

Lars Petter Segerstrøm

Overvannsbelastning av stikkledninger og åpen håndtering av overvann

Håndtering av overvann fra tak på stortingsbygningen og eiendommen rundt i regnbed på Eidsvolls plass

Desember 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Fakultet for ingeniørvitenskap

Institutt for vareproduksjon og byggteknikk

Lars Petter Segerstrøm

Overvannsbelastning av stikkledninger og åpen håndtering av overvann

Håndtering av overvann fra tak på stortingsbygningen og
eiendommen rundt i regnbed på Eidsvolls plass

Bacheloroppgave
Desember 2020

NTNU

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.
Fakultet for ingeniørvitenskap
Institutt for vareproduksjon og byggteknikk



Kunnskap for en bedre verden

Oppgavens tittel: Overvannsbelastning av stikkledninger og åpen håndtering av overvann. <i>Håndtering av overvann fra tak på stortingsbygningen og eiendommen rundt i regnbed på Eidsvolls plass.</i>	Dato: 13.12.2020		
	Antall sider: 90 (inkl. vedlegg)		
	Masteroppgave:	Bacheloroppgave	X
Navn: Lars Petter Segerstrøm			
Veileder: Fred Johansen			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/ veiledere:			

Sammendrag:

Klimaendringer gjør at det forventes stadig økende nedbør i Norge og Nord-Europa. Norske myndigheter og kommuner forbereder seg på en økende andel overvann, spesielt i byer og tettsteder. Det er fare for skader på bygninger og infrastruktur om vannet ikke kan håndteres. Det arbeides på flere nivåer for å oppnå en mer klimavennlig og bærekraftig håndtering av overvann. Denne oppgaven ser på hvilken belastning nedbøren som treffer takene til stortingsbygningen i Oslo sentrum gir stikkledningene og hvordan overvannshåndteringen kan løses åpent i regnbed i henhold til Oslo kommunes overvannstrategi og tre-trinns strategien.

I oppgaven beregnes vannmengder fra nedbørfeltet eiendommen utgjør ved hjelp av manuelle metoder. Oppgaven kommer med areal- og volumberegninger for nødvendig regnbed til å håndtere alt overvannet fra eiendommen i tråd med Oslo kommunes overvannsstrategi. Beregninger utføres for å vurdere muligheter for å frakoble alt takvann, som i dag ledes via fellesledninger til renseanlegg og heller håndtere alt overvannet åpent i regnbed. Oppgaven tar utgangspunkt tre-trinns strategien og at nedbør for mindre nedbørhendelser infiltreres og nedbøren fra større nedbørhendelser fordrøyes før påslipp til kommunale ledninger. Nedbørmengder som ikke håndteres i trinn 1 og 2, ledes til trygge og sikre flomveier i trinn 3.

Stikkord:

Overvann
Regnbed
Tre-trinns strategi



Lars Petter Segerstrøm

Abstract

The climate is changing, and society must adapt to the changes. Cities are growing larger and denser, and precipitation must be handled correctly so as not to cause damage to buildings and infrastructure. In the past, surface water has been carried in underground pipes. The condition and dimensions of the pipe network mean that an increase in precipitation can result in great damage on buildings and infrastructure. Deviating surface water can also cause the pollution of vulnerable lakes, rivers and fjords. Today, the municipalities in Norway are working on plans to deal with the increasing amount of surface water that has resulted from the changing climate. This thesis finds out what load increased precipitation from the roofs of the Storting building places on the branch pipes from the building, and how this amount of surface water can be handled open on the property. In addition, the thesis includes the surface water from the outdoor areas in its calculations. Can all the surface water be handled in rain gardens on own property in line with the guidelines from Oslo municipality? The thesis performs manual calculations based on the rational method and performs theoretical calculations to uncover line load measured against maximum capacity. In addition, the required area for rain gardens to handle the surface water openly and locally on own property by means of infiltration and diversion has been calculated. The results show that the load placed on the pipes is high during the current precipitation and that the capacity will not be sufficient during future major precipitation. It will be possible to handle all the surface water openly on the property by converting a little over 10 % of the property's area into rain gardens.

Forord

Denne oppgaven er avslutningen på bachelorprogrammet Bærekraftige byggeprosesser ved NTNU i Gjøvik. Oppgaven skal tilsvare 20 studiepoeng og er gjennomført i perioden september til desember 2020, som deltidsstudier. Temaet i oppgaven er valgt på grunnlag av de utfordringer overvann vil kunne medføre ved dagens nedbørhendelser og anslagene om oftere og mer intense nedbørhendelser i fremtiden. Problemstillingen for oppgaven omfatter to temaer som er relevante for min arbeidssituasjon: hvilke utfordringer stortingsbygningen kan få av fremtidig nedbørbelastning og om eiendommen egner seg til å håndtere overvann i fremtiden. Det har vært en motivasjonsfaktor å kunne løse en problemstilling som vil kunne bli relevant i fremtidige arbeidsoppgaver fra min arbeidsgiver. Det har vært en lærerik høst og jeg ante ikke da jeg startet oppgavearbeidet at jeg måtte så omfattende inn i både hydrologiens og formlenes verden for å kunne besvare problemstillingen jeg definerte sommeren 2020.

