene i formel for regnbedets infiltrasjonskapasitet.

Sammen med overflatearealet, kapasitet og infiltrasjon kan enn medregne volumet som lagres over filtermediet. Dette beregnes ved følgende formel:

Formel 7: Formel for kalkulasjon av lagret mengde vann over filtermediet. Kilde: (Paus, Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering, 2019).

$$Vannvolum_{overflate} = A_{regnbet} * h_{maks}$$

Her er:

$Vannvolum_{overflate}$ = Lagret volum over filtermediet (m^3)

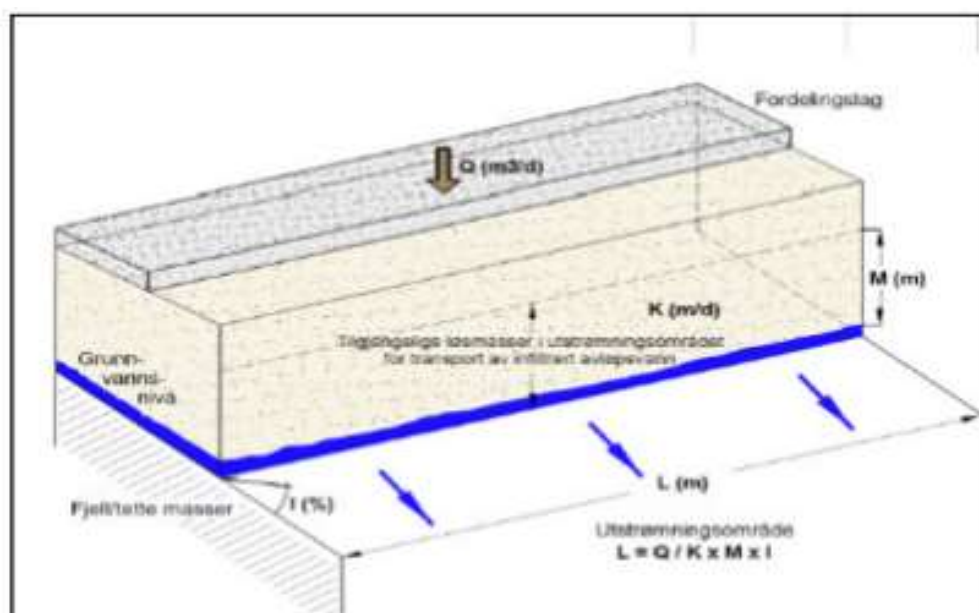
$A_{regnbet}$ = Regnbedets overflateareal (m^2)

t_r = Dimensjonerende regnvarigheten (min)

Figur 47: Beskrivelse av de ulike leddene i formelen for beregning av vannvolum i overflater for regnbet.

5.11 Infiltrasjonsgrøft

Metodikken benyttet for å beregne infiltrasjon i grøften er hentet fra Enebakk kommune sin norm- og veileder for overvann (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020). For tiltaket er det bestemt en mulighet for å kunne lage en infiltrasjonsgrøft i delet mellom sone 1 og sone 2. Som et innovativt forslag har en lyst å benytte bakfyllingen på en torv grønmur som en type infiltrasjonsmulighet. Plasseringen på denne muren er illustrert ved figur 17 og markert i blått.



Figur 48: Fremstilling av utstrømningsareal og kapasitet for infiltrasjonsgrøft. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020)

Etter samtale med produsent Hallingtorv, ble det informert om at tilbakefyllingsmassene for torvmuren ikke behøvde rene pukkfraksjoner, men at enn kunne benyttet porøse helst fyllingsmasser i bakhånd, grunnet bruk av nettarmoring og isolerende egenskaper som holder tilbakefyllingsmassene frostfrie (Hallingtorv, 2022). Dette gir en mulighet for å bruke sonen som en infiltrasjonsmulighet. Det er ikke oppgitt noen hydraulisk kapasitet for disse fyllingsmassene ei heller ikke blitt gjort noen fysiske undersøkelser. Det er derfor antatt masser som opptrer godt infiltrerende med $K = 1,5$, tilgjengelig infiltrerbar masse $M = 1\text{m}$, antatt lengde $L = 107,5\text{m}$ og antatt fall i grøft I settes til 3%.



Figur 49: Oversikt over antatt lengde for avskjærende infiltrasjonsgrøft. Kilde (Enebakk kommune, 2022)

Formel 8: Formel for beregning av infiltrasjonskapasitet i grøft. Kilde: (Enebakk kommune, Tekniks avdeling, 2020)

$$Q_{\text{infiltrert}} = K * M * L * I$$

Her er:

$Q_{\text{infiltrert}} = \text{Vannmengde til infiltrasjon (m}^3/\text{d)}$

$K = \text{jordmassens hydrauliske kapasitet (m/d)}$

$M = \text{tilgjengelig infiltrerbar masse (m)}$

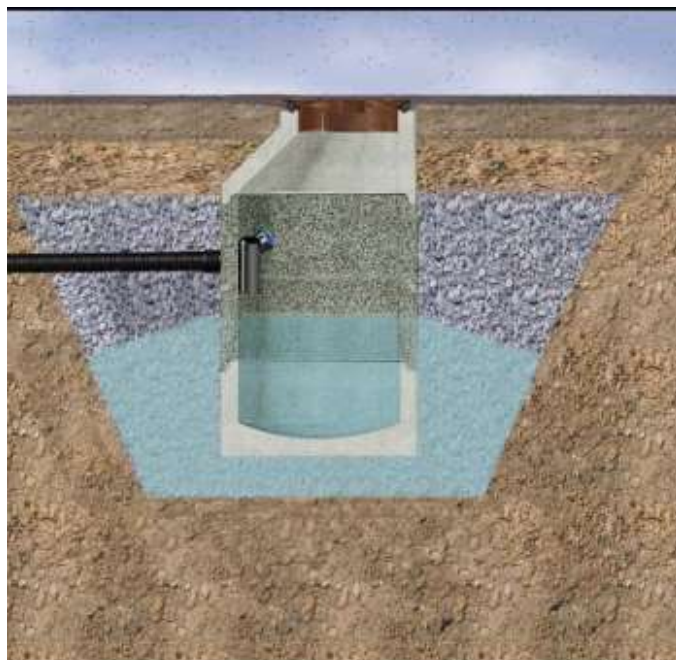
$L = \text{lengden på utstrømningsområdet (m)}$

$I = \text{Helning på området (\%)}$

Figur 50: Beskrivelse av de ulike leddene i formel for beregning av infiltrasjonskapasitet i grøft.

5.12 Infiltrasjonskum

For dimensjonering av infiltrasjonskum er det tatt utgangspunkt i verdier oppgitt fra Basal permakum. Her er det oppgitt at en kumring ved størrelse DN1000x500mm ligger med en utslippsmengde på 10 l/s per ring (Basal, 2022). I dette tiltaket er det beregnet for montering av 2 slike ringer. Det er besluttet å redusere utslippskapasiteten til 5 l/s per ring, for å ta høyde for eventuelle svakheter med infiltrasjon i grunn.



Figur 51: illustrasjon av montering og omfyllingsmasser for Basal permakum. Kilde: (Basal, 2022)

Kapasiteten til infiltrasjonskummen er gitt ved:

Formel 9: Formel for beregning av kapasitet for infiltrasjonskum. Kilde: (Basal, 2022)

$$Q_{inf,totalt} = Q_{inf} * t_r$$

Her er:

$Q_{inf,totalt}$ = Total mengde infiltrert (l)

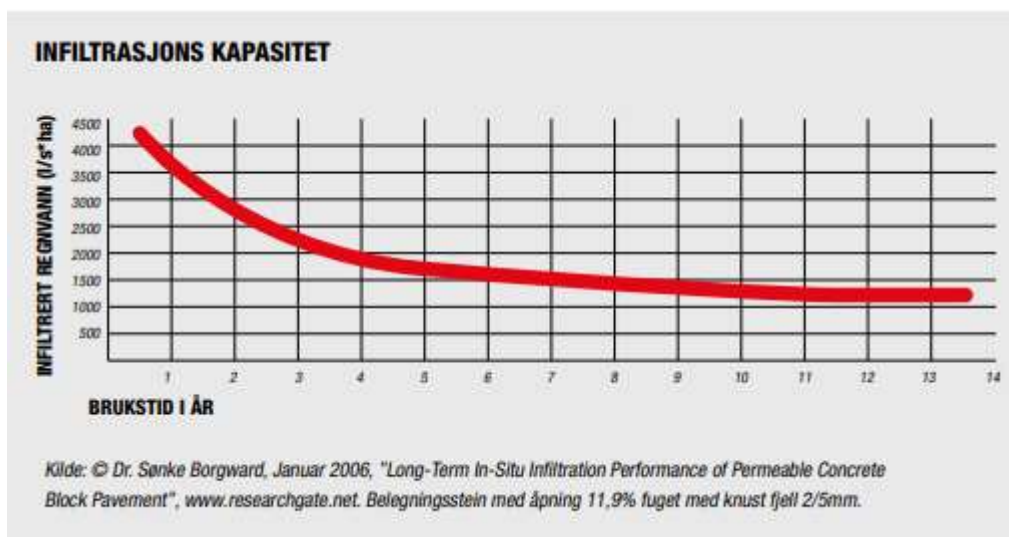
Q_{inf} = Infiltrasjonskapasitet, 5 l/s per stykk (l/s)

t_r = Dimensjonerende regnvarigheten (min)

Figur 52: Variabler knyttet til beregning av infiltrasjonskapasitet.

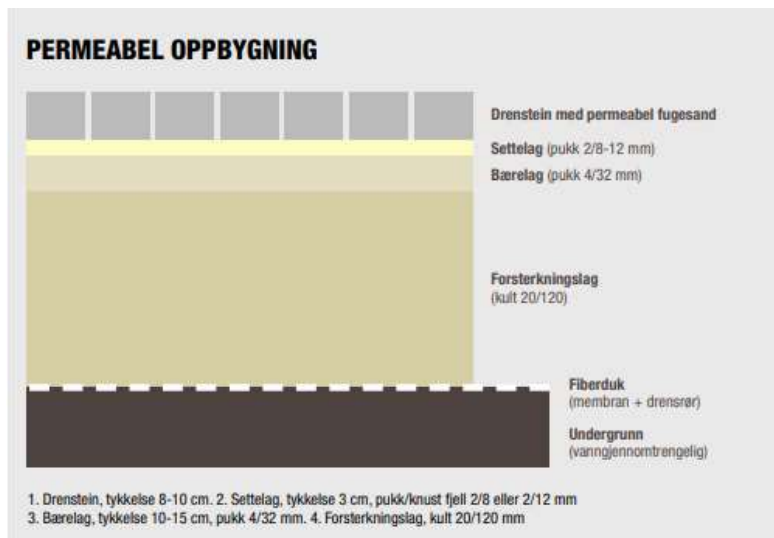
5.13 Permeable dekker

For permeable dekker er det benyttet variabler oppgitt av produsenten Asak ved beregning. Produsenten oppgir på sine sider en infiltrasjonskapasitet fra 5000 l/s*ha ned til 1000 l/s*ha (Asak, 2023). Graf over infiltrasjonskapasitet over år er illustrert i figur 54.



Figur 53: Illustrasjon over infiltrasjonskapasitet over brukstid for belegg. Kilde: (Asak, 2023)

Dette er selvfølgelig avhengig av oppbygningen av fundamentering for dekket. Dårlige infiltrasjonsmasser vil gjøre kapasiteten for dekket betraktelig mindre. Oppbygning er illustrert fra produsent gitt i figur 55.



Figur 54: Forlag for oppbygning for god infiltrasjon i grunn. Kilde: (Asak, 2023)

I tiltaket antas god infiltrasjon da fundamentering i hovedsak vil være tilpasset kjørebane, men for å ta høyde for lang levetid er det benyttet en infiltrasjonskapasitet på 200 l/s*ha som dimensjoneringsgrunnlag (Myhr, 2013). Dette er oppgitt fra produsent som konservativt hvor belegget i realiteten vil ha kapasitet mange ganger dette. Ved beregning av overvannsmengder for området benyttes den rasjonelle formel. For kapasitet av permeable dekke benyttes følgende formel:

Formel 10: Formel for kapasitet permeabelt dekke.

$$Q_{total,permeabelt\ dekk} = Q_{inf} * A * t_r$$

Her er:

$Q_{total,permeabelt\ dekke}$ = Total mengde infiltrert (l)

Q_{inf} = Infiltrasjonskapasitet belegningsstein (l/s)

A = Totalt areal for belegg (ha)

t_r = Dimensjonerende regnvarigheten (min)

Figur 55: Beskrivelse av variabler for formelen for permeable dekker.

5.14 Beregninger Blueroof

Variablene benyttes for å beregne fordrøyning ved hjelp av Blueroof på dette prosjektet er hentet fra bacheloroppgaven «Dimensjonering av blågrønne overvannsløsninger». I denne bacheloren har Protan beregnet et tak med tilsvarende lik størrelse som for tiltaket. For et takareal på 130m² har de her beregnet et maksimalt påslipp på 0,3 l/s og det er dette som blir dimensjonerende påslipp for dette tiltaket (Alan, 2017). Beregningene er gjort ved følgende formel:

Formel 11: Formel for beregning av total mengde vann på takarealer.

$$V_{\text{takarealer}} = A_{\text{tak}} * h_{\text{vannmengde}}$$

$V_{\text{takarealer}}$ = Totalt volum nedbør på takarealer (m³)

A_{tak} = Takarealer (m²)

$h_{\text{vannmengde}}$ = Nedbørmengde i mm oppgitt i meter

Figur 56: Definisjon av variabler tilknyttet formel for beregning av total mengde vann fra takarealer.

For beregning av kapasitet for påslipp kan følgende formel benyttes:

Formel 12: Formel for beregning av total mengde vann påsluppet sluk i tak.

$$V_{\text{påslipp,Blueroof}} = Q_{\text{sluk}} * t_r$$

Her er:

$V_{\text{påslipp,Blueroof}}$ = Totalt volum fra sluk tak (l)

Q_{sluk} = Påslippsmengden fra sluk (l/s)

t_r = Dimensjonerende regnvarigheten (min)

Figur 57: Definisjon av variabler tilknyttet formel for beregning av påslipp fra sluk i tak.

5.15 Nødvendig magasinivolum

Nødvendig størrelse på fordrøyningsbasseng gjøres ved å trekke i fra kapasitet til andre aktuelle overvannstiltak fra dimensjonerende størrelse på fordrøyningsbasseng gitt de ulike nedbørsvarighetene. Her vil maksimal mengde vann være dimensjonerende for størrelse. Dette er gitt ved formelen:

Formel 13: Formel for beregning av nødvendig magasinivolum. Kilde: (Norsk vann, 2015)

$$V_{Fb.} = V_{inn} - V_{ut} - V_{ot.}$$

$V_{Fb.}$ = Nødvendig volum fordrøyningsbasseng
(m^3)

V_{inn} = Tilført regnmengde (m^3)

V_{ut} = Videreført regnmengde (m^3)

$V_{ot.}$ = Fratrukk volum andre overvannstiltak (m^3)

Figur 58: Definisjon av variabler tilknyttet formel for beregning av nødvendig magasinivolum.

5.16 Mannings formel

For å finne kapasiteten til grøfter, kanaler eller renner benyttes Mannings formel, variabler knyttet til dette er hentet ut fra Statens vegvesen håndbok N200 (Statens vegvesen , 2014).

Kledningsmateriale i grøft	Mannings tall, M m ^{1/3} /s	Vannhastighet uten fare for erosjon m/s
Betongkledning	50 – 80	2,5 – 5,0
Asfaltert dekke	60 – 75	2,0 – 5,0
Steinsetting (jevnt utlagt)	30 – 60	2,0 – 5,0
Grus	30 – 50	1,0 – 1,5
Småstein	30 – 50	1,2 – 2,0
Jord uten vegetasjon	25 – 30	0,5 – 0,8
Jord med lett vegetasjon	20 – 30	0,5 – 1,2
Ujevn steinkledning	25 – 30	1,5 – 3,0
Jord med kraftig vegetasjon	15 – 25	1,0 – 2,0
Naturlig bekk og elv	5 – 40	–

Figur 59: Variabler for M i Mannings formel. Kilde: (Statens vegvesen , 2014).

Mannings formel og kapasiteten for grøft er gitt ved:

$$Q = M * A * R^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{3}} * 1000$$

Her er:

Q = Vannføring i grøften (l/s)

M = Mannings tall

A = Tverrsnittsareal av grøften (m²)

R = Hydraulisk radius = A/P (m)

P = Vår omkrets av grøft (m)

I = Lengdefall på grøften (m/m)

Figur 60: Definisjon av variabler tilknyttet Mannings formel.

For prosjektet er det benyttet variabler; Mannings tall = 25, areal = 0,5m², R = 0,263, I = 2/70.

5.17 Prisberegning for LOD-tiltakene

I formel 15 illustrere formelen for å beregne total prisen for de forskjellige LOD – tiltakene som er benyttet i casen.

Formel 14 Prisberegning for LOD-tiltakene

$$\text{Pris} * \text{mengde} = \text{total pris}$$

5.18 CO2-eq beregning for LOD- tiltakene

Formel 16 viser hvordan en kommer fram til total CO2-eq for de forskjellige LOD- tiltakene som er benyttet i casen.

Formel 15 CO2-eq beregning for LOD- tiltakene

$$\text{CO2} - \text{eq} * \text{mengde} = \text{total CO2} - \text{eq}$$

6 Resultater

I dette kapitlet vil resultatene fra de foregående kapitlene bli lagt til grunn for videre vurdering. Resultatet av beregninger vil også bli presentert i form av tabeller og illustrerende grafer. For detaljerte utregninger for hele regnperioden henvises det til de ulike vedleggene oppført i teksten.