Jeg vil rette en takk til min veileder, Fred Johansen ved NTNU i Gjøvik og arbeidsgiveren min, Stortingets administrasjon. Min arbeidsgiver har vist forståelse for at denne høsten har vært en hektisk periode, og heldigvis innvilget flere studiedager. Samtidig vil jeg rette en takk til fagressurser i bransjen, som har svart på mine telefonsamtaler eller e-poster når jeg ikke forstod den hydrologiske logikken eller hadde behov for tips til kilder og formler for å kunne besvare min problemstilling:

Kim H. Paus – Dr. Ing. ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Thomas Skaugen – Forsker ved Norges vassdrags- og energidirektorat

Bent C. Braskerud – Sjefingeniør i Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune

Emelie Theresé Andersson – Overingeniør VA i Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune

Til slutt vil jeg rette den største takken til min samboer Heidi Lier, som tålmodig har reist bort flere langhelger med lille Oskar, slik at pappa kom seg igjennom denne studiehøsten.

Nøtterøy 13.12.2020



Lars Petter Segerstrøm

Innholdsfortegnelse

Abstract	iii
Forord	iv
Innholdsfortegnelse	v
Figurliste.....	vii
Tabelliste	viii
Begrep	ix
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn	4
1.2 Problemstilling.....	6
1.3 Avgrensinger	6
1.4 Oppbygging av oppgaven.....	8
2 Presentasjon av case	9
2.1 Stortingsbygningen.....	10
2.2 Takareal på stortingsbygningen.....	11
2.3 Eidsvolls plass	14
2.4 Wessels plass og Akersgata.....	15
3 Teori	17
3.1 Utfordringer med overvann i urbane områder	17
3.2 Overvann som ressurs.....	18
3.3 Forurensning av overvann	19
3.4 Lokal overvannsdisponering.....	21
3.5 Regnbed for infiltrasjon og fordrøyning.....	22
3.6 Tre-trinns strategi	25
3.7 Overordnede føringer fra Oslo kommune	27
3.7.1 Strategi og handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune	27
3.7.2 Veileder for overvannshåndtering for utbygger	29
3.7.3 Vann- og avløpsetatens interne retningslinjer for separering.....	29
3.8 Nedbørintensiteter (IVF-kurve).....	31
3.9 Klimafaktor.....	32
3.10 Den rasjonelle metode.....	32

3.11	Regnvelopmetoden.....	34
3.12	Beregning av trinn 1 for andel av årsnedbøren.....	34
4	Metode.....	36
4.1	Belastning av stikkledninger	36
4.2	Beregninger i tre-trinns strategi.....	39
4.2.1	Trinn 1 – 95% av årsnedbøren	41
4.2.2	Trinn 1 med nedbørdata fra IVF-kurve	41
4.2.3	Trinn 2	42
4.2.4	Trinn 3.....	44
4.3	Usikkerheter i beregningene	45
5	Resultat.....	47
5.1	Belastning av stikkledninger	47
5.2	Beregninger i tre-trinns strategi.....	50
5.2.1	Trinn 1 – 95% av årsnedbøren	50
5.2.2	Trinn 1 med nedbørdata fra IVF-kurve	52
5.2.3	Trinn 2	53
5.2.4	Trinn 3.....	57
6	Diskusjon.....	62
6.1	Belastning av stikkledninger	62
6.2	Beregninger i tre-trinns strategien	64
7	Konklusjon	71
7.1	Videre arbeid	72
8	Litteraturliste	74
9	Vedlegg	79
9.1	Vedlegg 1 – Arealoversikt Eidsvolls plass	79
9.2	Vedlegg 2 – Beregning av konsentrasjonstid	80
9.3	Vedlegg 3 – Overvannsbelastning fra tak.....	81
9.4	Vedlegg 4 – Beregning av spillvannsmengder	83
9.5	Vedlegg 5 – Trinn 1 for 95 % av årsnedbør	85
9.6	Vedlegg 6 – Trinn 1 med data fra IVF-kurve.....	86
9.7	Vedlegg 7 – Beregninger trinn 2	86
9.8	Vedlegg 8 – Beregninger trinn 3	88

Figurliste

Figur 1: Illustrasjon over Stortingets eiendommer (Stortinget og Oslo kommune, 2017).....	9
Figur 2: Stortingsbygningen og Eidsvolls plass (Foto: Peter Mydske, Stortinget).....	9
Figur 3: Profiltегning av stortingsbygningen fra sør/vest (Illustrasjon: Stortinget)	11
Figur 4: Takplan stortingsbygningen med areal (Illustrasjon: Ingenia as).....	12
Figur 5: Nedslagsfelt for stikkledninger på stortingsbygningen (Illustrasjon: Ingenia as)	13
Figur 6: Eidsvolls plass foran stortingsbygningen (Illustrasjon: Ingenia as).....	14
Figur 7: Illustrasjon av Wessels plass (Dronninga Landskap as, 2020).....	15
Figur 8: Skisseprosjekt for Akersgata (Stortinget og Oslo kommune, 2017)	16
Figur 9: Urbaniseringens effekt på avrenning (Sintef, 2012b).....	18
Figur 10: Rensegrad for overvann i infiltrasjonsanlegg (Norsk vann, 2019).....	20
Figur 11: Skisse regnbed med drenering i tette masser. Skisse laget av E. Stenberg og K. Paus (Braskerud m. fl., 2012)	23
Figur 12: Illustrasjon av oppbygging av regnbed med overløp (Aalborg kommune, 2016)....	23
Figur 13: Illustrasjon over regnbed, Deichmansgate Oslo illustrert av Asplan Viak (NAML nytt, 2019)	24
Figur 14: Norsk vanns tre-ledds strategi for håndtering av nedbør (2008).....	25
Figur 15: Tre-trinns strategi for overvannshåndtering i Oslo kommune (2019).....	26
Figur 16: IVF-kurve fra stasjon SN18701 Blindern (Norsk klimaservicesenter, 2020c)	31
Figur 17: Klimapåslag gjeldene fra januar 2020 (Norsk klimaservicesenter, 2020b)	32
Figur 18: Forklaring av Imhoffs sats hvor maksimal vannføring oppnås der regnvarigheten er lik konsentrasjonstiden (Paus, 2017).....	33
Figur 19: Fremstilling av ledningskapasitet for stikkledninger med og uten klimafaktor	49
Figur 20: Graf over regnbedsareal for trinn 1 – 95% av årsnedbør	51
Figur 21: Nødvendig regnbedsareal for å håndtere 95% av årsnedbøren i trinn 1 (Illustrasjon: Ingenia as)	52
Figur 22: Graf over nødvendig regnbedsareal for trinn 1 – IVF-kurve	53
Figur 23: Tilgjengelig fordrøyningsvolum ved de ulike regnbedsareal	54
Figur 24: Fordrøyningsbehov trinn 2 ved tilknytning til >Ø500 fellesledning.....	55
Figur 25: Fordrøyningsbehov trinn 2 ved tilknytning til Ø300 overvannsledning	55
Figur 26: Fordrøyningskapasitet i regnbed etter justeringer for å håndtere trinn 2	56
Figur 27: Nødvendig regnbedsareal for håndtering av trinn 1 og 2 (Illustrasjon: Ingenia as). 57	
Figur 28: Avrent vannføring ved 200-års flom med data fra stasjon SN18701 – Blindern.....	58
Figur 29: Trinnfordeling ved ekstremnedbør	58
Figur 30: Trinnfordeling ved en nedbørhendelse tilsvarende «Københavnregnet»	59
Figur 31: Kartlagte flomveier i Oslo sentrum (Oslo kommune, 2020b).....	60
Figur 32: Sikre flomveier fra Eidsvolls plass fra «Scalگو live» (skjermdump: Ingenia as)	61
Figur 33: Foto av gaterenne i Oslo sentrum. (Begge foto: Lars Petter Segerstrøm).....	69

Tabelliste

Tabell 1: Maks overvannsvannmengde per stikkledning ved dimensjonerende nedbørhendelse.....	48
Tabell 2: Største samtidige spillvannsbelastning per stikkledning	48

Begrep

Avrenningskoeffisient – Viser forholdet mellom avrenning fra et nedbørfelt og nedbøren over samme område (Kristiansand kommune, 2016).

Fellesledning – Ledning for samlet transport av sanitært og industrielt avløpsvann og overvann (NOU 2015: 16).

Flomvei – Planlagt eller naturlig trasé som avleder overvann til en resipient (NOU 2015: 16).

Fordrøyning – Tiltak som forsinker avrenningen fra et nedbørfelt gjennom oppsamling (NOU 2015: 16).

Infiltrasjon – Inntrenging av vann i løsmasser eller oppsprukket fjell (NOU 2015: 16).

IVF-kurve – Presentasjon av dimensjonerende nedbørverdier i kurve. IVF står for nedbørintensitet, varighet og frekvens/hyppighet (Norsk klimaservicesenter, 2020a).

Klimafaktor – Faktor for påslag av dagens nedbørverdier for å anslå fremtidig nedbørmengde (Norsk klimaservicesenter, 2020b).

Lokal overvannsdisposisjon (LOD) – Tiltak som infiltrerer og/eller fordrøyer overvann (NOU 2015: 16).

Nedbørhendelse – En hendelse med en gitt mengde nedbør over en gitt tid.

Overvann - Vann som renner av på overflaten som følge av regn og snøsmelting (Miljødirektoratet, 2020a).

Resipient – Elv, bekk, vassdrag eller fjorder.

Spillvann – Sanitært eller industrielt avløpsvann (NOU 2015: 16).

Stikkledning – Ledning som tilknytter bygningens avløps- eller overvannsledninger til hovedledningssystemet i området, ofte til kommunale ledninger.

Taknedløp – Rør som fører regnvann fra tak/takrenne til bakkenivå. Kan føres direkte til terreng eller til ledningsnett.

1 Introduksjon

Klimaet er i endring og vi som samfunn må tilpasse oss (NOU 2010: 10). Norske byer og bygninger ligger i et våtere klima i forhold til mange andre land og byer i verden. Til tross for at man over flere århundrer i Norge har tilpasset seg til et vått klima, kan det nå dokumenteres at det siste århundret har blitt både varmere og våtere. Beregninger viser at nedbøren vil fortsette å øke med mellom 5 og 30 prosent fremover (Meld. St. 33 (2012-2013)).

Meteorologisk institutt (2020) beskriver været som det vi mennesker til enhver tid opplever av vind, temperatur og nedbør, mens klima kan beskrives som gjennomsnittlig vær over en lengre periode. Norges offisielle utredninger (NOU 2010: 10) «Tilpassing til eit klima i endring» legger vekt på at klimaendringene er avhengig av hvor mye Norge og det internasjonale samfunnet klarer å begrense sine klimautslipp. Det vites ikke i dag med sikkerhet hvordan klimaendringene eller mer ekstreme nedbørhendelser vil bli. Det eneste forskerne er enige om, er at det vil bli endringer. FN (2019) beskriver at klimaendringene medfører endringer i nedbørsmønstrene. Enkelte deler av verden vil få tørke og mindre nedbør enn tidligere, men antyder at Norge og Nord-Europa vil få mer ekstremnedbør.