6.1 kommuneplan, arealplan og norm- og veileder

Det er ingen direkte føringer i kommuneplan eller arealplan som direkte påvirker tiltakets utforming av overvannstiltak. Området er omregulert i nyere tid, men gir ingen konsekvens for utformingen av tiltaket. Tvert imot antar enn at ved anleggelse av ny regulert vei vil dette telle positivt angående overvannshåndtering på tiltakets område.

Kommunens norm- og veileder for overvann legger føringer for dokumentasjon av beregninger og grenseverdier. Her vil dimensjoneringen måtte vise til håndtering av overvannsmengder for 2, 50 og 200års- returperioder. Samtidig er det et krav fra kommunens side og begrense påslipp på kommunalt ledningsnett. Ved dokumentert behov tillates det påslipp av overvann på 15 l/s*ha. For tiltaket vil dette resultere i en lovlig påslippsmengde på 7,2 l/s. Her har en vurdert en mindre mengde med 5,2 l/s som tilsvarer 70% av utløpsverdi fra lovlig påslippsmengde. Dette er gjort på bakgrunn av å ha en mindre og normal vannføring ut på kommunalt ledningsnett og at større deler av regnvolumet lagres på tiltakets område før påslipp.

6.2 Geokart

Ut fra de geologiske kartene gjengitt fra NGU viser det til at områdets infiltrasjonsevne er lite egnet på hensyn av geologisk sammensetning av jordmassene. Området vil få massutskiftning i kombinasjon med grave- og sprengningsarbeider. I kapittel 5.5 – lokal kunnskap er det skissert en antatt lagfyllingsskisse. Derfor er det antatt noe høyere infiltrasjonskapasitet ved beregninger.

For kart innhentet fra NVE over området vises det til at området ligger innenfor en flomsikkerhetssone. Dette anses det å se bort ifra da tiltaket er plassert 12 meter over gjeldende bekk. Samtidig vil ikke naturlig vannvei bli anlagt mot denne noe som resulterer i mindre avrenning fra tiltaket mot bekk i fremtidig situasjon.

6.3 Dimensjonerende overvann

6.4 Alternativ 1

I alternativ 1 er det presentert tre ulike løsninger som kombinert skal utgjøre tekniske løsninger som tilfredsstillende LOD-strategien for tiltaket. De tekniske løsningene er som følger; Grønmur med tilhørende infiltrasjonsgrøfter, regnbed og lukket magasin. Oppbygningen av dette kapittelet er inndelt i sonene presentert i figur 17 med de tilhørende tekniske løsningene for hver enkelt sone.

6.4.1 Sone 1

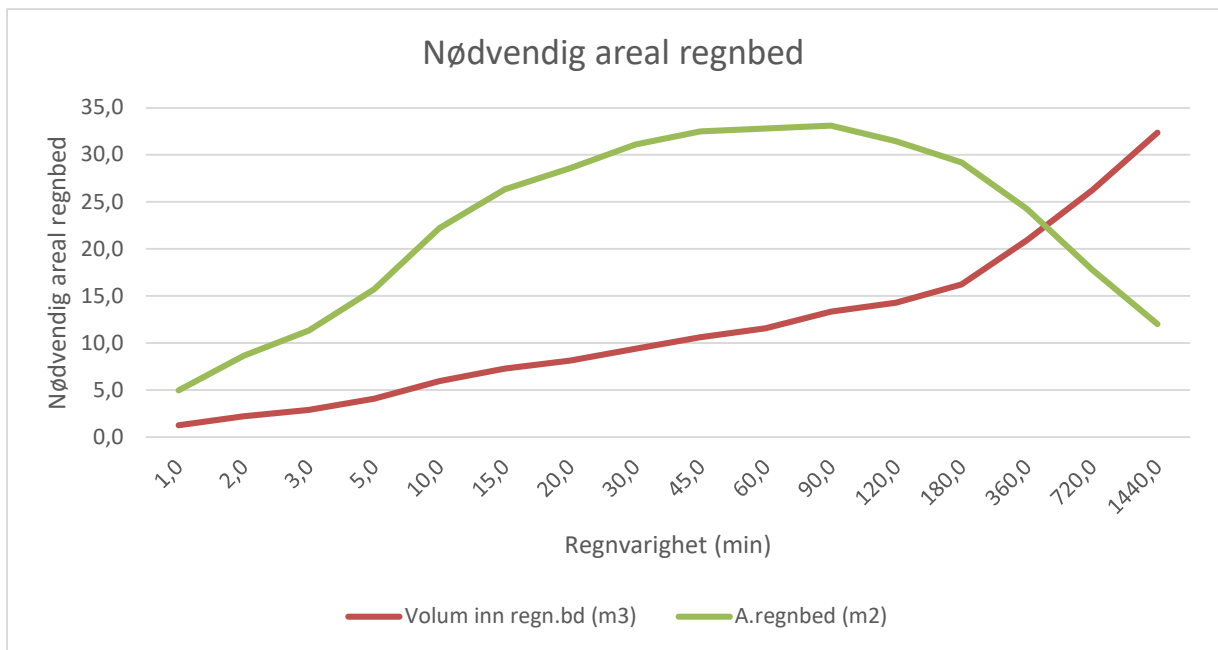
For sone 1 vist i figur 17 er det tenkt plassering av to regnbed. Regnbedet dimensjoneres for å ha kapasitet til returperiode 2 år, men vil grunnet infiltrasjonsevne også ha kapasitet inn i 50-års returperiode.

Under i tabell 16 er variablene benyttet for utregning av nødvendig areal for regnbed og videreført overvannsmengde presentert.

Tabell 16: Variabler for dimensjonering av regnbed.

Sone 1		
Areal plen	1 500,00	m ²
Av.koeff	0,10	-
Takarealer	411,30	m ²
Av.koeff	0,90	-
Klimapåslag	50	%
midl	0,27	-
Totalt areal	1 911,30	m ²
Ha	0,19	1 ha = 10000 m ²
H_{maks}	0,25	m
K_h	0,0017	m/min
t_r	Regnvarighet 1-1440 min	Min
Dimensjonerende returperioder IVF-kurve	2 og 50-års returperiode	mm og l/s*ha

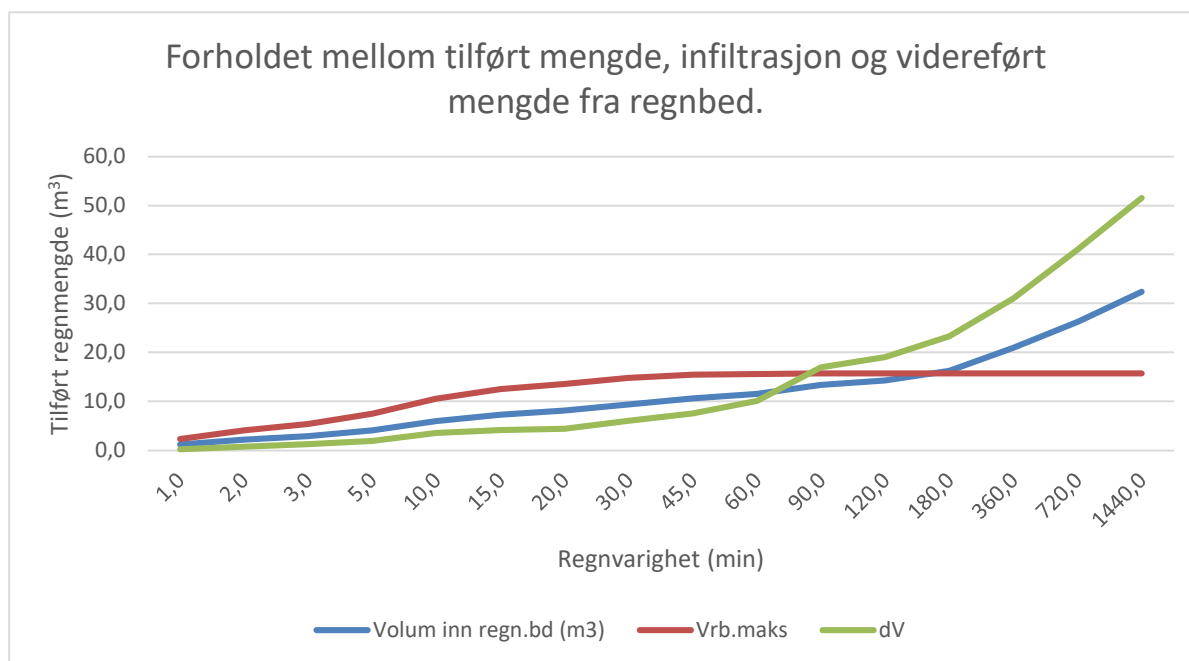
Gitt beregningene i vedlegg 1a. og illustrert i figur 62, vises sammenhengen mellom tilført volum inn i regnbedet og nødvendig overflateareal. Maksimal overvannsmengde til regnbedet for 50års-returperiode med klimapåslag 1,5 og avrenningskoeffisient 0,27 gir 32,4 m³. For regnbed gitt variablene h_{maks} = 0,25m, k_h = 0,0017 m/min og overnevnte returperiode gir et nødvendig areal på 33,1 m². Maksimal kapasiteten til regnbedet blir da ved 15,72m³ i regnvarighet 90 minutter.



Figur 61: Graf over nødvendig areal for regnbed gitt beregnet volum inn ved 2års-returperiode.

Benyttes liknende variabler for regnbed og areal ved 50års-returperiode kan enn se hvilken kapasitet regnbedet infiltrerer i 50års-returperiode. medfølger beregningene og figur 63 illustrerer infiltrert mengde ($V_{rb, maks}$) frem mot regnvarighet 90 min hvor tilført mengde overgår infiltrert mengde. Denne mengden utgjør videreført dimensjonerende volum for

magasinering (dV) for sone 1.



Figur 62: Graf hvor forholdet mellom tilført vannmengde, infiltrasjon og resterende vannmengde som gir dimensjoneringsgrunnlag for magasin gitt 50års-returperiode.

6.4.2 Sone 2

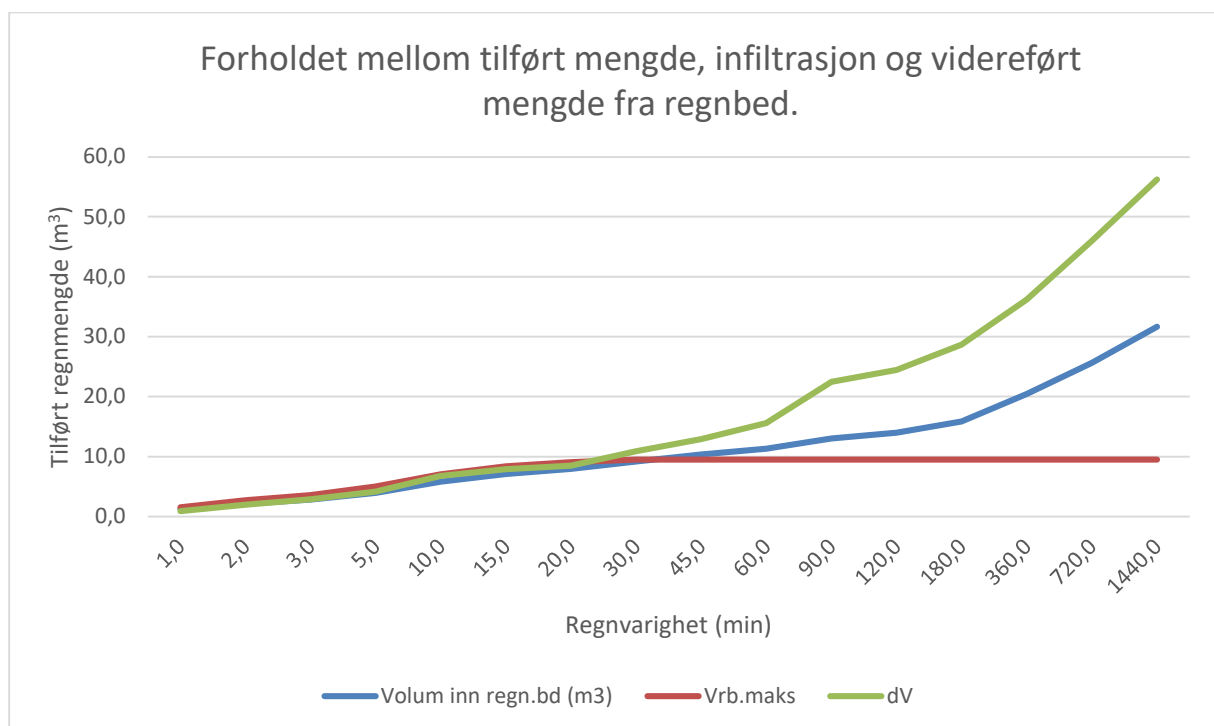
For sone 2 illustrert i figur 17 er det grunnet plassmangel kun avsatt plassering for ett regnbed. Regnbedet dimensjoneres for å ha kapasitet for 2 års-returperiode, men vil grunnet infiltrasjonsevne ha kapasitet inn i 50-års returperiode.

Tabell 17: Variabler for dimensjonering av regnbed.

Sone 2		
Areal plen	1 384	m ²
Av.koeff	0,1	-
Takarealer	411,3	m ²
Av.koeff	0,90	-
Klimapåslag	50	%
midl	0,28	-
Totalt areal	1 796,30	m ²
Ha	0,19	1 ha = 10000 m ²
H _{maks}	0,25	m
K _h	0,1000	cm/t
t _r	Regnvarighet 1-24t	Min

Dimensjonerende returperiode IVF- kurve	2 og 50års- returperiode	mm
--	-----------------------------	----

For sone to er arealet til regnbedet allerede bestemt til å være 20 m², dette gjør at enn ikke har behov for å beregne nødvendig areal. Kapasiteten beregnes med de samme variablene gitt for sone 1 og vi kan derfor se på mengde overvann som infiltreres og videreføres til magasin. For 2 års-returperiode er maksimal vannføring til regnbedet 31,7 m³. Maksimal kapasiteten beregnes til 9,5 m³ for regnvarighetene. Ved overløp i regnbedet oppstår denne ved 50 års-returperiode og varighet 30 minutter som vist i vedlegg 1b. og illustrert i figur 64.



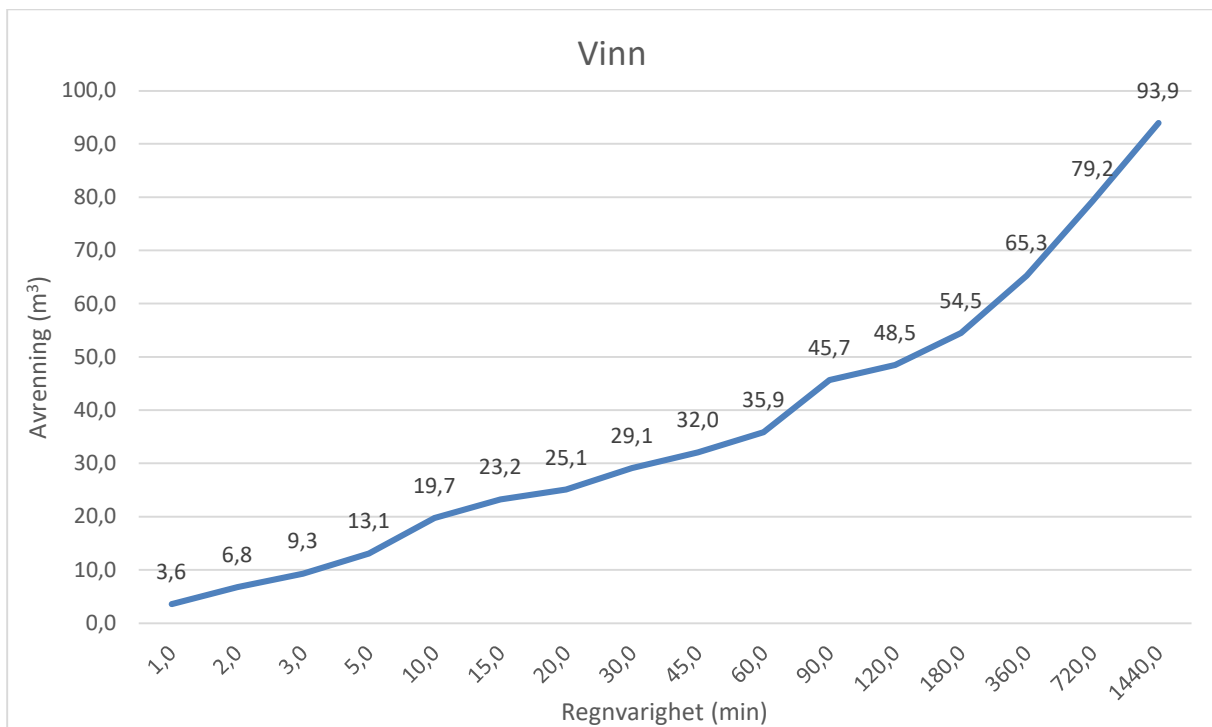
Figur 63: Graf hvor forholdet mellom tilført vannmengde, infiltrasjon og resterende vannmengde som gir dimensjoneringsgrunnlag for magasin gitt 50års-returperiode.

6.4.3 Sone 3

For sone 3 er det ikke planlagt noen teknisk løsning som kan infiltrere vannmengdene. Avrenning fra dette feltet vil bli ledet rett til lukket fordrøyningsbasseng før påslipp på kommunalt ledningsnett. Andelen tette flater i sone 3 er høy, det er derfor kalkulert en midlere avrenningskoeffisient på 0,7 for et totalt areal på 1038 m². Henvises til beregninger i vedlegg 1c. og illustrasjon i figur 65.