Endringer i klimaet vil øke risikoen for svikt i avløpshåndteringen. Det er i hele samfunnets interesse at vann- og avløpssektoren tilpasser seg et klima i endring for å unngå svikt i vann- og avløpshåndteringen (NOU 2010: 10). FN sine medlemsland vedtok høsten 2015 FNs 17 bærekraftsmål (2020), som en «felles arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikheter og stoppe klimaendringene innen 2030». Den internasjonale vannforeningen (IWA) sin Nordiske avdeling hadde i 2019 overvann som hovedfokus på sin samling. I en artikkel fra samlingen (Braskerud og Paus, 2020), konkluderes det med at medlemslandene i Norden knytter overvannshåndtering til så mange som 8 av FNs 17 bærekraftsmål. Vannforeningen kommer med innspill til hvordan lokale overvannstiltak bidrar til å beskytte infrastrukturen, gir bedre konsentrasjon av næringsstoffer til renseanlegg ved å minske vanntilførsel og forurensinger, bidrar til bedre forhold i resipienter som fjorder, sjøer og vassdrag, samtidig som at tiltakene gir noe tilbake til byers flora, fauna og innbyggere. Videre beskriver artikkelen at både svenske og norske offentlige utredninger (SOU 2007: 60 og NOU 2010: 10) har kommet til at klimaendringene vil få en negativ påvirkning for bygninger på grunn av økende nedbør og oversvømmelser om ikke byggeskikker endres. Norge fulgte opp med en senere utredning (NOU 2015: 16), hvor konklusjonen er at det vil medføre store kostnader for

samfunnet om det ikke blir planlagt for fremtidig overvannshåndtering. Fra samlingen trekkes det frem flere eksempler fra de nordiske landene, hvor blant annet Finland presenterer en studie om hvordan ulike tiltak for lokal overvannshåndtering kan utgjøre stor forskjell i forbindelse med avrenning og oversvømmelser fra overvann. Det eksempelet som gir minst avrenning og oversvømmelser i det Finske forskningsprosjektet er forsøksområdet hvor det er benyttet regnbed og grønne tak som lokale overvannstiltak (Braskerud og Paus, 2020).

I Norge er det ca. 2700 kommunalt eller interkommunalt eide avløpsrensaneanlegg som betjener avløp fra ca. 84% av Norges befolkning (Norsk vann, 2014). I en undersøkelse, gjennomført av Norges vassdrags- og energidirektorat (2018), ble det avdekket at 60 prosent av norske kommuner mangler kapasitet for å sikre seg mot skader av overvann som følge av et endret nedbørsklima. Overvann er vann som renner av på overflaten som følge av regn og snøsmelting (Miljødirektoratet, 2020a). Typiske skader fra overvann som kommer i mengder dagens systemer ikke kan håndtere, kan ifølge rapporten «Overvann i byer og tettsteder» (NOU 2015: 16), for eksempel være direkte skader på; bygninger og inventar i bygninger, infrastruktur, kulturskatter og erosjonsskader på trafikkarealer og rekreasjonsområder. I tillegg kan overvann føre til en rekke kostbare, indirekte skader, som tap av produksjon for næringslivet, tap av strømforsyning og forurensing av resipienter.

Meteorologisk institutt har utarbeidet klimafaktor for å estimere hvilke nedbørhendelser som kan forventes i fremtiden i forhold til dagens målte verdier. Klimafaktor er nærmere omtalt i et senere kapittel i denne oppgaven. Til tross for dette kan det forekomme nedbørhendelser det er vanskelig å forutse eller planlegge for. I København skjedde dette 2. juli 2011 (forskning.no, 2018). Det falt 135 mm nedbør på 2,5 timer, noe som er mer enn det normalt kommer på en hel måned i samme by. Avløpssystemene hadde ikke mulighet til å ta unna alt vannet som kom samtidig og prislappen for skadene havnet på rundt 9 milliarder danske kroner. Bent C. Braskerud i Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune forklarer til forskning.no at det kun er et spørsmål om tid før vi står i samme situasjon i Norge. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) beskriver i sin risikoanalyse av regnflom i by i Norge (2016), at sannsynligheten for at det skal komme 50 mm nedbør på én time i Oslofjordregionen er «høyt sannsynlig» (60 – 90% sannsynlighet de neste 50 år). Sannsynligheten for at det inntreffer nedbørhendelser på 100 – 110 mm på to timer er «middels sannsynlig» (40 – 60% sannsynlighet de neste 50 år). DSB presiserer likevel at det også kan komme større nedbørhendelser, tilsvarende «Københavnregnet» i Oslofjord-

regionen. Det falt så mye som 114 mm nedbør på 2 timer i Mjøndalen utenfor Drammen under ekstremværet «Frida» i 2012. Mjøndalen er langt mindre tettbebygget enn Oslo sentrum, men veldig nære geografisk. Til sammenlikning er dimensjonerende nedbørmengde for et såkalt 200-års regn (som antas å returnere hvert 200 år) i ved målestasjon SN18701 – Blindern, Oslo 50,6 mm ved en nedbørhendelse på 2 timer (Norsk klimaservicesenter, 2020c).

Risikoen for negative konsekvenser av «ekstrem» nedbør er størst i tettbebygde strøk. I områder som er ubebygde eller lite bebygde vil vannets avrenning følge naturlige prosesser, mens i områder som er mye eller helt bebygde vil vannet hindres fra å følge sine naturlige veier (Sintef, 2012b). Utbygging, eller urbanisering av nedbørsfelt øker omfanget av tette flater som vannet ikke trenger igjennom. Når det faller nedbør over disse områdene øker hastigheten på avrenning og størrelsen på flom om man sammenligner samme område før utbygging (Norges vassdrags og energidirektorat, 2016). I byer som Oslo, vil vannets naturlige veier forstyrres av gater, fortau, bygninger og tak. Flere av byens naturlige avrenningsbekker har i løpet av årene blitt flyttet eller blitt lagt i rør, slik at byutviklingen ikke skulle hindres. Oslo kommune (2020c) har nå satt seg et mål om å gjenåpne flere av disse bekker og elveløp for å kunne håndtere klimaendringene med mer og kraftigere regn. På denne måten forbereder kommunen seg til fremtidens nedbør på kommunalt nivå, samtidig som at kommunens eget mål om å bli en attraktiv, blågrønn by kan nås. Selv om Oslo kommune (2013) har utarbeidet strategier for overvannshåndtering og planlegger for fremtidens nedbør, ligger ikke løsninger på kommunalt nivå alene. For å nå målene om en bærekraftig overvannshåndtering må alle bidra. Det innebærer tilpasninger for alt fra kommunens etater, utbyggere, entreprenører, statlige- og private eiendomsseiere og Oslos innbyggere.

For å kunne begrense vannmengden som overvann utgjør på ledningsnettet, er lokale overvannstiltak et godt alternativ til løsninger hvor vannet transporteres direkte bort i lukkede rørsystemer. Lokale overvannstiltak er nærmere omtalt i kapittel 3.4 i denne oppgaven. For å kunne beregne hvilken kapasitet et slikt overvannstiltak skal ha, er det nødvendig å kartlegge hvilke arealer nedbørsfeltet som tiltaket skal håndtere har. Dette arealet består ofte av ulike flater, med forskjellige egenskaper for avrenning og infiltrasjon. Derfor beregnes en midlere avrenningskoeffisient som benyttes for hele nedslagsfeltet, basert på de ulike arealer og egenskaper (tak, plen, gater m.m.). For å kunne dimensjonere overvannstiltak for fremtidig

nedbør, tillegges nedbørdata klimafaktor, som anslår hvilke nedbørmengder som kan forventes fremover (Norsk klimaservicesenter, 2020b).

Formålet med denne oppgaven er å utforske hvilken belastning nedbøren som faller på taket til større, eldre bygninger i byområder utgjør på bygningens stikkledninger, hvilke utfordringer vannmengdene kan medføre og hvordan overvannet kan infiltreres og fordrøyes i tråd med kommunenes overvannstrategier, fremfor å belaste ledningene. I oppgaven tas det utgangspunkt i stortingsbygningen, inkludert tilbygget mot Akersgata. Bygningen har et areal på ca. 23 000 m² inkludert alle etasjer, takarealet utgjør i overkant av 4100 m² og eiendommen har et utomhusområde på ca. 6700 m² inkludert kommunale fortau. Oppgaven vil beregne om det er mulig å håndtere overvannet fra bygningens tak og utomhusområder på egen grunn ved bruk av regnbed som lokalt overvannstiltak. Regnbed blir forklart nærmere i et senere kapittel i denne oppgaven.

1.1 Bakgrunn

I Norges offisielle utredninger «Tilpasning til eit klima i endring» (NOU 2010: 10) presiserer regjeringen at for å tilpasse seg den økende nedbøren er det nødvendig med en bred innsats for å fornye ledningsnett ved å øke dimensjoner, skille fellessystemer, samt bygge bassenger for å unngå økning i flomtoppene. Det er nødvendig å legge til rette for åpne flomveier og lokale overvannstiltak i areal- og byggesaker for å avhjelpe situasjoner med ekstreme nedbørmengder, økende snøsmelting og flom. Utredningen følges opp fem år senere med «Overvann i byer og tettsteder» (NOU 2015: 16) som presiserer hvilke utfordringer den økende nedbøren vil ha for byene i Norge med utbredt bruk av tette flater, som gir en hurtig og stor avrenning av overvann. Videre har Oslo kommune fulgt opp de offisielle utredningene, ved å over flere år utarbeide planer for fremtidig håndtering av økende befolkningsvekst og økende nedbør. I Oslo kommunes hovedplan for avløp og vannmiljø (2014) er det blant flere satsningsområder utpekt: «Vann i by og overvann – Vi skal håndtere overvann åpent og lokalt» og «Ledningsfornyelse – Vi skal intensivere fornyelsen av ledningsnettet». I hovedplanen beskrives det at dersom kommunen separerer egne fellesledninger for spill- og overvann skal det gis pålegg om at eierne av stikkledninger også separer fellesledninger. Eiere blir også pålagt utbedringer dersom kommunen avdekker feilkoblinger eller lekkasjer fra private stikkledninger. Tilførsel av overvann i det kommunale

ledningsnett, kan ved store mengder føre til at ledningene går fulle, som igjen kan føre til utslipp av overvann blandet med spillvann til resipienter, som vassdrag og fjorder.

Renseeffekten hos avløpsrenseanleggene kan også påvirkes negativt av stor tilførsel av overvann. Når store mengder overvann tynner ut spillvann, vil ikke renseprosessen i avløpsrenseanleggene fungere optimalt (Oslo kommune, 2017b). Ved store nedbørmengder vil ledninger kunne gå fulle og kunne føre til oversvømmelser av kjellere og skader på bygninger og anlegg. Dersom avløpssystemene blir for fulle og mister sin funksjon, vil det i en by som Oslo også kunne føre til at vannansamlinger stopper trafikk og fører til skader på eller hindrer annen infrastruktur.