Tabell 18: Variabler benyttet for dimensjonering i sone 3.

Sone 3		
Gressareal	150	m ²
Av.koeff.gress	0,1	-
Takarealer	888	m ²
Av.koeff.tak	0,9	-
Midl.av.koeff	0,7	-
Totalt areal	1038	m ²



Figur 64: Graf som viser total avrenning m³ i regnperioden 1-1440 min.

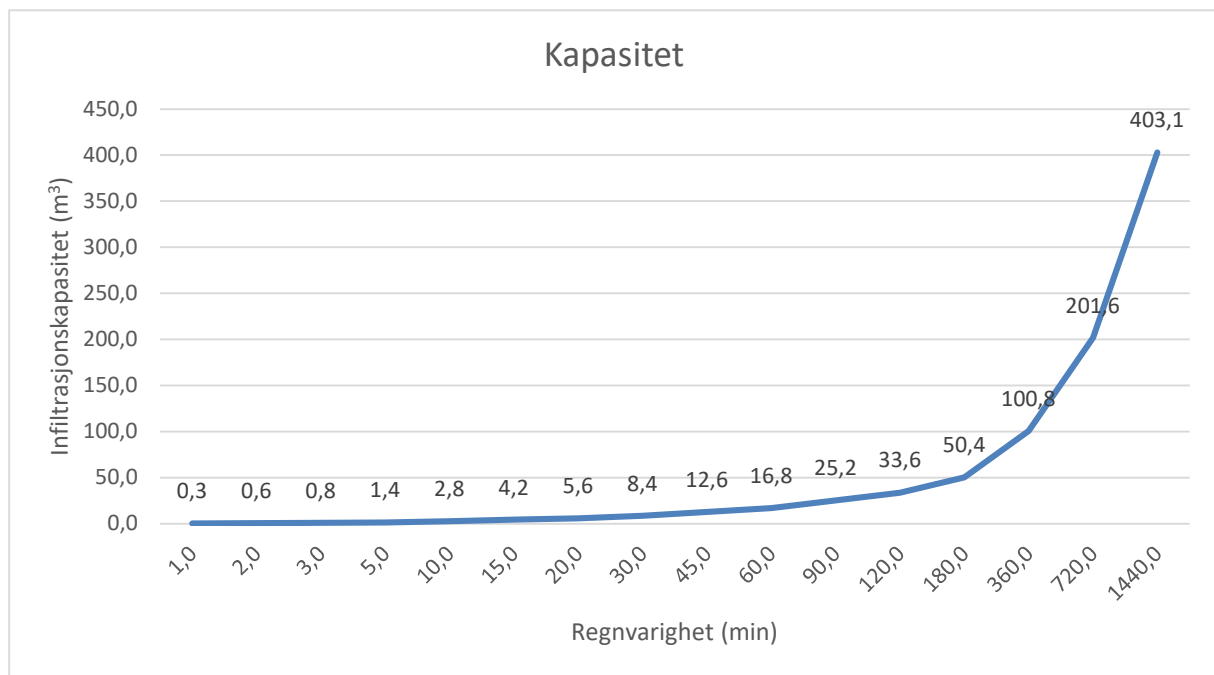
6.4.4 Infiltrasjonssone tilknyttet sone 1, 2 og 3.

Kombinert med løsningene presentert ovenfor i de ulike sonene vil det tilknyttet disse bli anlagt en infiltrasjonssone langs gangstiene til boligenhetene. Tilknyttet beregningen vil det være en del usikre variabler da infiltrasjon ved ferdig planert tomt ikke er kjent. Derimot benyttes referanseverdier nevnt i metodekapittelet 5.11. Under i tabell 19 er variablene benyttet for å regne ut kapasiteten Q i formelen.

Tabell 19: Variablene tilknyttet kapasitet for infiltrasjonsgrøft.

Infiltrasjonsgrøft tilknyttet sone 1, 2 og 3.		
Jordmassens hydrauliske kapasitet (k)	1,5	m/døgn
Infiltrerbare masser (M)	1	m
Utstrømningsområdet (L)	107	m
Helning (I)	3	%

I vedlegg 1d. vises beregningene for infiltrasjonskapasiteten. Dette viser en total kapasitet på 483,8 m³/døgn. Om en beregner infiltrasjonskapasiteten for de ulike regnvarighetene vil fordelingen av denne kapasiteten være som illustrert på figur 66.

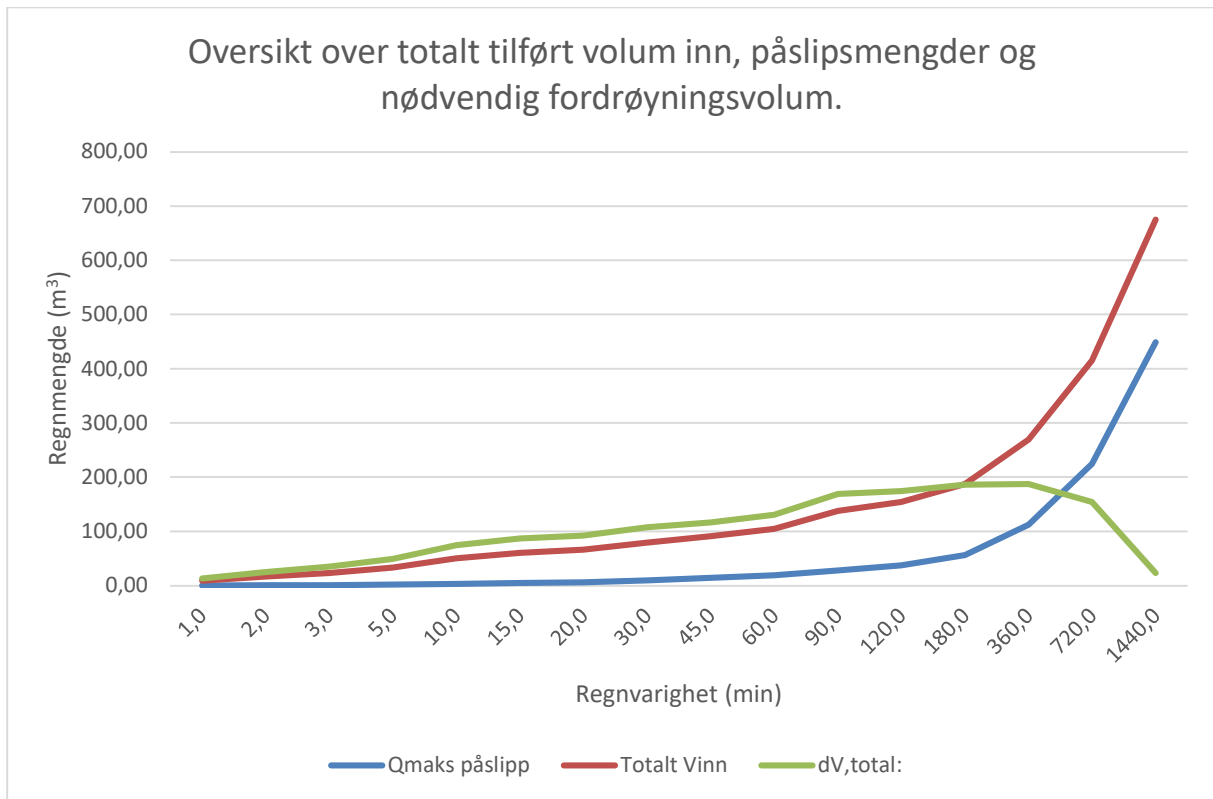


Figur 65: Infiltrasjonskapasiteten for infiltrasjonsgrøft gitt regnperioden 1-1440 min.

6.4.5 Dimensjonerende fordrøyningsvolum

Nødvendig fordrøyningsvolum beregnes ved å trekke i fra infiltrasjonsevnen til de overnevnte LOD-tiltakene på totalt beregnet nedbørsvolum. Vedlagt i vedlegg 1e. og illustrert i figur 67 kan enn se nødvendig fordrøyningsvolum dV_{total} har et maksimalt nivå ved regnvarighet 90

min. Her beregnes maksimalt volum på fordrøyningsbasseng til 31,32 m³ før regnintensiteten avtar med tiden.



Figur 66: Oversikt over beregnet vann etter infiltrasjon, maksimale påslippsmengder og nødvendig magasinivolum.

De totale mengdene $Q_{maks, påslipp}$, totalt V_{inn} og totalt magasineringsvolum for regnvarhiten 90 min er presentert i sin helhet i tabell 20 under.

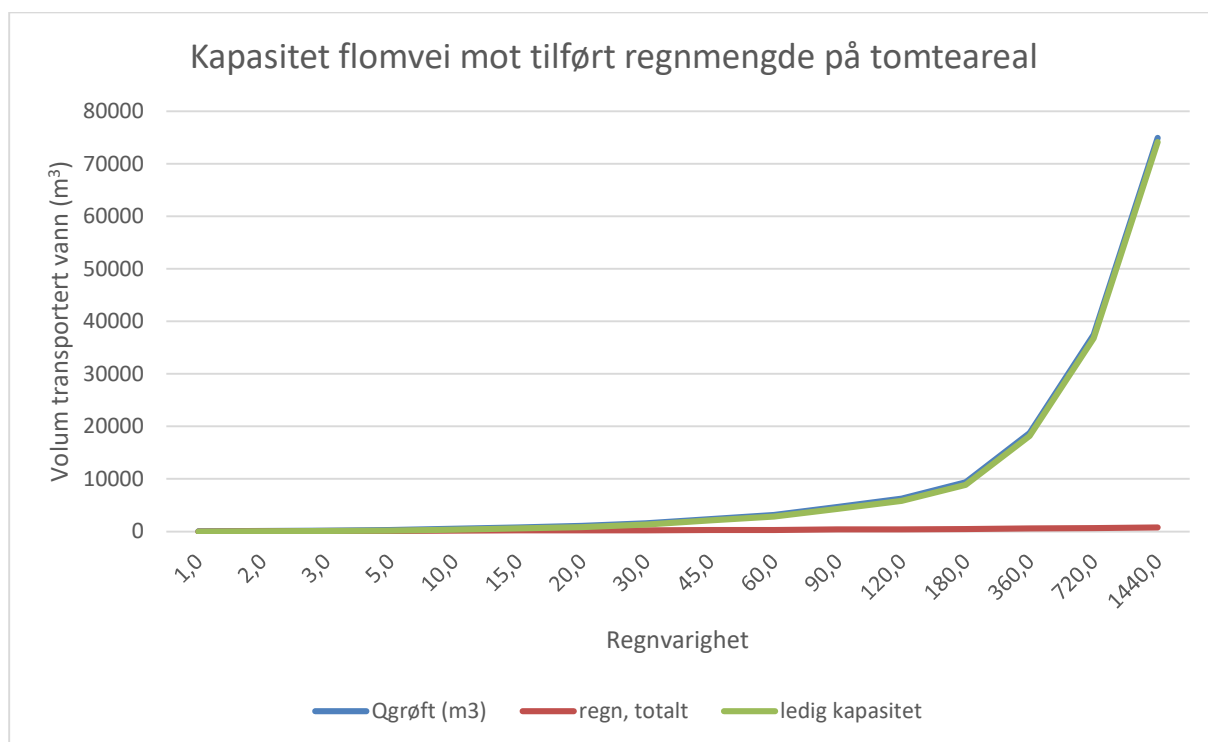
Tabell 20: Maksimalt nødvendig magasineringsvolum ved regnvarighet 90 minutter.

Totalt magasineringsvolum		
Regnvarighet max V	90	min
Dnødvendig magasinivolum	31,32	m ³

6.4.6 Flomvei

Ved dimensjonering av flomvei ble det tatt utgangspunkt i en grøft med bredde bunn 0,5m og høyde 0,5m, dette gir et totalt areal på 0,5 m². R ble beregnet til 0,263 og antatt fall på grøften ble satt til 2/70m. Dette ga en total kapasitet på 867 l/s. beregnet i vedlegg 5 og illustrert i figur 68 er kapasiteten for grøften over varigheten 1-1440 minutter illustrert, en kan her se at

grøften har stor kapasitet. Sammenliknet med antatte regnmengder oppgitt for en 200års-returperiode vil grøften ha mer enn nok kapasitet til å lede vannet trygt og sikkert til resipient.



Figur 67: Graf som viser kapasitet til grøft mot tilførte vannmengder for en 200års-returperiode.

6.4.7 Overvannsplan for alternativ 1

Under i figur 69 er overvannsplanen for tiltenkte løsninger illustrert. Blå piler illustrerer opparbeidet fall i henhold til krav i TEK17. Regnbed er plassert på steder vurdert som mest hensiktsmessig hvor det er arealer nok til god utforming. Fordrøyningsbasseng er anlagt ved parkeringsarealer hvor mulig utløp kan plasseres i sørlig ende. Infiltrasjonsgrøften plasseres som nevnt tidligere imellom sonene hvor tilhørende grønmur plasseres på tomtens østlige side.



Figur 68 Overvannsplan for alternativ 1

6.5 Alternativ 2

I alternativ 2 er det presentert fire ulike tekniske løsninger som kombinert skal tilfredstille LOD-strategien for tiltaket. Løsningene er som følger; Grønnmur med tilhørende infiltrasjonsgrøft, Blueproof, infiltrasjonskummer og lukket fordrøyningsbasseng.

6.5.1 Sone 1

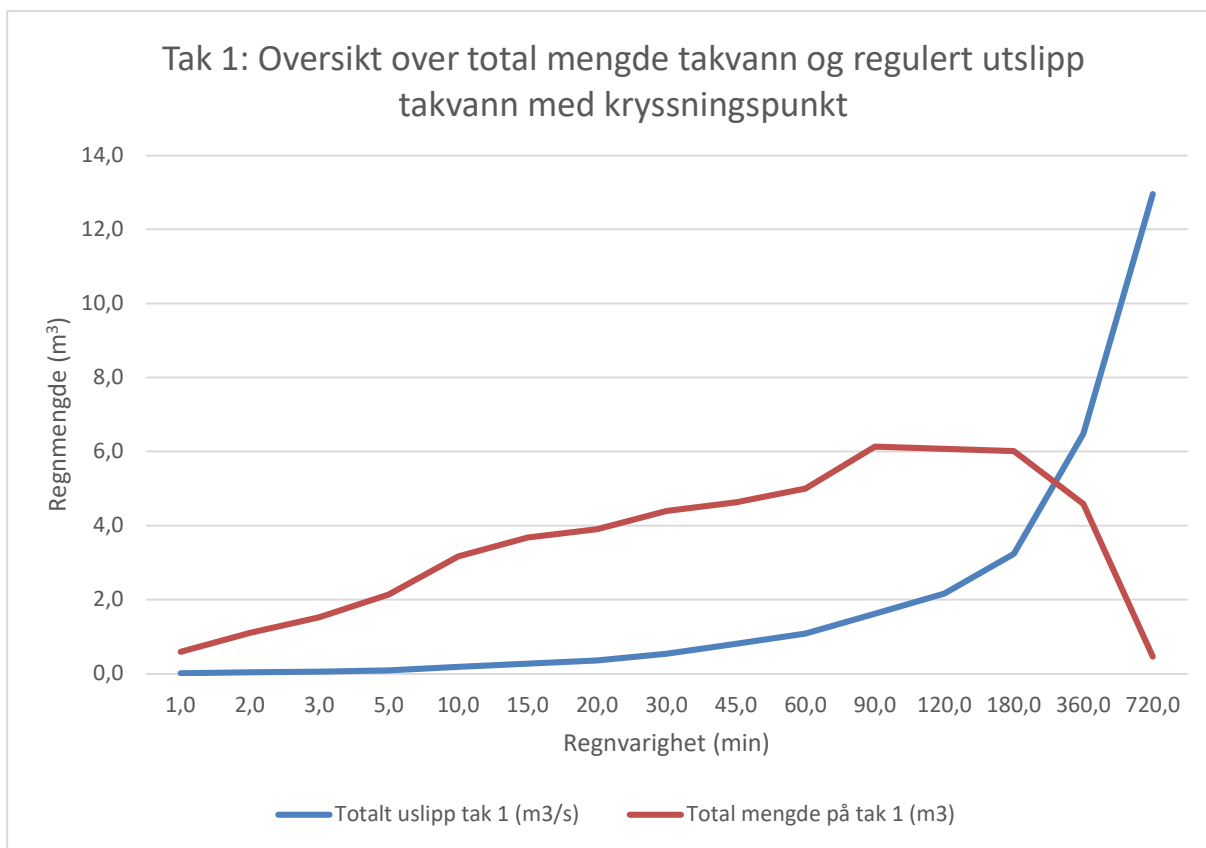
For sone 1 er det tre bygningskropper med totalt syv boenheter. Takarealet er satt til 137 m² for tak 1 og 2, mens tak 3 beregnes til 205,5 m². Det er antatt at det er montert ett sluk per tak med utslippsregulator som struper vannføringen til en kontrollert mengde på 0,3 l/s. Disse variablene er beskrevet i tabell 21.

Tak 1

Tabell 21: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 1.

Tak 1		
Tak areal	137	m ²
Takareal	0.0137	ha
Av.koeff	0,90	-
Antall sluk	1	Stk
Utslippsmengde til sluk	0.3	l/s
Dimensjonerende returperiode IVF-kurve	50års-returperiode	l/s*ha

Vedlagt i vedlegg 2a. og illustrert i figur 70 vises grafen hvor total mengde takvann over en regnperiode på 1440 min er tilført takarealet med den tilhørende reduseringen av utslipp på 0,3 l/s. Ved 360 min vil tilført vann på takarealet være mindre enn hva slukene fordrøyer. Den maksimale lagringen av vann fordelt på 137 m² vil være 6 m³ eller 43,6 mm over tak og oppstå ved 180 min.