På bakgrunn av de utfordringer norske byer står ovenfor med tanke på håndtering av en stadig økende mengde overvann, vil jeg i denne oppgaven se nærmere på hvilke utfordringer overvannet kan ha for stortingsbygningen i fremtiden. I Oslo sentrum er det begrenset med ledig plass og områder til å håndtere overvannet åpent, men Stortinget eier en park foran stortingsbygningen, Eidsvolls plass. Som ansatt i Stortingets administrasjon, med ansvar for teknisk forvaltning er ikke caset helt tilfeldig valgt. Jeg ønsker å benytte denne bacheloroppgaven til å kartlegge hvilken belastning nedbøren har på bygningens eldre stikkledninger, i dag og i fremtiden. I tillegg vil jeg se om Eidsvolls plass, foran stortingsbygningen kan være egnet til å håndtere overvannet fra egen eiendom, i tillegg til de kommunale fortauene rundt eiendommen. Stortinget har allerede anlagt et regnbed på en annen eiendom og regnbed antas som det overvannstiltaket som vil egne seg best på Eidsvolls plass. Det er i denne oppgaven derfor tatt utgangspunkt i at overvannet skal håndteres i regnbed. Det anses i tillegg som uaktuelt å magasinere overvann under bakken rundt stortingsbygningen. Det er både bygningsmasse og mye infrastruktur under bakkenivå, som vil gjøre dette tilnærmet umulig, gitt de nedbørmengder som antas å måtte håndteres for en eiendom på over 10 000 m² med stor andel av tette flater. For å vurdere bruken av overvannstiltak på plassen, må det i oppgaven avdekkes hvilke utfordringer overvannet i Oslo sentrum kan ha, hva som ligger i begrepet lokal overvannsdisponering og om regnbed er egnet til formålet med tanke på håndtering av overvann og tilgjengelig areal. I tillegg må det avdekkes hvilke føringer Oslo kommune har for håndtering av overvann og hvilke beregningsmetoder som kan benyttes for å finne nødvendig areal for regnbed.

1.2 Problemstilling

For å avdekke hvordan nedbøren belaster stikkledningene fra stortingsbygningen samt eiendommens egnethet til å åpent håndtere overvannet som treffer eiendommen i regnbed, er det for denne oppgaven valgt følgende problemstilling:

«Hvilke utfordringer utgjør belastningen stikkledningene får fra nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen og hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?»

1.3 Avgrensinger

Overvann er et stort og interessant tema, som kan omfavne mye. I denne bacheloroppgaven avgrenses omfanget til å avdekke hvilken vannbelastning stikkledningene får fra takene, inkludert spillvannsmengder for å besvare første del av problemstillingen. Kapasitet for kommunale ledninger vurderes ikke i oppgaven grunnet omfang. Utomhusarealer er ikke relevant for første del av problemstillingen, da stikkledningene kun får tilført nedbør fra tak. Oppgaven tar heller ikke stilling til hvordan sammenkobling av spill- og overvannsledninger foregår innvendig i bygningen og jeg vil ikke problematisere hvordan innvendige taknedløp må ledes ut for å sikre at alt takvann kan ledes til utvendig åpen overvannshåndtering. Da ville oppgaven blitt for omfattende, men det antas i oppgaven at dette er teknisk mulig.

For å besvare andre del av problemstillingen tas det utgangspunkt i at oppgaven skal avdekke nødvendig areal for regnbed som kan håndtere overvannet fra hele eiendommen, inkludert takene. Det er valgt manuelle metoder for utregning og oppgaven vil ikke vurdere eller sammenlikne resultatene mot alternative resultater fra datasystemer for overvannshåndtering. Jeg har ikke tilgang på egnede datasystemer og vil benytte denne oppgaven til å forstå utregningene for overvannshåndtering. Oppgaven vil trekke inn forurensning av overvann og vurdere påslipp til kommunal ledning og eventuelle fordeler ved lokale overvannstiltak. Oppgaven kan ikke gå dypt inn i forurensning av overvann eller beregninger av dette, alle former for lokal overvannshåndtering eller alle alternative beregningsmetoder for overvannshåndtering og dimensjonering. Da ville omfanget blitt for stort. Grønne tak som lokalt overvannstiltak vurderes ikke i denne oppgaven av antikvariske hensyn og antatt egnethet. I byggesaker fremover vil det være hensiktsmessig å benytte blågrønnfaktor for å

dokumentere lokale overvannstiltak for utbygger/bygningseier. Det er i 2020 kommet egne normer fra Oslo kommune (2020a) og en ny Norsk standard, NS3845 (2020) for beregning av dette. Dette ble vurdert medtatt i oppgaven, men utelatt grunnet omfang.

Oppgaven avgrenses til å vurdere nedbør som treffer takene til stortingsbygningen fra 1866, inkludert tilbygget mot Akersgata, som ble bygget på 1950-tallet og tar ikke hensyn til andre bygninger som eies av Stortinget. Det er for å besvare første del av problemstillingen benyttet flere ulike tekniske tegninger over stortingsbygningen for å kartlegge takareal og hvilke taknedløp som er tilknyttet de ulike stikkledningene fra bygningen. Denne informasjonen er unntatt offentlighet og gjengis ikke i oppgaven. Det er derfor ikke kildehenvist til disse opplysningene utover at det er benyttet tekniske tegninger i arbeidet. For eventuelt vurdering av kilder knyttet til detaljer rundt stortingsbygningen benyttet i denne oppgaven, må Stortingets administrasjon v/seksjon for eiendomsforvaltning kontaktes. Det benyttes også kart over ledningsnett fra Oslo kommune til å besvare deler av problemstillingen som er unntatt offentlighet. For eventuell vurdering av oppgitte dimensjoner i kommunalt nett som oppgis i denne oppgaven, må Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune kontaktes for innsyn. Oppgaven tar for seg de overordnede strategier og veiledninger som omfatter overvann, men går ikke inn i alle tilgjengelige kommunale faktablader om temaet, grunnet antallet faktablader og omfang av oppgaven.

Oppgaven benytter seg av to nye takplan-tegninger for stortingsbygningen. Disse er utarbeidet av ingeniørkontoret Ingenia as på oppdrag for Stortinget. Tegningene er utarbeidet av oppgaveforfatter og en representant fra Ingenia as. Videre har Ingenia bistått med å illustrere Eidsvoll plass med tekstbokser for areal og illustrert utforming av regnbed. Alle illustrasjoner er laget på bakgrunn av skisser fra oppgaveforfatter, via e-post. I tillegg har Ingenia bistått med å ta skjermdump av flomkart fra Oslo kommune, grunnet tilgangsbegrensning på Oslo kommunes nettportal og gjennomført en enkel beregning av flomveier fra Eidsvoll plass. Utover dette har ikke Ingenia as bidratt til innholdet i denne oppgaven.

1.4 Oppbygging av oppgaven

Introduksjonen setter utgangspunktet for oppgaven inn i en større sammenheng og trekker inn relevant fagstoff for konteksten. Kapitlet belyser også problemstillingen og avgrensninger for oppgaven. Videre beskriver kapitlet presentasjon av case arealene og eiendommen som omhandles i denne oppgaven, i tillegg til areal i umiddelbar nærhet som er relevant for oppgaven. Teori-kapitlet omhandler teoretiske begreper og redegjør for beregningsmetoder som benyttes. Metode-kapitlet beskriver fremgangsmåte for beregningene i oppgaven. Alle formler som benyttes for beregninger beskrives i dette kapitlet. Formler nummereres ikke, men det benyttes kryssreferanse til metodekapittel der formelbruk omtales. Resultat-kapitlet beskriver resultatene fra alle beregninger. Komplette beregninger ligger som vedlegg til i oppgaven. Der vedlegg er nevnt i oppgaven, kan lenke i kapittelnummer eller sidetall benyttes for å hoppe til vedlegg. Diskusjons-kapitlet drøfter funnene i oppgaven og bidrar til å svare ut problemstillingen. Konklusjonen for oppgaven svarer ut problemstillingen og er omtalt i et eget hovedkapittel. I denne oppgaven vil jeg trekke inn elementer fra introduksjonen og derfor benyttes enkelte kildehenvisninger i konklusjons-kapitlet.

Det er lagt inn planlagte gjentakelser av sentrale temaer og problemstillingen. Det er også brukt flere kryssreferanser gjennom oppgaveteksten, slik at leser kan manøvrere seg i dokumentet. Kapittelnummer og sidetall som brukes som referanse til andre kapitler i oppgaven er tillagt hyperlenke og kan klikkes på for å navigere til omtalt kapittel eller side.

2 Presentasjon av case

For å kunne ha en konkret bygning med tilhørende tomteareal som case, har jeg valgt deler av eiendommen til Stortinget for å svare ut problemstillingen i oppgaven. Dette kapitlet beskriver caset for oppgaven og har fire underoverskrifter, hvor det ene forklarer om selve stortingsbygningen og det følgende forklarer om takarealene til bygningen. Videre forklares det om Eidsvolls plass, foran stortingsbygningen og om annet nærliggende areal som vil bli trukket inn i oppgaven. Informasjonen om caset tar utgangspunkt i opplysninger, som forfatteren kjenner til gjennom sin stilling som seniorrådgiver, teknisk forvaltning i Stortingets administrasjon i tillegg til opplysninger som forfatter har tilgang til i Stortingets interne arkiver. Alt innhold i dette kapitlet vil derfor ikke kunne kildehenvises til.

Stortinget består av totalt 9 bygninger, som eies av Stortinget og driftes av Stortingets administrasjon. Totalt eier Stortinget ca. 60 000 m². I tillegg til eid areal, leies noe tilleggsareal og Stortinget omfatter i dag ca. 70 000 m² i Oslo sentrum. I tillegg til den vel kjente stortingsbygningen med tilbygget mot Akersgata, består arealene av stortingskvartalet (merket i rødt på illustrasjon under) og underjordiske arealer under Eidsvolls plass og Wessels plass, som også begge eies av Stortinget. Oppgaven vil begrense seg til stortingsbygningen inkludert tilbygget mot Akersgata og Eidsvolls plass. Det vil også kunne bli omtalt enkelte deler av Wessels plass og Akersgata, som ligger bak tilbygget til stortingsbygningen i arbeidet.