Figur 69: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Kryssningspunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 360 min.

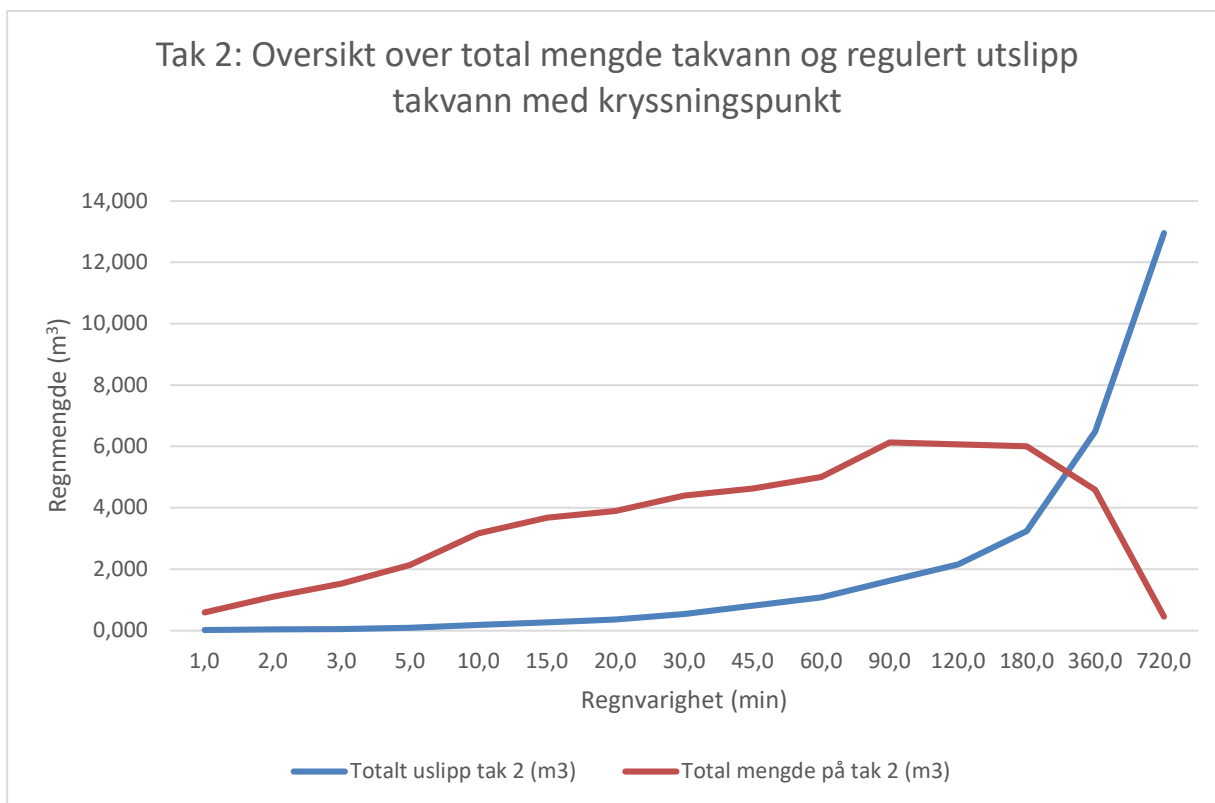
Tak 2

Ved beregning er benyttede data lik for tak 1 og tak 2. For detaljer henvises det til tak 1 og gitt beskrivelse av både tabell, figur og vedlegg 2a. Resultatet av beregningene illustreres kort ved tabell og graf under.

Tabell 22: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 2.

Tak 2		
Tak areal	137	m ²
Takareal	0.0137	ha
Av.koeff	0,90	-
Antall sluk	1	Stk
Utslippsmengde til sluk	0.3	l/s

Under vises forholdet mellom total mengde takvann og regulert utslipp over regnvarigheten. Denne er tilsvarende som for tak 1.



Figur 70: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Kryssningspunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 360 min.

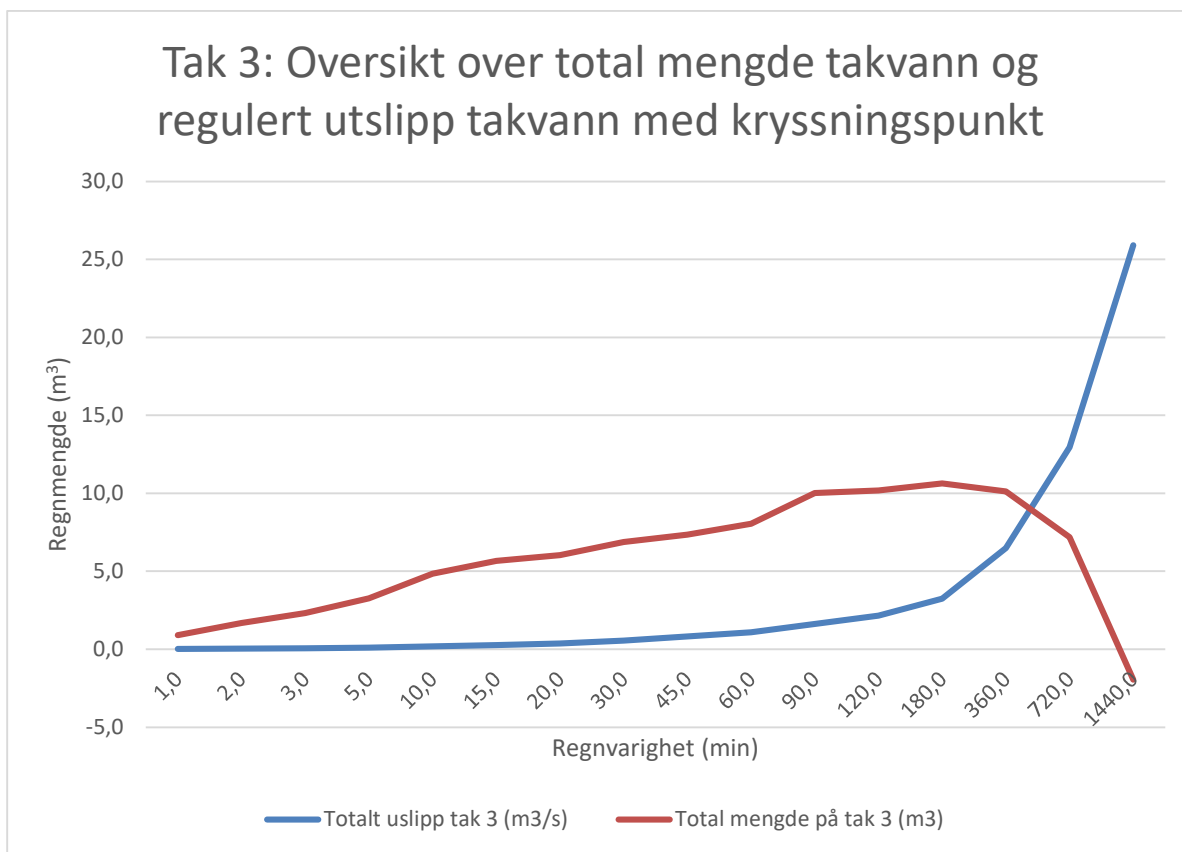
Tak 3

I vedlegg 2a. og i tabell 23 er variablene benyttet for beregning av fordrøyet og videreførte vannmengder. Alle variablene bortsett fra takareal er tilsvarende det oppgitt for tak 1 og tak 2.

Tabell 23: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 3.

Tak 3		
Tak areal	205,50	m ²
Takareal	0,0137	ha
Av.koeff	0,90	-
Antall sluk	1	stk
Utslippsmengde taksluk	0.3	l/s

Illustrert i figur 72 ser enn at tiden hvor total mengde fordrøyd fra tak 3 er noe lengre enn de andre takene og oppstår etter 720 min. Maksimal vannmengde vil også i dette tilfellet oppstå etter 180 min og total mengde vil være 10,6 m³, dette tilsvarer 51,7 mm.



Figur 71: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Kryssningspunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 720 min.

6.5.2 Sone 2

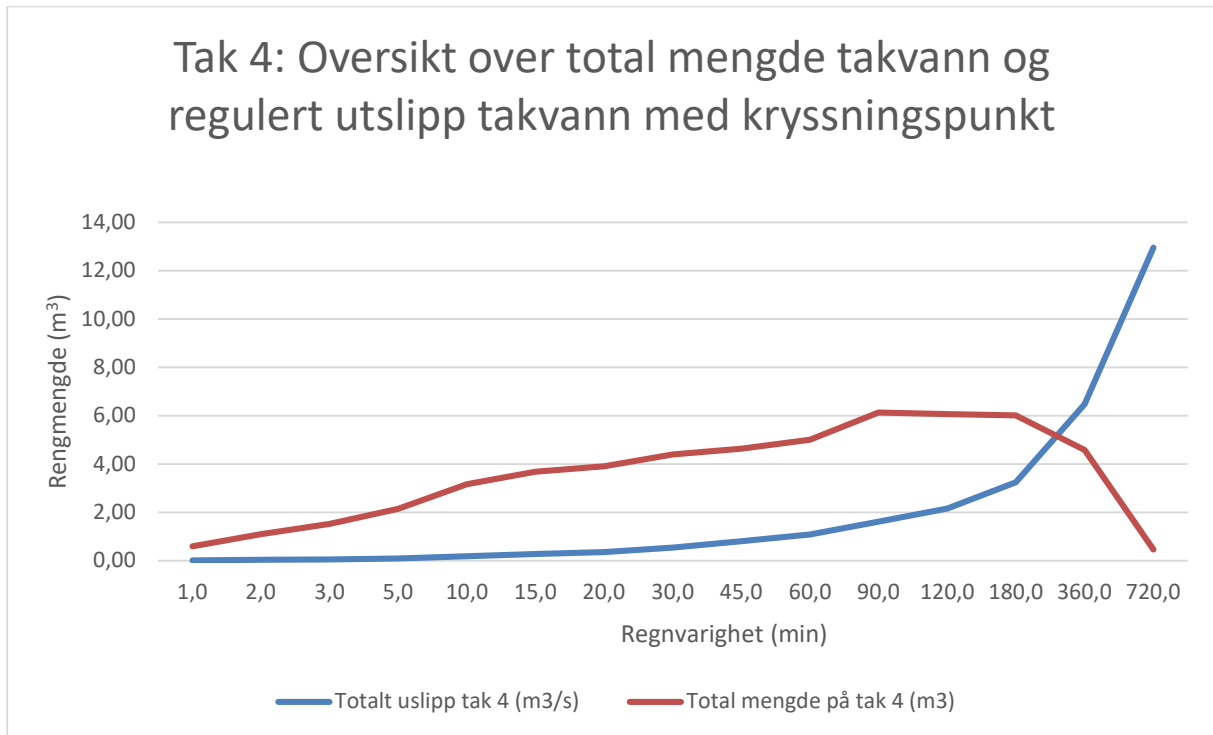
Da boligens utforming for hver av sonene er like vil det ikke være noen forskjeller ved brukte variabler, men grunnet mindre bygningsmasse vil videreført total vannmengde fra takarealene være mindre. Beregninger vedlegges vedlegg 2b. og variablene benyttet er fremvist i tabell 24.

Tak 4

Tabell 24: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 4.

Tak 4		
Tak areal	137	m ²
Takareal	0.0137	Ha
Av.koeff	0,90	-
Antall sluk	1	Stk
Utslippsmengde til sluk	0.3	l/s

Likt tilfellene for tak 1 og 2 har tak 4 det samme volumet regnvann lagret under de forskjellige regnvarighetene. Som illustrert i figur 73 er også regnvarigheten for hvor taket har mottatt sin maksimale regnmengde vist ved 180 min regnvarighet. Total mengde lagret ved denne regnvarigheten er 6,1 m³ og 43,9 mm fordelt på 137 m². Fordrøyningen på takarealet vil være tømt etter 720 min regnvarighet.



Figur 72: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Kryssningspunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 180 min.

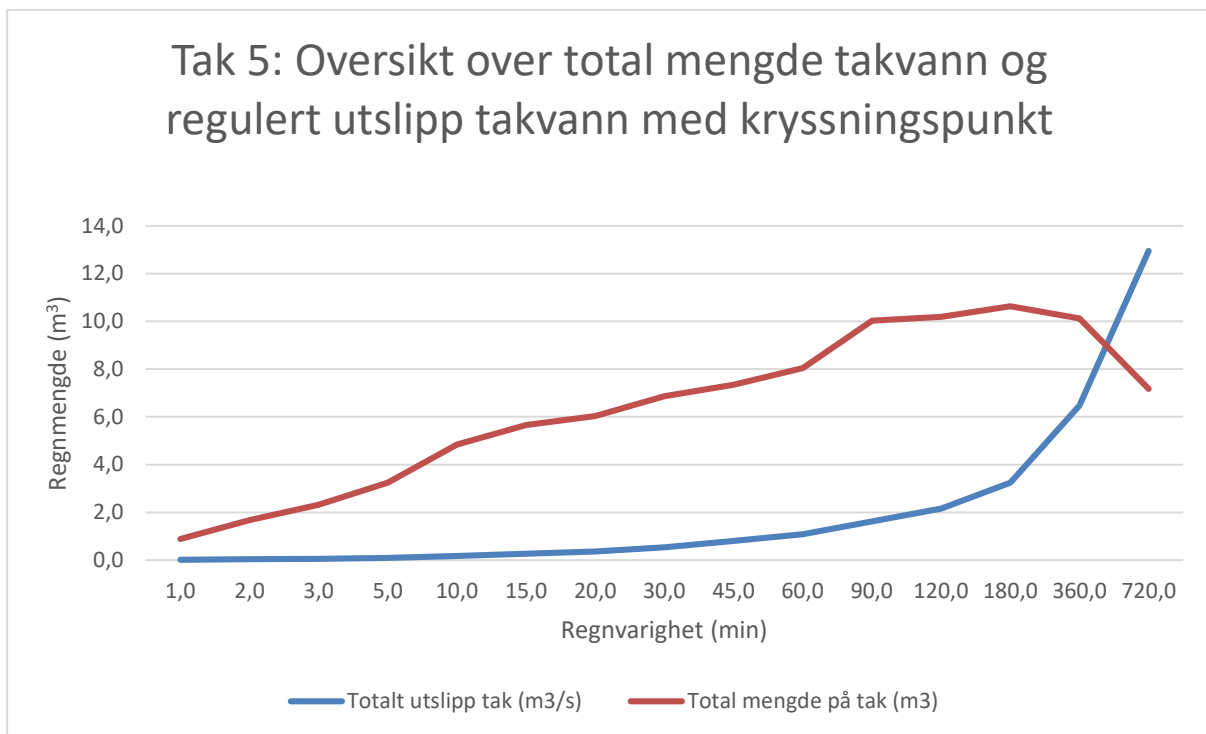
Tak 5

Tak 5 har like variabler som tak 3 i sone 1. Derfor vil det her kun bli presentert resultater via tabell og illustrert ved graf. For nærmere beskrivelse henvises det til kapittel alternativ 1, tak 3 og vedlegg 2b.

Tabell 25: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 5.

Tak 5		
Tak areal	205,50	m ²
Takareal	0,0137	ha
Av.koeff	0,90	-
Antall sluk	1	stk
Utslippsmengde taksluk	0.3	l/s

Illustrert i figur 74 ser enn at tiden hvor total mengde fordrøyd fra tak 3 er noe lengre enn de andre takene og oppstår etter 720 min. Maksimal vannmengde vil også i dette tilfellet oppstå etter 180 min og total mengde vil være 10,6 m³, dette tilsvarer 51,7 mm.



Figur 73: Grafen viser total mengde regnvann på takarealene og utslippsmengden fra sluk gitt over tid. Kryssningspunktet hvor total vannmengde er sluppet ut fra taket skjer ved 720 min.

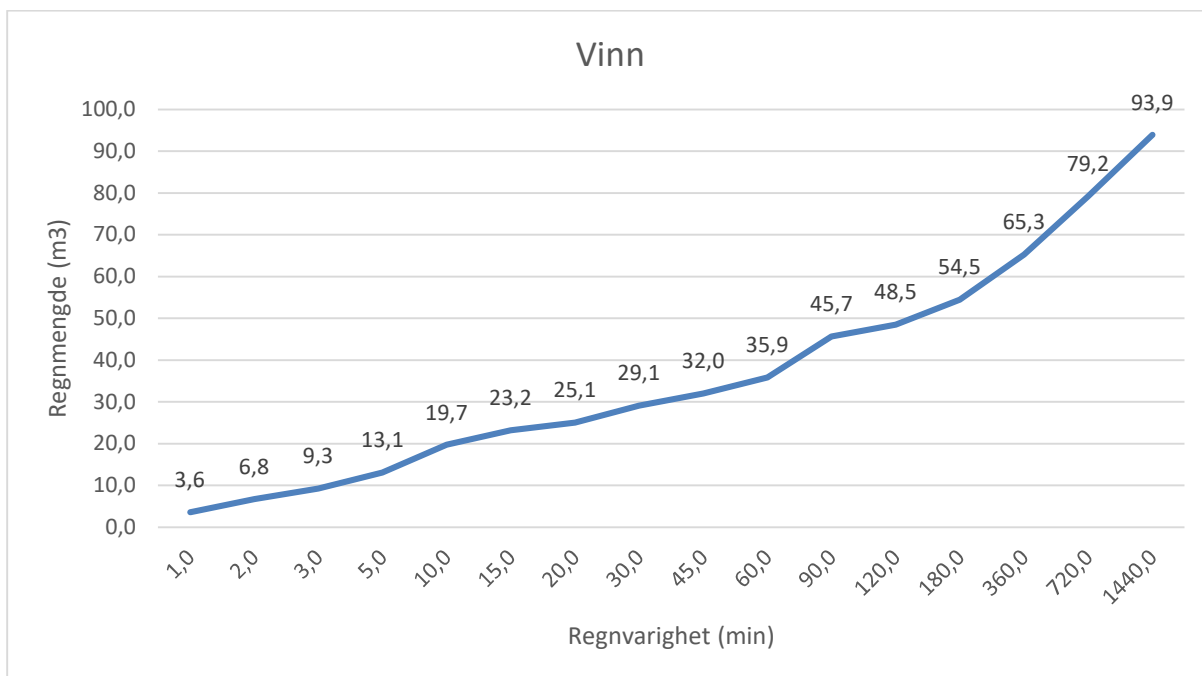
6.5.3 Sone 3

I sone 3 er det som tidligere vist ved figur 17 avsatte arealer for parkering, boder og vei inn til tiltaket. Derfor er det ikke avsatt noen teknisk løsning som behandler infiltrasjon lokalt annet enn et lukket magasin. Under i tabell 26 er variablene benyttet for å kalkulere avrenningen fra dette området og beregningen vises i vedlegg 2c.

Tabell 26: Variabler benyttet for beregning av vannmengde og utslippsmengde for tak 5.

Sone 3		
Gressareal	150	m ²
Avrenningskoeffisient	0,1	-
Takarealer	888	m ²
Avrenningskoeffisient	0,95	-
Totalt areal	1038	m ²
Midlere avrenningskoeffisient	0,7	-

I figur 75 er det illustrert hvordan vannmengdene fra dette området konsentreres mot sluk/lukket magasin i dette området.



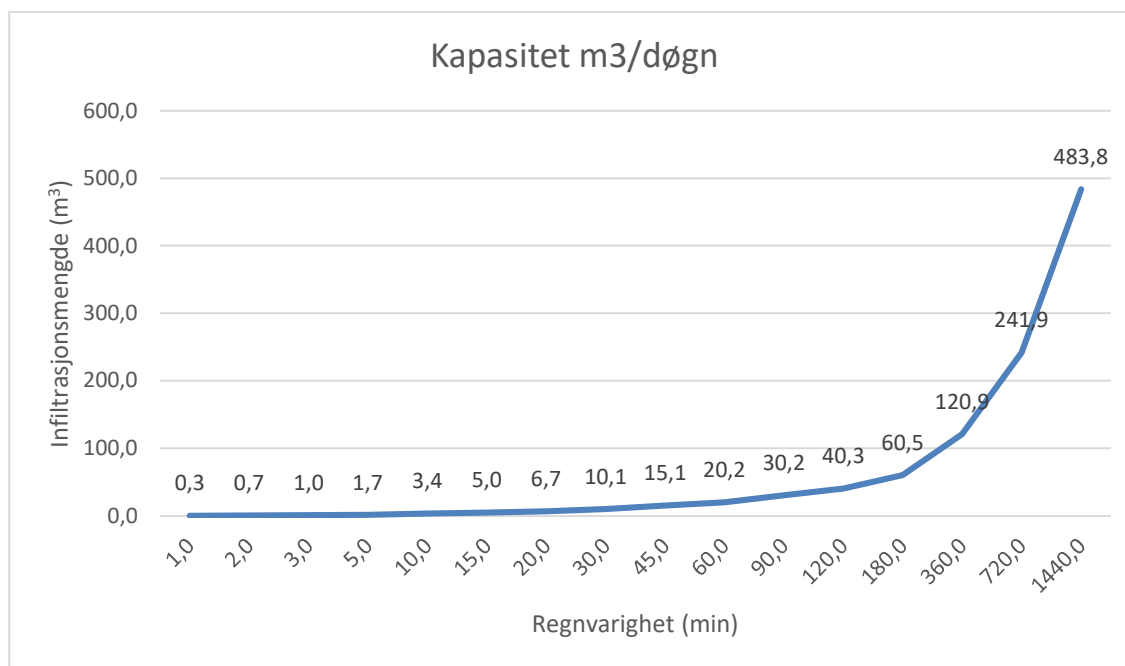
Figur 74: Graf som viser avrenning m³ i regnperioden 1-1440 min.

6.5.4 Infiltrasjonsgrøft sone 1 og 2

Beskrivelse av resultater for infiltrasjonsgrøft er tilsvarende som alternativ 1. Derfor henvises det til kapittel 6.4.4 og vedlegg 2d. for videre utdypelse og resultat.

Tabell 27: Variablene tilknyttet kapasitet for infiltrasjonsgrøft.

Infiltrasjonsgrøft tilknyttet sone 1, 2 og 3.		
Jordmassens hydrauliske kapasitet (k)	1,5	m/døgn
Infiltrerbare masser (M)	1	m
Utstrømningsområdet (L)	107	m
Helning (I)	3	%



Figur 75: Infiltrasjonsmengde gitt regnperioden 1-1440 min.

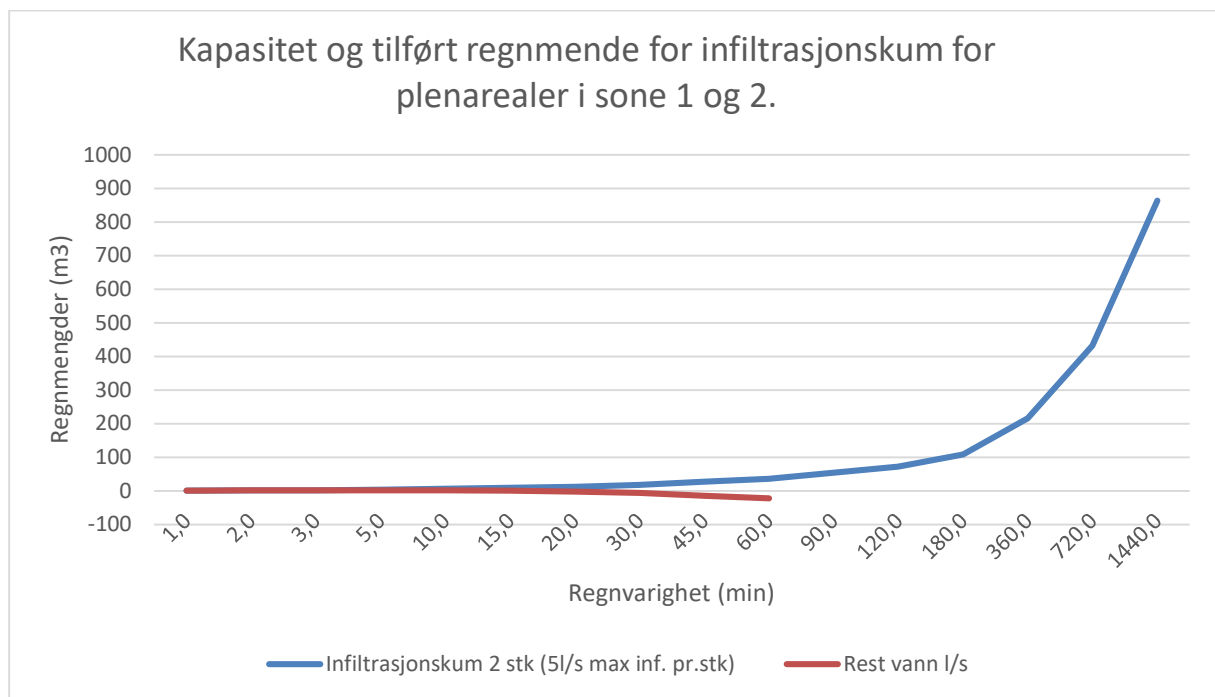
6.5.5 Infiltrasjonskummer sone 1 og 2

I kombinasjon med infiltrasjonsgrøft er det som et tiltak satt inn sandfang som fungerer som infiltrasjonskummer i grøfteområdene. Ved beregning er det antatt plassering av to stykk infiltrasjonskummer hvorav plassering er illustrert i overvannsplan, kapittel 6.5.8. Under er variablene benyttet for å beregne infiltrasjonskummenes infiltrasjonskapasitet angitt.

Tabell 28: Variabler tilknyttet beregning av kapasitet for infiltrasjonskum og beregning av avrenning for arealet.

Infiltrasjonskummer sone 1 og 2		
Mål kum	DN1000x500	mm
Infiltrasjonskapasitet	5	l/s
Antall kummer	2	stk
Avrenningsareal	2884	m ²
Avrenningskoeffisient	0,1	-

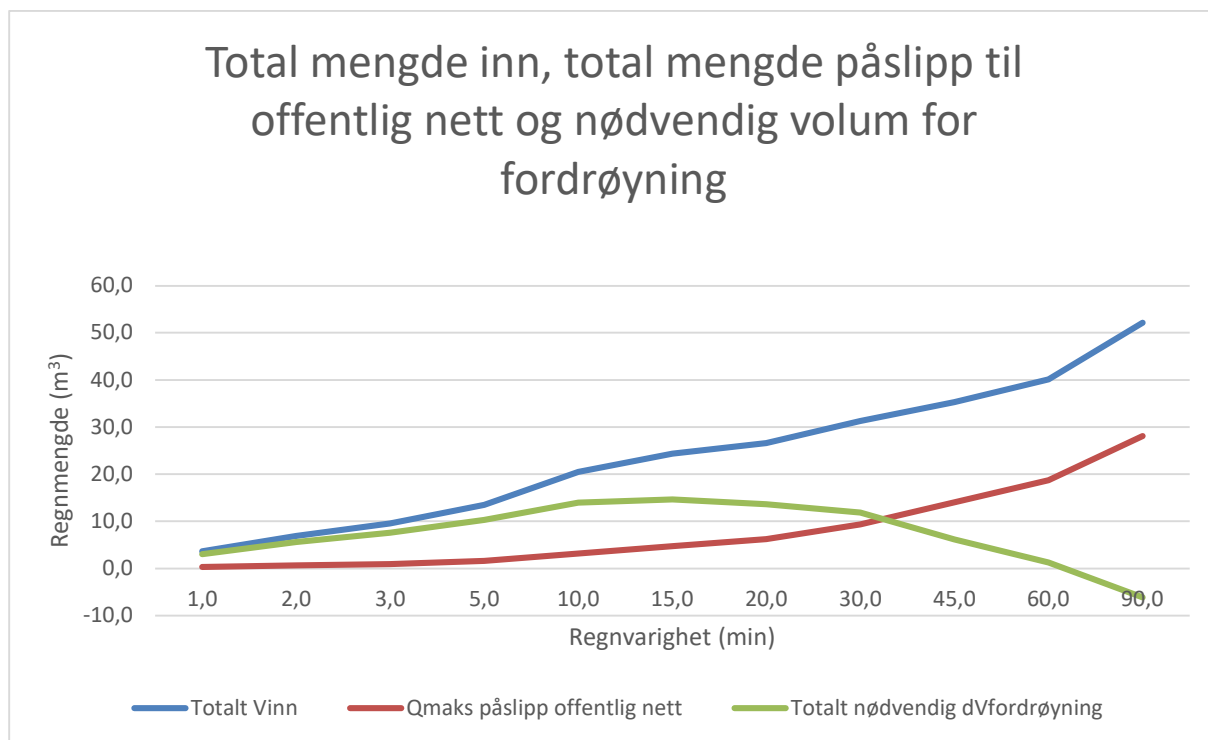
Beregninger vedlagt i vedlegg 2e. og illustrert i figur 77 er infiltrasjonsmengden for to stykk infiltrasjonskummer med satt kapasitet per stykk på 5 l/s illustrert. Her kan en se at for en 50 års-returperiode vil kummen kun ha problemer med å infiltrere mengder i perioden 1-15 minutter. Deretter vil kummens infiltrasjonskapasitet overgå tilført regnmengde fra varighet 15-1440 minutter. I dette eksempelet er kun plenarealer for sone 1 og 2 tatt med.



Figur 76: Infiltrasjonskapasitet gitt to stk infiltrasjonskum med kapasitet 5 l/s pr. stykk med tilførte vannmengder fra plenarealer sone 1 og 2 for 50års- returperiode.

6.5.6 Totalvurdering

Beregninger vedlagt i vedlegg 2f og illustrert under i figur 78 kan en se volumet inn at nødvendig magasinivolum har et maksimalt nivå ved regnvarighet 15 min. Her beregnes maksimalt volum på magasin til 14,6 m³ før regnvolumet avtar med tiden og slippes på kommunens ledningsnett.



Figur 77: Oversikt over beregnet vann etter infiltrasjon, maksimale påslippmengder og nødvendig magasinivolum.

De totale mengdene $Q_{\text{maks, påslipp}}$, totalt V_{inn} og totalt magasineringsvolum for regnvarhiten 90 min er presentert i sin helhet i tabell 29.

Tabell 29 Totalt magasineringsvolum

Totalt magasineringsvolum		
Regnvarighet max V	15	min
Dnødvendig magasinivolum	14,6	m ³

6.5.7 Flomvei

For dimensjonering av flomvei henvises det til beregninger i vedlegg 5 og beskrivelser oppgitt i alternativ 1, kapittel 6.4.6.

6.5.8 Overvannsplan for alternativ 2

Under i figur 79 er overvannsplanen for tiltenkte løsninger illustrert. Blå piler illustrerer opparbeidet fall i henhold til krav i TEK17. Infiltrasjonskummene er avsatt i plenarealer, men kan ved behov flyttes da eksempelvis i veibane. Fordrøyningsbasseng er anlagt ved parkeringsarealer hvor mulig utløp kan plasseres i sørlig ende. Infiltrasjonsgrøften plasseres som nevnt tidligere imellom sonene hvor tilhørende grønmur plasseres på tomtens østlige side. Bluerooft er her skissert på alle takarealer og viser omfanget for totalt fordrøyningsareal.



Figur 78 Overvannsplan for alternativ 2

6.6 Alternativ 3

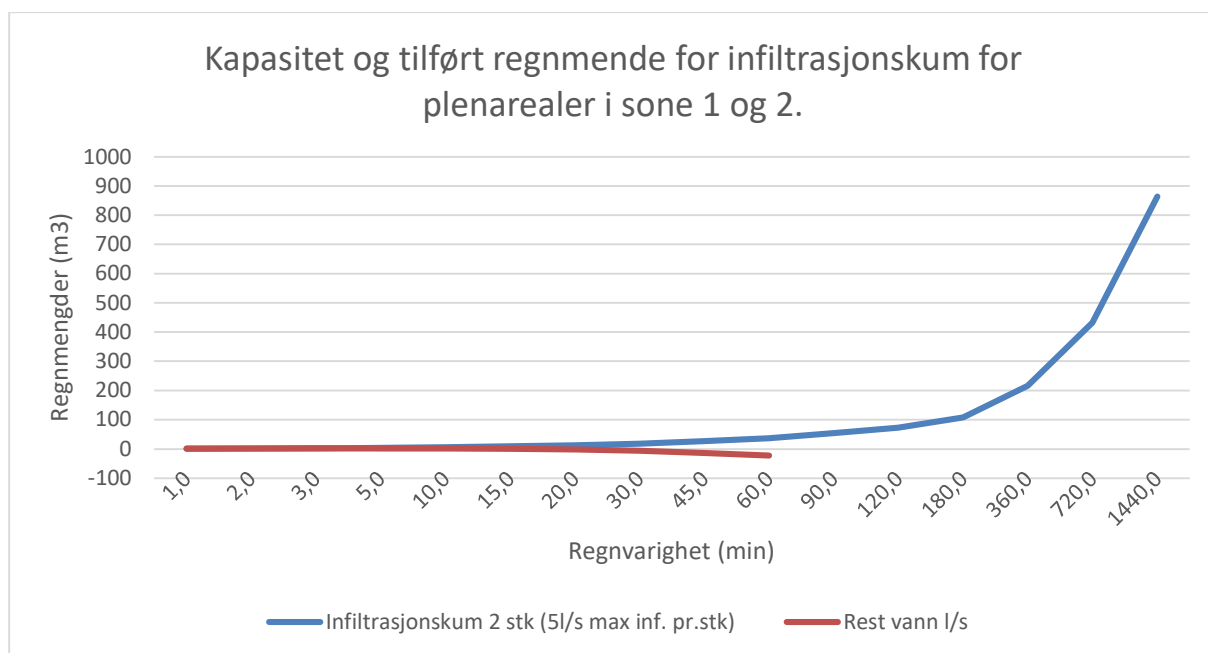
For alternativ 3 er det valgt noe mindre tekniske løsninger. Løsningene som det er utført beregninger på er permeable dekker, infiltrasjonskummer, infiltrasjonsgrøft med tilhørende grønmur og et lukket fordrøyningsmagasin.

6.6.1 Infiltrasjonskummer sone 1 og 2

For sone 1 og 2 er det vurdert å håndtere overvannet for 50-års returperiode på liknende måte som i alternativ 2. Det er ingen endringer i variablene tilknyttet dette, derfor vil variablene bli kort oppsummert i tabell 30 og illustrert ved graf i figur 80. Det henvises til kapittel 6.6.5 og vedlegg 3d for detaljer og beskrivelser.

Tabell 30: Variabler tilknyttet beregning av kapasitet for infiltrasjonskummer og beregning av avrenning for arealet.

Infiltrasjonskummer sone 1 og 2		
Mål kum	DN1000x500	mm
Infiltrasjonskapasitet	5	l/s
Avrenningsareal	2884	m ²
Avrenningskoeffisient	0,1	-



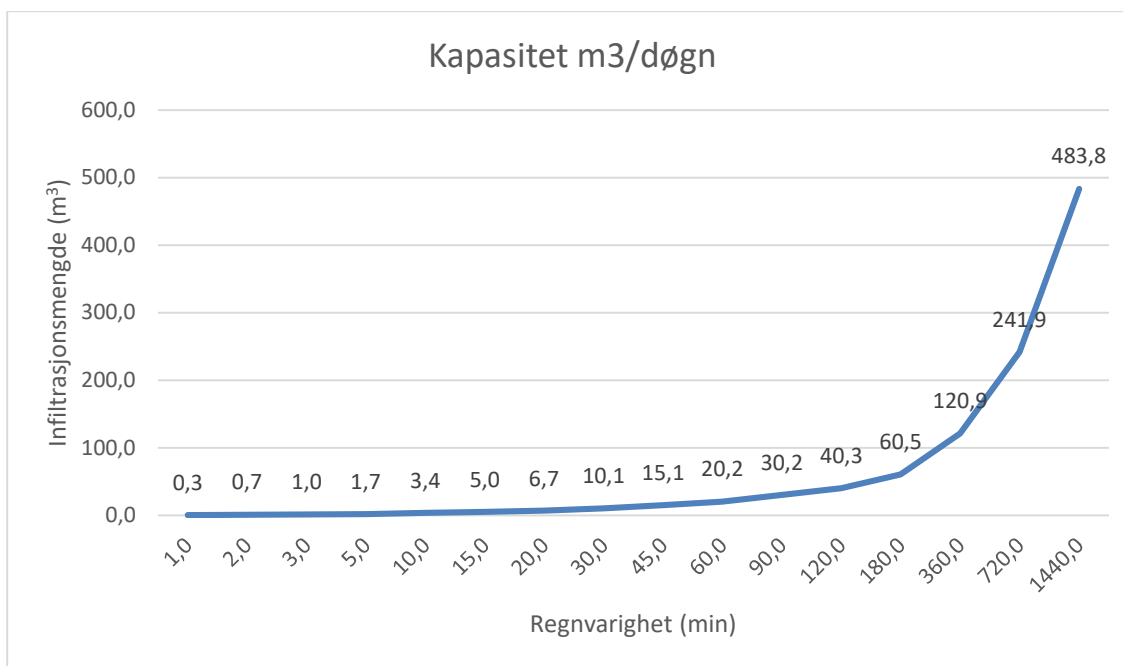
Figur 79: Infiltrasjonskapasitet gitt to stk infiltrasjonskum med kapasitet 5 l/s pr. stykk med tilførte vannmengder fra plenarealer sone 1 og 2 for 50års- returperiode.

6.6.2 Infiltrasjonsgrøft

Det er valgt infiltrasjonsgrøft tilknyttet sone 1 og 2 også i dette alternativet. Variablene benyttet er lagt ved tabell 31, men for en mer detaljert beskrivelse henvises det til alternativ 1, kapittel 6.4.4 og vedlegg 1d.

Tabell 31: Variablene tilknyttet kapasitet for infiltrasjonsgrøft.

Infiltrasjonsgrøft tilknyttet sone 1, 2 og 3.		
Jordmassens hydrauliske kapasitet (k)	1,5	m/døgn
Infiltrerbare masser (M)	1	m
Utstrømningsområdet (L)	107	m
Helning (I)	3	%



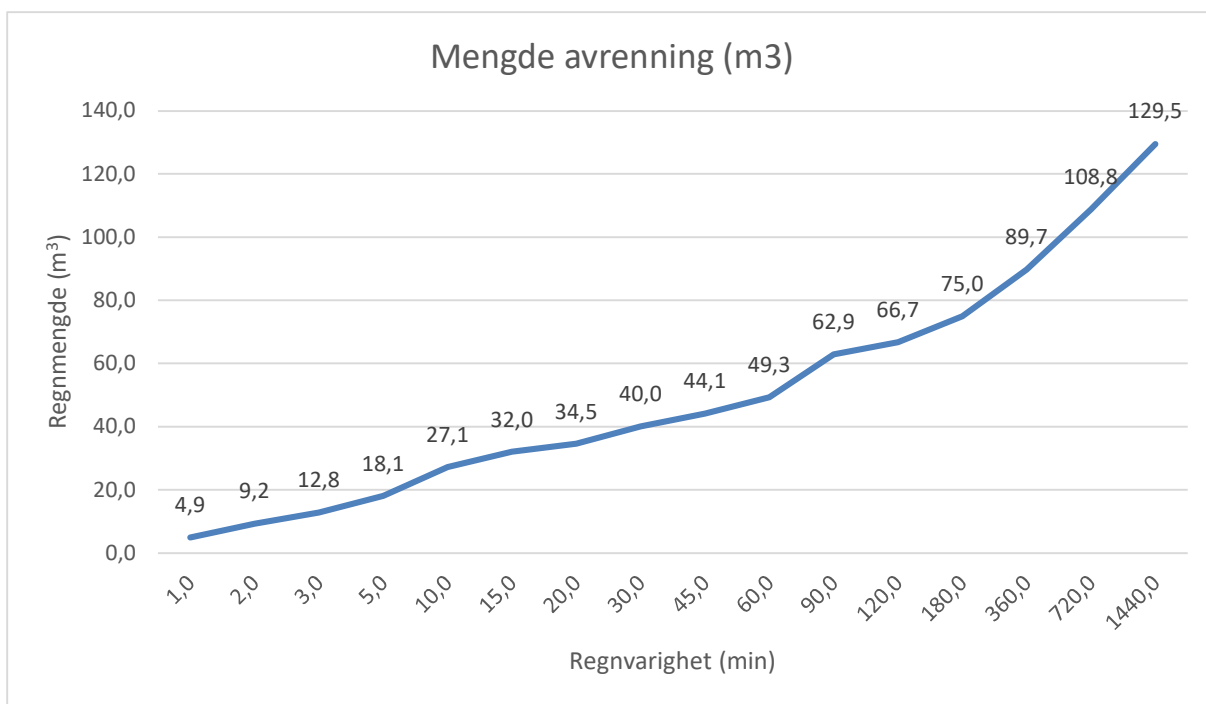
Figur 80: Infiltrasjonsmengde gitt regnperioden 1-1440 min.

6.6.3 Avrenning fra tak sone 1 og 2

I dette alternativet er det ikke sett på noen teknisk løsning for å infiltrere eller fordrøye takvannet noe som betyr at beregnet mengde føres rett til fordrøyningsmagasin, eller fordeles ved de ulike tekniske løsningene. Beregninger er presentert i vedlegg 3a og illustrert i figur 82.

Tabell 32: Variabler ved beregning for avrenning takarealer.

Sone 1 og 2 avrenning tak		
Tak areal	1110,60	m ²
Takareal	0.11106	ha
Av.koeff	0,9	-
Dimensjonerende returperiode IVF-kurve	50års-returperiode	l/s*ha



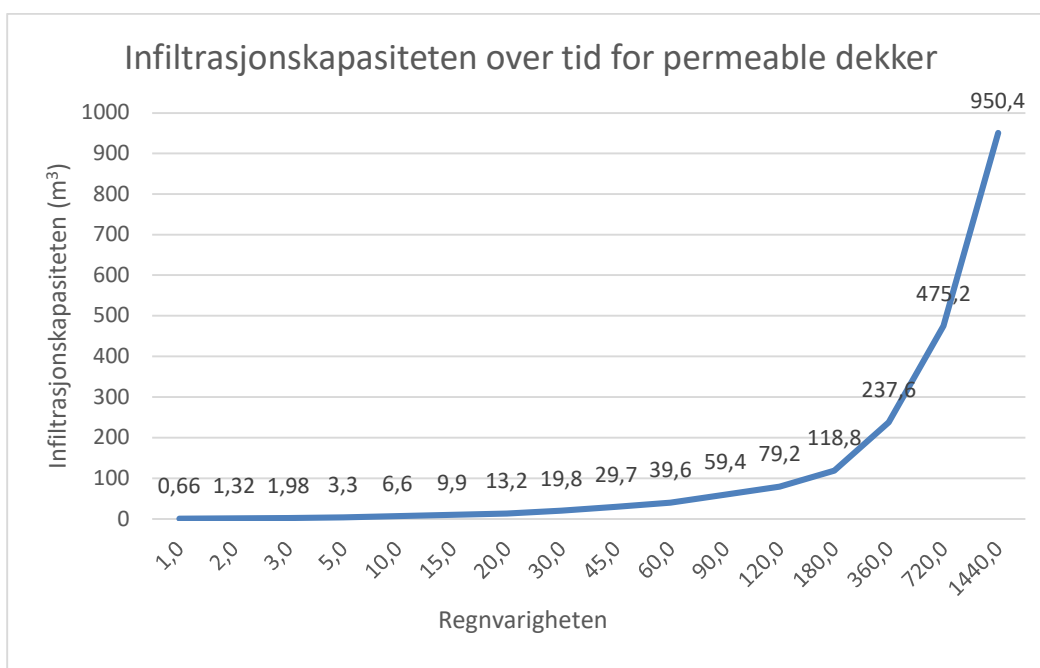
Figur 81: Mengde avrenning gitt over regnvarigheten 1-1440 min ved 50års-returperiode.

6.6.4 Permeable dekker sone 1, 2 og 3

Det er besluttet å legge permeable dekker i form av belegningsstein på gangstier og veiarealer. Totalt areal for belegget er anslått til 550 m² og vil ha en kapasitet på 200 l/s*ha. Dette utgjør en infiltrasjonskapasitet på 11 l/s. Beregningene er gjort uten å inkludere avrenningen fra veiarealer, dette vil bli presentert ved totalvurdering hvor enn ser på systemet som en helhet. Vedlegg 3b viser beregningene for permeable dekker basert på variablene i tabell 33 og er illustrert i figur 83.

Tabell 33: Variabler benyttet ved utregning av infiltrasjonskapasitet. Kilde; (Asak, 2023)

Permeable dekker kapasitet		
Qinf	200	l/s * ha
Areal, belegg	550	m ²
Areal, belegg	0.055	ha
Qinf	11	l/s



Figur 82: Graf som viser den totale infiltrasjonskapasiteten over de ulike regnvarighetene fra 1-1440 min.

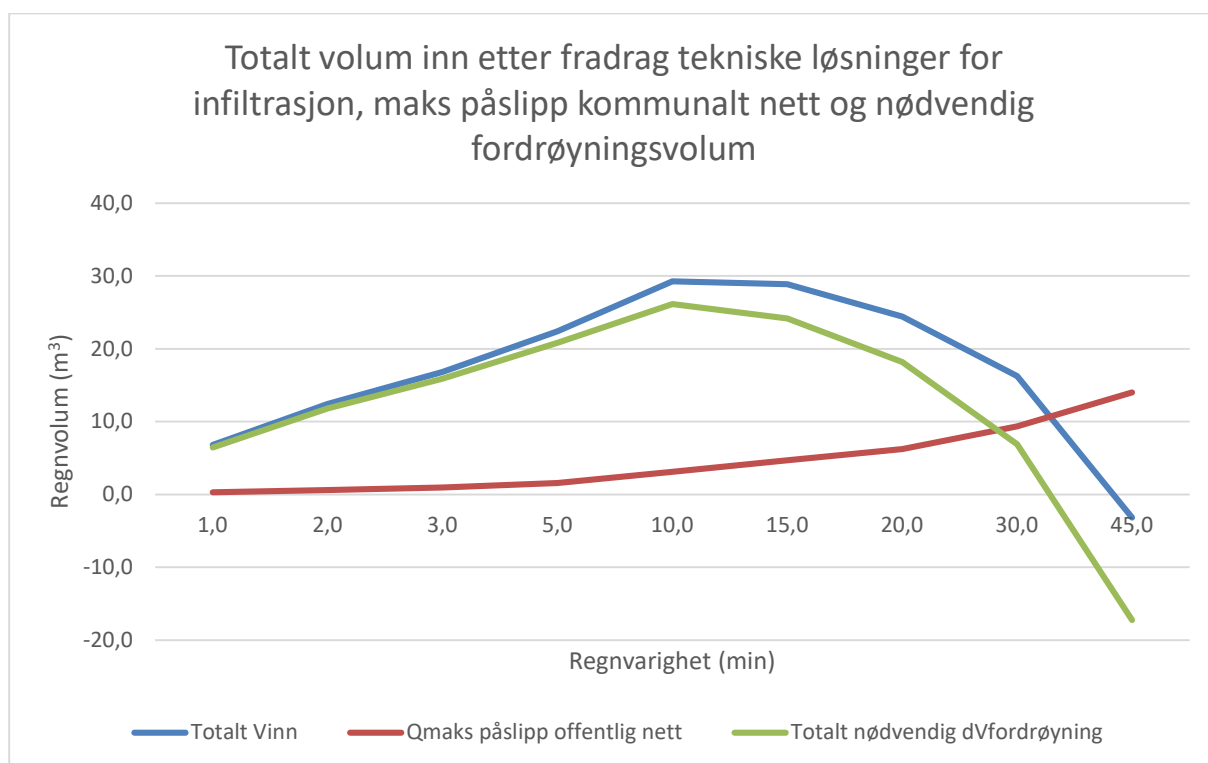
6.6.5 Totalvurdering

Beregningene er vedlagt i vedlegg 3e. og totalresultatene er presentert i tabell 34 under. Her vises de totalt beregnede verdiene for tilført regnmengde over området og resulterende fordrøyningsvolum ved en 50års-returperiode for regnhendelsen. Største mengde V_{inn} er 30,1 m^3 gitt et maksimalt påslipp på 5,2 l/s vil største dimensjonerende magasinivolum være 25,5 m^3 .

Tabell 34: Beregnede verdier for V_{inn} , Q_{maks} og største magasinivolum.

Totalverdier ved beregninger		
Største mengde V_{inn}	30,1	m^3
Q_{maks} , påslipp	5,2	l/s
Største $dV_{fordrøyning}$	25,5	m^3

Figur 84 viser hvordan den største vannmengden 29,3 m^3 etter infiltrerende løsninger gir et nødvendig fordrøyningsvolum på 26,2 m^3 etter fratrukk for påslipp på kommunalt overvannssystem med mengde 5,2 l/s.



Figur 83: Illustrasjon over totalt volum vann etter infiltrasjonsløsninger og tilhørende nødvendig fordrøyningsvolum på hensyn av maks påslipp kommunalt nett.

6.6.6 Flomvei

For dimensjonering av flomvei henvises det til beregninger i vedlegg 5. og beskrivelser oppgitt i alternativ 1, kapittel 6.4.6

6.6.7 Overvannsplan for alternativ 3

Under i figur 85 er overvannsplanen for tiltenkte løsninger illustrert. Blå piler illustrerer opparbeidet fall i henhold til krav i TEK17. Infiltrasjonskummene er avsatt i plenarealer, men kan ved behov flyttes da eksempelvis i veibane. Fordrøyningsbasseng er anlagt ved parkeringsarealer hvor mulig utløp kan plasseres i sørlig ende. Infiltrasjonsgrøften plasseres som nevnt tidligere imellom sonene hvor tilhørende grønmur plasseres på tomtens østlige side.



Figur 84 Overvannsplan for alternativ 3

6.7 Utslipp og kostnader

Kapitlet under tar for seg pris og utslipp for hvert av løsningene som er presentert i casen. Dette for å se nærmere på bærekraft rundt bygging av de forskjell LOD- tiltakene og sammenligne alternativene opp mot hverandre. Tabellene 35 til 37 estimerer en komplettpris og CO2-eq for hver av LOD – tiltakene. Det skal synliggjøres at prisene og CO2-eq kan variere for tomt til tomt, hvilke masser som finnes på området, transport og andre anleggstekniske årsaker. Prisene og CO2-eq er et overslag fra Morten Ramdahl ved Synergi-1 AS som er byggherre for dette prosjektet.

6.7.1 Alternativ 1

Totalt ligger alternativ 1 på 1,5 millioner der vekstjord, grønmuren og fordrøyningsbassenget som er de dyreste tiltakene for løsningen. For alternativ 1 har total CO2-eq på 20 200 tonn. Her er det i hovedsak vekstjord inkludert arbeid, fordrøyningsbassenget og utløskum fordrøyning som slipper ut mest CO2.

Tabell 35 Oversikt over utslipp og kostnad rundt løsningene 1

	Pris	Enhet	Mengde	CO2-eq pr enhet	Sum pris	Sum CO2-eq tonn
Fordrøyningsbasseng	2 400,00	m3	31,32	102,60	kr 75 168,00	3 213,43
Grønn mur	2 200,00	m2	140,00	5,44	kr 308 000,00	761,60
Infiltrasjonsgrøft	1 400,00	m	107,00	6,28	kr 149 800,00	671,96
Innløpskum fordrøyning	24 000,00	stk	1,00	1558,00	kr 24 000,00	1 558,00
Regnbed	15 000,00	stk	3,00	30,00	kr 45 000,00	90,00
Utløpskum fordrøyning	90 000,00	stk	1,00	8315,00	kr 90 000,00	8 315,00
				Total:	kr 691 968,00	14 609,99

6.7.2 Alternativ 2

For alternativ 2 har også vekstjord og grønnmur som tar de største summene. Det alternativ 2 har i tillegg to kummer som koster 130 000 kr. Dette gjør at total summen blir 100 000 kr mer enn alternativ 1. Når det gjelder CO₂-eq slipper det ut totalt 33 000 tonn CO₂-eq. Det er bluproof løsningen som gjør at utslippet blir merkbart høyere i forhold til de to andre alternativene.

Tabell 36 Utslipp og kostnad rundt løsning 2

	Pris	Enhet	Mengde	CO ₂ -eq pr enhet	Sum pris	Sum CO ₂ -eq tonn
Fordrøyningsbasseng	2 400,00	m ³	14,60	102,60	kr 35 040,00	1 497,96
Grønn mur	2 200,00	m ²	140,00	5,44	kr 308 000,00	761,60
Infiltrasjonsgrøft	1 400,00	m	107,00	6,28	kr 149 800,00	671,96
Innløpskum fordrøyning	24 000,00	stk	1,00	1558,00	kr 24 000,00	1 558,00
Kummer, stk	65 000,00	stk	2,00	200,00	kr 130 000,00	400,00
Tekking	60,00	m ²	822,00	18,00	kr 49 320,00	14 796,00
Tekking oppbrett	359,00	m	40,00	7,00	kr 14 360,00	280,00
Utløpskum fordrøyning	90 000,00	stk	1,00	8315,00	kr 90 000,00	8 315,00
				Total:	kr 800 520,00	28 280,52

6.7.3 Alternativ 3

For siste alternativ ligger totalsummen på 2,4 millioner kroner. Det som utgjør dette andre alternativene fra de to andre er antall kummerne som er på 3 stykk og permeable dekker som har et areal på 550 m². Utslippet ligger på totalt på 28 000 CO₂-eq. De postene som utgjør de største forskjellene er permeable dekke, vekstjord og utløpskum fordrøyning, som til sammen ligger på 21 000 tonn CO₂-eq.

Tabell 37 Utslipp og kostnad rundt løsning 3

	Pris	Enhet	Mengde	CO ₂ -eq pr enhet	Sum pris	Sum CO ₂ -eq tonn
Fordrøyningsbasseng	2 373,00	<i>m3</i>	26,20	102,60	kr 62 172,60	2 688,12
Grønn mur	2 200,00	<i>m2</i>	140,00	5,44	kr 308 000,00	761,60
Infiltrasjonsgrøft	1 400,00	<i>m</i>	107,00	6,28	kr 149 800,00	671,96
Innløpskum fordrøyning	24 000,00	<i>stk</i>	1,00	1558,00	kr 24 000,00	1 558,00
Kummer, stk	65 000,00	<i>stk</i>	2,00	200,00	kr 130 000,00	400,00
Permeable dekker	1 500,00	<i>m2</i>	550,00	17,66	kr 825 000,00	9 713,00
Utløpskum fordrøyning	90 000,00	<i>stk</i>	1,00	8315,00	kr 90 000,00	8 315,00
				Total:	kr 1 588 972,60	24 107,68

7 Diskusjon

I dette kapitlet er det diskutert rundt valg av alternativer, opp mot løsninger, utslipp og pris og til slutt et bærekraftperspektiv rundt FNs bærekraftsmål.

7.1 Valg av alternativer – Teknisk

I dette kapitlet vil de ulike alternativenes tekniske utforming, infiltrasjonskapasitet og det tilhørende fordrøyningsvolum bli diskutert opp mot hverandre. Dette gjøres på grunnlag av presenterte resultater for å danne grunnlaget til konklusjon.

Ut fra beregningene er det allerede i metodekapitlet opplyst om at de ulike LOD-tiltakene kan ha store variasjoner i resultat basert på de ukjente variablene tilknyttet prosjektet. Samtidig er de kjente faktorene i henhold til produsentenes beskrivelse av infiltrasjonsevne på enkelte produkter å anse som reelle da det er medtatt usikkerheter fra produsentens side.

Alternativ 1 er en kombinasjon av infiltrasjonsgrøft med grønnmur, regnbed og fordrøyningsmagasin. Infiltrasjonsgrøften som totalt strekker seg over 107 meter parallelt mellom sonene, kombinert med regnbed plassert innenfor sone 1- og 2 utgjør fordrøyning og infiltrasjon for alternativ 1. Regnbedet i seg selv håndterer vannmengdene for de mer permeable overflatene og takvannet gitt 2-års returperiode, men ved høyere dimensjonerende returperioder viser den svakheter. Svakheterne ved regnbedet går i stor grad på mengden som kan infiltreres før det går i overløp. Dette skyldes i stor grad høy avrenning fra takflater. Regnbed utgjør en estetisk god faktor på tiltakets område hvor en i større grad kan dra inn naturgjennkjennelige faktorer med beplantning og et levende vannspill. Ulempen er at dette krever en del overflateareal og bør derfor planlegges godt i utformingen av grøntareal.

Infiltrasjonsgrøft med tilhørende grønnmur er også gjentakende i de andre alternativene. Grøften er et godt tiltak da det skaper en naturlig infiltrasjonssone. Dette vil fungere godt som et avskjærende tiltak for de resterende vannmengdene som går i overløp fra regnbedet. Anleggelse av infiltrasjonsgrøften vil også kreve noe mindre arbeid da det må anlegges veitrase til boenhetene. Grønnmuren er i dette tilfellet en erstatning av andre ordinære løsninger som eksempel betong eller granittmur. Denne vil være koblet sammen med

infiltrasjonsgrøften. Grønnmuren er sammensatt av torv og blir sådd, noe som gjør at den benytter vann som vekstmedium. Samtidig innehar torv isolasjonsegenskaper, dette gjør at massene bak muren kan anses frostfrie deler av året. (Hallingtorv, 2022).

Med løsningene nevnt ovenfor vil det nødvendige fordrøyningsvolum være $31,3 \text{ m}^3$. Dette er medregnet et konstant utslipp til kommunalt ledningsnett på $5,2 \text{ l/s}$. Eksempelvis ville dette gitt oss en størrelse for bredde * lengde * høyde på $3 \times 1,5 \times 7$ meter. Plasseringen av fordrøyningsmagasin var tiltenkt veibanen ved parkeringsplasser. Dette vil kreve store utskiftninger og tilkjøring av rene tilbakefyllingsmasser og være et fordyrende element i LOD-strategien.

Alternativ 2 utgjør en kombinasjon av infiltrasjonsgrøft med grønmur, Blueproof, infiltrasjonskummer og fordrøyningsmagasin. Her går mange av de samme refleksjonene og diskusjonspunktene rundt infiltrasjonsgrøft med grønmur igjen. Derfor henvises det til diskusjon rundt dette i alternativ 1.

Infiltrasjonskummer anses som en god løsning i tiltaket, da den kombinert med å fungere som et sandfag også har infiltrasjonsmulighet. Kummene i dette alternativet tar for seg vannmengdene fra plenarealer og viser ledig kapasitet allerede etter 15 minutter. Dette gir tilpasningsmuligheter ved og kunne endre vannføring fra de andre LOD-løsningene og tilføre kummen større vannmengder. Infiltrasjonskummen tar arealmessig lite plass og volumet vil i stor grad være skjult under bakkenivå, dette gjør den lett å plassere i tiltaket uten større merkostnader. Ved dimensjonering er det betryggende at produsenten har kjente verdier for infiltrasjonskapasitet, dette gjør kun den hydrauliske kapasiteten til områdets fyllingsmasser til den ukjente variabelen.

Bluerooft er i alternativ 2 noe som skiller seg ut fra de andre alternativene. Det foreligger i redegjørelsen at takarealene skal være flate og benyttes som takterrasse. Slik kan takarealet kombinert med terrasse benyttes som en integrert overvannsløsning, noe som vil gi høy nytteverdi for arealet. Takarealer er tette flater som gir høy avrenning ved regnvær, derfor vil en fordrøynning av disse mengdene være positivt. Med en kontrollert utløpsmengde på $0,3 \text{ l/s}$ vil regnmengden fordeles ut over regnvarigheten, dette bidrar til å redusere nødvendig fordrøyningsvolum.

Med løsningene nevnt for alternativ 2 vil det nødvendige fordrøyningsvolum bli 14,6 m³. Dette også medregnet et konstant utslipp til kommunalt ledningsnett på 5,2 l/s. Eksempelvis ville dette gitt oss en størrelse for bredde * lengde * høyde på 3x1x5 meter. Plasseringen av fordrøyningsmagasin i dette alternativet var også tiltenkt i veibanen ved parkeringsplassene. Sammenliknet med alternativ 1 er volumet nesten halvert. Den største årsaken til dette antar enn kommer fra Bluroof løsningen. Ved dette unngår enn store regnmengder i startperioden av nedbøren og fordeler regnmengden ut over en lengre periode. Infiltrasjonskummenes kapasitet gir lite tilføring av overvann fra de permeable arealene kombinert med infiltrasjonsgrøft og mur. Derfor står arealet i sone 3 for den største tilførte mengden av overvann som gir utslag på nødvendig fordrøyningsareal.

Alternativ 3 utgjør en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønnmur, infiltrasjonskummer, permeable dekker og fordrøyningsmagasin. For infiltrasjongrøft med grønnmur og infiltrasjonskummer henvises til diskusjon nevnt for alternativ 1 og 2.

For permeable dekker gir produsentens tekniske beskrivelse en betraktelig høyere infiltrasjonsevne enn hva som er benyttet i oppgaven. Dette gir benyttet variabel for tiltakets beregninger større sikkerhet som ivaretar produktets levetid.

Nødvendig fordrøyningsvolum i alternativ 3 ender opp på 26,2 m³ etter regnvarigheten 10 minutter. Sammenliknet med alternativ 1 kan enn se at ved å håndtere det tette veiarealet, reduseres nødvendig fordrøyningsvolum betraktelig. I alternativ 3 vil de største tilførte mengdene komme fra takarealene.

7.2 Utslipp og pris

I dette kapittelet vil resultatene basert på utregninger av pris og utslipp bli benyttet for å diskutere fordeler og ulemper opp mot valg av LOD-tiltak. Prisene som nevnt tidligere er et estimat og kan avvike fra reelle verdier, men er tatt med for å sammenligne alternativene mot hverandre.

7.2.1 Utslipp

I dette underkapittelet vil løsningene i de forskjellige alternativene bli diskutert i henhold til utslipp.

Alternativ 1 som er en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønmur, regnbed og fordrøyningsmagasin har et totalt utslipp på 14 609 CO₂-eq. Her bidrar infiltrasjongrøft med grønmur 1433CO₂-eq, regnbed med 90 CO₂-eq og fordrøyningsmagasin med 13086 CO₂-eq.

Alternativ 2 utgjør en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønmur, Blueproof, infiltrasjonskummer og fordrøyningsmagasin har et totalt utslipp på 28 280 CO₂-eq. Her utgjør infiltrasjongrøft med grønmur 1433 CO₂-eq, Blueproof med 15 076, infiltrasjonskummer med 400 CO₂-eq og fordrøyningsmagasinet med 11 370 CO₂-eq.

Alternativ 3 utgjør en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønmur, infiltrasjonskummer, permeable dekker og fordrøyningsmagasin med et totalt utslipp på 24 107 CO₂-eq. Her utgjør infiltrasjongrøft med grønmur 1433, infiltrasjonskummer med 400, permeable dekker med 9713 CO₂-eq og fordrøyningsmagasinet med 12 561 CO₂-eq.

Det er her tydelig at av de overnevnte alternativene er det de produserte løsninger som fordrøyningsmagasin, permeable dekker, kummer og Blueproof som utgjør de største CO₂ utslippene. Sammenliknet med de naturlige løsningene som regnbed, infiltrasjongrøft og grønmur kan enn se at utslippene er betydelig lavere.

Dette kan skyldes at ved opparbeidelse av de naturlige løsningene er det i større grad stedlige tilpasninger av naturlig materiell som blir benyttet. I stor grad er produktene også levende noe som vil påvirke CO₂ utslippene i positiv grad sammenliknet med de produserte produktene.

De produserte løsningene vil til sammenlikning være produsert et annet sted av sammensatt materiell noe som legger til flere utslippsposter.

Valg av torv grønmur og infiltrasjongrøft som løsning gjør at enn også ekskluderer bruk av andre produkter. Ved og samtidig kunne inkluderer muligheten for infiltrasjon i tilbakefyllingsmasser vil muren få et flerbruksområde. Grønnmurens egenskaper for gjenbruk av stedlige masser gir også et redusert utslipp da en slipper transport.

7.2.2 Pris

I dette underkapittelet vil løsningene i de forskjellige alternativene bli diskutert i henhold til pris.

Alternativ 1 utgjør en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønmur, regnbed og fordrøyningsmagasin har en antatt total kostnad på 691 968kr. Her utgjør infiltrasjongrøft med grønmur 457 800kr, regnbed med 45 000kr og fordrøyningsmagasin 189 168kr

Alternativ 2 utgjør en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønmur, Blueproof, infiltrasjonskummer og fordrøyningsmagasin har en antatt total kostnad på 800 520kr. Her utgjør infiltrasjongrøft med grønmur 457 800kr, Blueproof med 63 680kr, infiltrasjonskummer med 130 000kr og fordrøyningsmagasin 149 040kr.

Alternativ 3 utgjør en kombinasjon av infiltrasjongrøft med grønmur, infiltrasjonskummer, permeable dekker og fordrøyningsmagasin og har en antatt total kostnad på 1 588 972kr. Her utgjør infiltrasjongrøft med grønmur 457 800kr, infiltrasjonskummer 130 000kr, permeable dekker 825 000 og fordrøyningsmagasin 176 172kr.

Ut fra de tre presentert alternativene er det to naturlige løsninger som er vurdert. Den første er grønmur med tilhørende infiltrasjongrøft, denne er også tatt med i de tre alternativene. Dette fordi muren uansett vil bli anlagt på tomten og er inkludert som et LOD-tiltak. Det er samtidig viktig å ikke ekskludere denne i beregningen da alternativet ville vært et annet produkt med tilsvarende eller høyere kostnad uten tilsvarende infiltrasjonsevne. Den andre naturlige løsningen er regnbed. Denne har et naturlig preg over seg og passer godt inn i et hagemiljø. Løsningen har en pris i nedre del av prissjiktet sammenlignet med de andre tiltakene. Dette gjør at løsningen er veldig aktuelt og rimelig for en eiendomstomt. Regnbed krever i motsetning til andre løsninger mer overflateareal enn andre tiltak, noe som kan være negativt.

Ut fra de tre presenterte alternativene er det fire produserte løsninger som er vurdert som alternativer for tiltaket. Blueroof er tatt med som et alternativ da det er oppgitt at takarealene er flate. Ved å benytte seg av denne løsningen tilfaller kun en ekstrakostnad for arbeider tilknyttet tekking av tak. Dette er et positivt bidrag om takarealer ikke blir benyttet til noe. I tiltaket er det presentert at takarealene skal benyttes som takterrasse noe som kan frafalle om løsningene ikke kan benyttes sammen.

Infiltrasjonskum er et alternativ som kombinert med å fungere som et sandfang også kan infiltrere vann. Dette gjør at enn kan kombinere to ulike egenskaper som behøves i et slikt prosjekt. Prisene angitt for denne løsningen er ikke i stor grad varierende fra normale priser for sandfang og kumdeler.

Permeable dekker er den definitivt høyeste prisposten i alternativet. Permeable dekker har en høy pris da det behøver god masseoppbygning og fundamentering. Samtidig tilfredsstiller den et bruksbehov da den erstatter asfalterte arealer kombinert med høy funksjonsytelse for infiltrering.

Fordrøyningsmagasin er i de presenterte alternativene den posten med størst variasjon. Prisen for denne tekniske løsningen er basert på volumberegninger i form av nødvendig fordrøyningsvolum. Derfor vil alle løsninger som bidrar til å senke avrenning og bidra til infiltrering direkte påvirke totalkostnaden. I tillegg til selve magasinet kreves det to typer kummer; innløpskum- og utløpskum. Disse varierer lite i pris, men utgjør en stor del av prisestimatet.

7.3 Bærekraft

Gjennom å bruke FNs bærekraftsmål på en aktiv måte slik som Enebakk kommune, bidrar dette med å skape et bærekraftig samfunn der mennesker og naturen er i fokus. LOD-tiltakene bidrar til å skape et biologisk mangfold for nærområdet, samt en fremtidsrettet overvannshåndtering.

Bærekraftsmål nummer 14 - Livet i havet og 15 - Livet på land, blir ivaretatt gjennom LOD-tiltak som regnbed, grønmur og gressareal. Disse løsningene gjenspeiler naturen i mindre skala og støtter det biologiske mangfoldet. For bærekraftsmål nummer 11 - Bærekraftige byer

og lokalsamfunn, vil det gjennom blågrønne LOD- tiltak være med å skape pusterom i et ensfarget bysentrum. Dette er viktig for biologisk mangfold, men også fysisk og psykisk helse for innbyggere som bor i området. Ved bruk av naturlige løsninger reduseres utslippene betraktelig i sammenlikning med produserte løsninger. Samtidig ser enn at disse tiltakene er noe mer arealkrevende enn andre lukkede løsninger.

Bærekraftsmål nummer 9 – infrastruktur blir i stor grad oppnådd da enn ved bruken av LOD- tiltak begrenser overvannsmengder fra tiltakets areal. Med dette reduserer påslipp av overvann på ledningsnett og bidrar til å redusere belastningen på ledningsnett. Samtidig er utførelsen av LOD-tiltak på denne eiendommen et lite bidrag sett i sammenheng med antall påkoblede enheter.

FNs bærekraftsmål nummer 17 – Samarbeid kan anses som å være en av de viktigste målene. Uten dette er det vanskelig å oppnå noen av de resterende målene nevnt ovenfor. Med tilhørende lovverk og veiledere får en tidlig dannet retningslinjer fra et overordnet nivå. Kommunikasjon og informasjonsflyten mellom kommune, byggherre, utførende og det tverrfaglige miljøet innenfor vann- og avløpsfaget er særdeles viktig for å oppnå gode resultater rettet mot bærekraft. Tiltaket tilfredsstiller føringene kommunen har, og forventningene byggherre har til å være innovativ og fremtidsrettet.

Samfunnets fokus på bærekraft og stadig strengere retningslinjer gjør det lettere for utførende å tenke bærekraftige løsninger etter som staten og kommunen fremmer og oppfordrer til bærekraftig tenking. Dette medfører redusert utslipp og kostnad samt nytenkning innenfor vann- og avløpsfaget.

7.4 Metodekritikk

Ved bruk av de ulike metodene er det flere ting som kan påvirke resultatet i stor eller liten grad.

For beregning av avrenning er det ikke oppgitt konkret mengde areal av tette flater. Dette betyr at verdiene medtatt i beregningen kan variere, noe som vil gi utslag for både kapasitet og størrelse for de ulike løsningene. Infiltrasjonsresultatene kan inneha betydelige variasjoner i kapasitet og mengde, da det ikke er foretatt noen tester for dette.

Ved beregning av infiltrasjonsgrøft er det medtatt at enn også kan benytte murens lengde som infiltrasjonssone. Om dette ved en senere anledning viser seg og ikke være mulig å gjennomføre vil det kunne gi store utslag for tilførte overvannsmengder på de andre tekniske løsningene.

Samtidig er variabler knyttet til infiltrasjonsberegning hentet fra litteratur hvor studier viser til forskjellige referanseverdier. Disse er ikke spesifikt knyttet opp mot dette tiltaket og kan ved utførelse av infiltrasjonstester vise variasjoner mot den benyttede verdien.

Ved bruk av litteratur og fagblader utarbeidet av vann- og avløpsmiljøet kan det forekomme feiltolkninger av metodikken beskrevet. Dette kan direkte gi feil i utregninger og resultatene.

8 Konklusjon

Vi står ovenfor klimaendringer som vil påvirke måten enn håndterer overvannet på. Med hyppigere og mer intense regnbyger er det nødvendig å stille krav til bruk av LOD-løsninger. Dette må gjøres for å redusere belastningen på kommunalt ledningsnett.

Om en sammenlikner alternativene viste de stor variasjon i nødvendig fordrøyningsvolum. Alternativ 1 hadde nødvendig fordrøyningsvolum på 31.3, alternativ 2 14.6 og alternativ 3 25.5. Dette kan ses i sammenheng med at alternativ 2 og 3 har løsninger som håndterer de tetteste flatene som tak og vei. Ved å benytte løsninger som fordrøyer eller infiltrerer disse vil nødvendig fordrøyningsvolum falle markant.

En optimal og anbefalt løsning vil være å benytte permeable dekker for deler veitrase, Blueroof, regnbed og infiltrasjonsgrøft med tilhørende grønnmur. Ved å fordrøye vannmengdene fra takarealet over en lengre varighet, vil en kunne forme de andre tiltakene til å håndtere tilført vannmengde. Permeable dekker vil i veiarealene ha kapasitet til å håndtere regnmengder for alle returperioder i henhold til opplyst kapasitet. Anleggelse av infiltrasjonsgrøft og grønnmur ses som et positivt tiltak og sikkerhet da det allerede skal anlegges støttemur på området.

Den økonomiske sammenhengen mellom produserte og naturlige løsninger er stor. Ved å benytte stedstilpassede naturlige løsninger vil en minske volumet av produserte løsninger. Dette gir en god totaløkonomi for LOD-løsningene og mulighet for byggherre å implementere dette i større grad, uten stor belastning for prosjektøkonomien. Det er også stor variasjon i pris for de produserte produktene, derfor er det viktig å utnytte egenskapene til tiltaket på best mulig måte. Til sammenlikning ved å benytte Blueroof og infiltrasjonsgrøften utgjør dette en liten kostnad, da det allerede skal anlegges flate tak og støttemur.

Knyttet til regelverket legges det opp til av kommunen å velge bærekraftige alternativer i form av håndtering av lokalt overvann. Samtidig har byggherre et overordnet ansvar til å finne løsninger som også påvirker miljøet minimalt. Ved å benytte naturlige løsninger i størst mulig grad vil en kunne redusere utslipp og bruken av produserte produkter.

9 Videre arbeid

Med tanke på oppgavens begrensninger og rammer legges det opp til videre arbeid for å helhetlig kunne gi en sikker løsning. Som nevnt i metodekritikk er det usikkerheter knyttet til infiltrasjonspotensialet på tomten. Ved å utføre tester i området og med ulike oppbygninger av masser kunne den hydrauliske kapasiteten blitt benyttet til å ettergå og justere beregningene gjort i denne oppgaven.

Samtidig kunne oppgavens rammer gitt muligheten til å teste ut ulike LOD-løsninger som ikke har blitt benyttet i oppgaven opp mot de tradisjonelle løsningene.

Ved beregning av pris på de ulike løsningene er det i denne oppgaven tatt utgangspunkt i oppgitte avrundede kostnader. Her kunne det vært utarbeidet et mer nøyaktig estimat som tar for seg flere arbeidsprosesser.

For bærekraft er det tatt utgangspunkt i oppgitte verdier funnet tilknyttet produktene. Om disse verdiene kun tar for seg en del av prosessen for å produsere produktet eller om hele livssyklusen blir analysert vites ikke. Derfor kunne enn utført en LCA studie basert på å kartlegge miljøpåvirkningen og utslipp i en mer detaljert grad.

10 Referanser

- Aksheim, S. (2022). *Store norske leksikon*. Hentet April 26, 2023 fra <https://snl.no/Enebakk>
- Alan, P.-M. (2017). *Blågrønne overvannsløsninger for Lindelia bo- og behandlingssenter*. Oslo.
- Asak. (2023). *Permeable dekker*. Hentet Mai 18, 2023 fra <https://www.asak.no/Offentlig-uterom/Permeable-dekker>
- Asplan viak. (2019). *Gateprosjekt fornying av innherredsveien- Overvannsplan*. Statens vegvesen.
- Basal. (2022, Januar 1). *Permakum*. Hentet Mai 18, 2023 fra <https://www.basal.no/produkter/permakum-2/>
- Bjørnevik, A. (2020). *Ekstremvær og naturkatastrofer*. Hentet Mai 04, 2023 fra <https://www.sofalearning.no/geografi/v%C3%A6r-og-klima/ekstremv%C3%A6r-og-naturkatastrofer>
- Braskerud, B., & Paus, K. H. (2016). *Regnbed for lokal flomdemping*. Oslo: Oslo kommune.
- Braskerud, B., & Storemyr, H. (2016). *Blågrønne overvannsløsninger*. Oslo: Oslo kommune.
- Direktoratet for byggkvali. (2023, februar 23). *TEK17*. Hentet Mai 9, 2023 fra § 7-2 sikkerhet mot flom og storflo: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-2>
- Direktoratet for byggkvalitet . (2017). *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Hentet Mai 5, 2023 fra <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17>
- Dyrrdal, A. V., & Førland, E. J. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier*. Norsk klimaservicsenter.
- Enebakk kommune. (2015, Desember 7). *Bestemmelser og retningslinjer til kommuneplanens arealdel 2015-2027*. Hentet Mai 6, 2023 fra <https://www.enebakk.kommune.no/tjenester/plan-bygg-og-eiendom/planer/kommuneplan/kommuneplan/>
- Enebakk Kommune. (2015). *Kommuneplanens arealdel - Enebakk kommune*. Ytre Enebakk: Enebakk kommune.
- Enebakk kommune. (2022). *Geodata Origo karttjeneste*. Hentet Mai 8, 2023 fra <https://enebakk.custompublish.com/kartportal.379409.no.html>
- Enebakk kommune. (2023). *Kommuneplanens samfunnsdel*. Ytre Enebakk: Enebakk kommune.

- Enebakk kommune, Teknikks avdeling. (2020). *Norm og veileder for overvannshåndtering*. Enebakk: Enebakk kommune.
- FN- sambandet. (2023). *15. livet på land*. Hentet April 21, 2023 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-paa-land>
- FN-sambandet. (2023). *17. Samarbeid for å nå målene*. Hentet April 21, 2023 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/samarbeid-for-aa-naa-maalene>
- FN-sambandet. (2023). *9. industri, innovasjon og infrastruktur*. Hentet April 21, 2023 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur>
- FN-sambandet. (2023). *FNs bærekraftsmål*. Hentet April 26, 2023 fra <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>
- Fremstad, M. Ø. (2021). *Hva er bærekraftig overvannshåndtering, og hvordan kan man undersøke om et overvannstiltak er bærekraftig*. Oslo: Fagfellesvurderte artikler.
- Færeder, K. (2023). *Infiltrasjonssone/ - grøft*. Færder: COWI. Hentet fra https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.tonsberg.kommune.no%2F_f%2Fp1%2Fi4d905e73-c910-4248-8aeb-28ae2d5ab89e%2Ftemablad-03_infiltrasjonssone.pdf&psig=AOvVaw3waLjXYStMvDxw9mwNS8Oa&ust=1677240415171000&source=images&cd=vfe&ved=0CBAQjRxqFwoTCO
- Google maps. (2023). Hentet fra Ytre Enebakk: <https://www.google.com/maps/place/1914+Ytre+Enebakk/@59.7414759,11.0075008,199m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x46415fc169d6c2fb:0xf0ece4bdea5f9c21!8m2!3d59.7288871!4d11.03945!16zL20vMGJrc2gz>
- Google Maps. (2023). *Google maps*. Hentet Mai 06, 2023 fra <https://www.google.com/maps/place/Enebakk/@59.741573,11.0076503,130m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x4641603da997fe67:0x6bad97ea8d1d4d5f!8m2!3d59.7679933!4d11.0733399!16zL20vMDE4NWJ4!5m1!1e4>
- Grønmo, S. (2023). *Store Norske leksikon*. Hentet mars 3, 2023 fra https://snl.no/kvantitativ_metode
- Hallingtorv. (2022). *Grunnmur*. Hallingtorv.
- Hegeman, J. (2023). *Finassentret*. Hentet Mars 3, 2023 fra <https://www.finanssenteret.as/emne/21295/hva-er-litteraturstudie-som-metode>
- Helnor. (2022). *Tilbakeslag av kloakk kosrer samfunnet enorme beløp hvert år*. Hentet Mai 4, 2023 fra <https://helnor.no/tilbakeslag/tilbakeslag-av-kloakk-koster-samfunnet-enorme-belop-hvert-ar>
- Kartlag. (2023). *NVE aktsomhetskart for flom*. Hentet April 26, 2023 fra <https://temakart.nve.no/tema/flomaktsomhet>

- kommune, E. (2011). *Hovedplan Avløp 2012-2021*. Enebakk: COWI.
- Kunøe, C. (2016). *Bygg mesteren*. Hentet April 27, 2023 fra <https://byggmesteren.as/2016/11/07/ny-taklosning-mot-ekstremregn/>
- Lindholm, O. G. (2015). *Overvannsdammer - Beregning av volum*. Hamar: Norsk Vann.
- Lovdata. (2023). *Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven)*. Hentet Mai 6, 2023 fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82#KAPITTEL_7
- Lovdata. (2023). *Plan- og bygningsloven*. Hentet Mai 6, 2023 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- maps, G. (2023). *Maps*. Hentet April 13, 2023 fra <https://www.google.com/maps/place/1914+Ytre+Enebakk/@59.7359506,10.8743418,12198m/data=!3m2!1e3!4b1!4m15!1m8!3m7!1s0x4641603da997fe67:0x6bad97ea8d1d4d5f12sEnebakk!3b1!8m2!3d59.7679933!4d11.0733399!16zL20vMDE4NWJ4!3m5!1s0x46415fc169d6c2fb:0xf0ece4bdea5f9c2>
- Miljø blad. (2012). *Fordrøyning av overvann*. Oslo: Stiftelsen VA/Miljø-blad.
- Miljø blad. (2018). *Håndtering av overvann LOD*. Oslo: VA/ Miljø blad.
- Miljø blad. (2019). *Infiltrasjon av overvann*. miljø blad.
- Miljødirektoratet. (2018). *Klimatilpasning 2018-2022, Strategi og handlingsplan for Miljødirektoratet*. Oslo: Miljødirektoratet.
- Miljødirektoratet. (2023, august 16). *Miljødirektoratet*. Hentet April 26, 2023 fra Overvann: <https://test.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/>
- Miljøstatus. (2023). *Ekstremvær*. Hentet April 21, 2023 fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/Ekstremvar/>
- Myhr, K. (2013). *Dimensjonering og bruk av permeable dekker med belegningsstein*. Oslo: Aaltvedt betong.
- NGU. (2023). *Om NGU*. Hentet Mai 6, 2023 fra <https://www.ngu.no/om-ngu>
- Norges geologiske undersøkelse. (2022). *Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase*. Hentet Mai 5, 2023 fra https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- Norges geologiske undersøkelse. (2022). *Regnbed*. Hentet April 25, 2023 fra <https://www.ngu.no/geologiske-ressurser/regnbed>
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2022). *Kartbasert veileder for reguleringsplan*. Hentet mai 4, 2023 fra <https://nve.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=66271d2e94014aff80fc065a18ad1f50>

- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2023). *Lær om overvann*. Hentet April 21, 2023 fra <https://www.nve.no/naturfare/laer-om-naturfare/laer-om-overvann/>
- Norsk klimaservicesenter. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør*. Oslo: Norsk klimaservicesenter.
- Norsk klimaservicesenter. (2023, Mai 21). *Nedbørsintensitet, IVF- verdier for Ås-Rustadskogen*. Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN17870>
- Norsk vann. (2015). *Miljøblad nr. 69 - Overvannsdammer, beregning av volum*. Hamar: Norsk Vann.
- Norsk vann. (2018). *Rapport 162 - Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Hamar: Norsk vann.
- Norsk vann. (2021). *Lekkasje*. Hentet Mai 3, 2023 fra <https://norskvann.no/ledningsnett-og-teknologi/lekkasjer/>
- Norsk Vann. (2021). *Vann- og avløpsteknikk (2. utg.)*. (H. Ødegaard, Red.) Oslo: Norsk vann.
- Norsk vann. (2022). *Ledningsnett og teknologiutvikling*. Hentet Mai 4, 2023 fra <https://norskvann.no/ledningsnett-og-teknologi/>
- NTNU. (u.d.). *IMRoD- struktur på vitenskapelige tekster*. Hentet Mai 09, 2023 fra <https://i.ntnu.no/oppgaveskriving/imrod-struktur>
- NVE. (2023). *Enebakk kommune*. Hentet April 27, 2023 fra <https://www.nve.no/naturfare/utredning-av-naturfare/flom-og-skredfare-i-din-kommune/faresonekart-kommuner/viken/enebakk-kommune/>
- Otnes, H., Trengereid, F., & Storset, K. (1997). *Årsrapport for Norges vassdrag- og energiverks*. NVG.
- Paus, K. H. (2013). *Overvann og mere overvann*. Oslo: Miljødirektoratet.
- Paus, K. H. (2018). *Tre- trinns strategien og dimensjonering i praksis*. Oslo: Asplan Viak.
- Paus, K. H. (2019). *Tolkning av tre-trinnsstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering*. Sandvika: Asplan Viak.
- Paus, K. H., & Braskerud, B. C. (2013, Januar 1). Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold. *Vannforeningen*, s. 14.
- Paus, K. H., & Braskerud, B. C. (2013). *Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold*. Oslo: Vannforeningen.

- Protan. (2023). *Ekstremvær er den nye normalen*. Hentet April 27, 2023 fra <https://www.protan.no/tak-og-membraner/produkter/overvannshandtering-pa-tak/blueproof-overvannshandtering/>
- Sabima. (2023, Mai 21). *Sabima*. Hentet fra Vann: <https://www.sabima.no/trua-natur/vann/>
- Standard Norge. (2021). *Blågrønn faktor*. Hentet April 25, 2023 fra <https://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/parker-og-grontanlegg/blagronn-faktor/>
- Statens vegvesen . (2014). *N200 - Vegbygging*. Oslo: Vegdirektoratet .
- Statens vegvesen. (2020). *Håndbok V240*. Statens vegvesen.
- Statistisk sentralbyrå. (2023). *Befolkning*. Hentet April 11, 2023 fra <https://www.ssb.no/kommuneareal/enebakk>
- Tømte, A. (2022). *Stopp vannet før det kommer inn*. Hentet Mai 03, 2023 fra <https://www.gjensidige.no/godtforberedt/content/stopp-vannet-for-det-kommer-inn>
- Vannfakta, & Lintho steingmiljø AS. (2021). *Permeable dekker: hvorfor, hva, hvordan og hvor?* Vannfakta.
- Vi i villa. (2019). *Få mer ut av regnvannet med en regnvannstønne*. Hentet Mai 2, 2023 fra <https://viivilla.no/hage/fa-mer-ut-av-regnvannet-med-en-regnvannstonne/>
- Årdal, T. (2022). *Estate*. Hentet April 11, 2023 fra <https://www.estatenyheter.no/magasin/skal-bygge-opp-mot-600-boliger-i-ytre-enebakk/325244>

Vedlegg

Vedlegg 1. Alternativ 1

Vedlegg 1a. Regnbed sone 1

Vedlegg 1b. Regnbed sone 2

Vedlegg 1c. Avrenning sone 3

Vedlegg 1d. Beregning av kapasitet av infiltrasjonsgrøft

Vedlegg 1e. Dimensjonerende fordrøyningsvolum

Vedlegg 2. Alternativ 2

Vedlegg 2a. Blueproof sone 1

Vedlegg 2b. Blueproof sone 2

Vedlegg 2c. Avrenning sone 3

Vedlegg 2d. Beregning av kapasitet av infiltrasjonsgrøft

Vedlegg 2e. Kapasitet sone 1 og 2 infiltrasjonskum

Vedlegg 2f. Nødvendig fordrøyningsvolum

Vedlegg 3. Alternativ 3

Vedlegg 3a. Sone 1 og 2 avrenning

Vedlegg 3b. Avrenning vei

Vedlegg 3c. Infiltrasjonsgrøft kapasitet

Vedlegg 3d. Kapasitet sone 1 og 2 infiltrasjonskum

Vedlegg 3e. Nødvendig fordrøyningsvolum

Vedlegg 4. Utslipp og kostnad

Vedlegg 5. Flomveier