Figur 1: Illustrasjon over Stortingets eiendommer (Stortinget og Oslo kommune, 2017)

Figur 2: Stortingsbygningen og Eidsvolls plass (Foto: Peter Mydske, Stortinget)

2.1 Stortingsbygningen

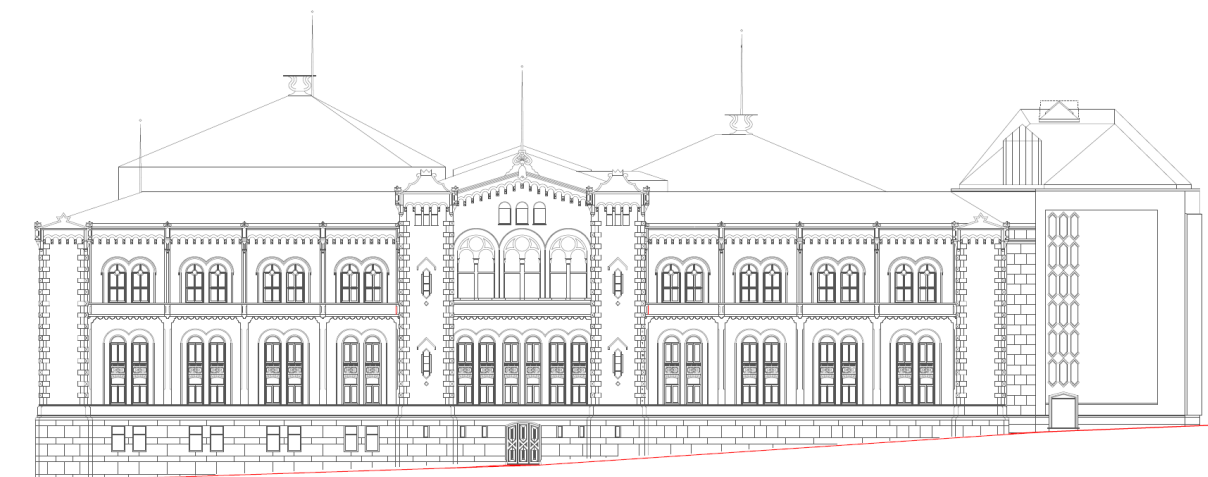
Stortingsbygningen ble bygget i 1866 (Stortinget, 2020b). Denne bygningen ble omfattende bygget om, samt at det kom til et tilbygg på ca. 6000 m² på 1950-tallet. Utover dette har bygningen kun gjennomgått mindre omgjøringer og vedlikehold. Bygningen har fortsatt flere av de originale takkonstruksjonene, men samtlige tak på stortingsbygningen ble endret fra sink til kobber i 1928. Etter omfattende tilstandskartlegging av bygningene de siste årene, er det kjent for eiendomsseksjonene i Stortingets administrasjon at det er varierende tilstand på stikkledningene som forbinder stortingsbygningen med det kommunale avløpsnett. Det er 4 ulike stikkledninger ut fra bygningen. Bygningen har ikke separert overvann og spillvann, slik at alt regnvann som treffer takene til bygningen går inn på de fire ledningene som også fører spillvannet til det kommunale nettet, såkalt fellesledning. Det meste av takvannet blir ledet via innvendige fellesledninger eller utvendige taknedløp før det går ut på kommunalt nett, via stikkledningene. Det antas at disse ledningene har høy belastning ved store nedbørmengder. Det er 4 taknedløp på sørsiden av bygningen som leder regnvannet til terreng og som håndteres i overvannssystemene på nyrenoverte Wessels plass. Erfaringer fra driftspersonell i Stortingets administrasjon tilsier at det sjeldent eller aldri oppleves tilbakeslag av overvann/spillvann i de nedre etasjer av bygningen de siste årene, men at det kan ha forekommet tidligere år. Tilbakeslag av vann fra fellesledninger har ennå ikke ført til omfattende skader på bygningen eller materiell.

Undersøkelser jeg selv gjennomførte på Riksarkivet i 2018, viser at stortingsbygningen kun hadde overvannssystem fra byggeår, frem til bygningen fikk sine første vannklosetter i 1903. Da fikk bygningen etablert et eget spillvannssystem med egne stikkledninger og dermed hadde bygningen et separert overvanns- og spillvannssystem frem til bygningen ble bygget om og utvidet på 1950-tallet. Under dette byggeprosjektet ble det gjort omfattende endringer på alle tekniske anlegg, herunder spill- og overvannsledninger. Det ble etablert fellesledninger for spill- og overvann og bygningen går dermed bort fra løsningen med separate ledninger for overvann og spillvann. Alle fire stikkledninger med dimensjon Ø160 mm, ble etablert på 1950-tallet og benyttes fortsatt i dag. Enkelte av ledningene er modernisert i forbindelse med andre byggeprosjekter.

Etter kamerakjøring av stikkledningene i 2016 ble det avdekket flere tilstandsutfordringer på stikkledninger ut fra bygningen. Den eldste stikkledningen mot Karl Johans gate har flere

typer materialer på samme strekk; Plast (PVC), støpejern og teglstensrør. Etter egne gjennomganger av bilder fra 1860/70-tallet og dokumentert kunnskap om rørkvaliteter, kan det sies med en viss sikkerhet at én av stikkledningene for både overvann og spillvann, som fortsatt benyttes i 2020, bruker 1-2 meter av det gamle takvannsrøret fra byggeåret 1866 i teglstein.

Stortingsbygningen ligger høyt i forhold til flere omkringliggende bygninger og Karl Johans gate og Stortingsgata har godt fall forbi bygningen på begge sider. Det er lite kjellerareal under terreng, men bygningen står delvis på alunskifer. Driftserfaringer viser at det er lite eller ingen utfordringer med overvann som trenger inn mot bygningen i dag. Fallet på gatene fortsetter forbi Eidsvolls plass. Figuren under viser hvordan terrenget faller forbi bygningen. Det er fortau på begge sider av bygningen:

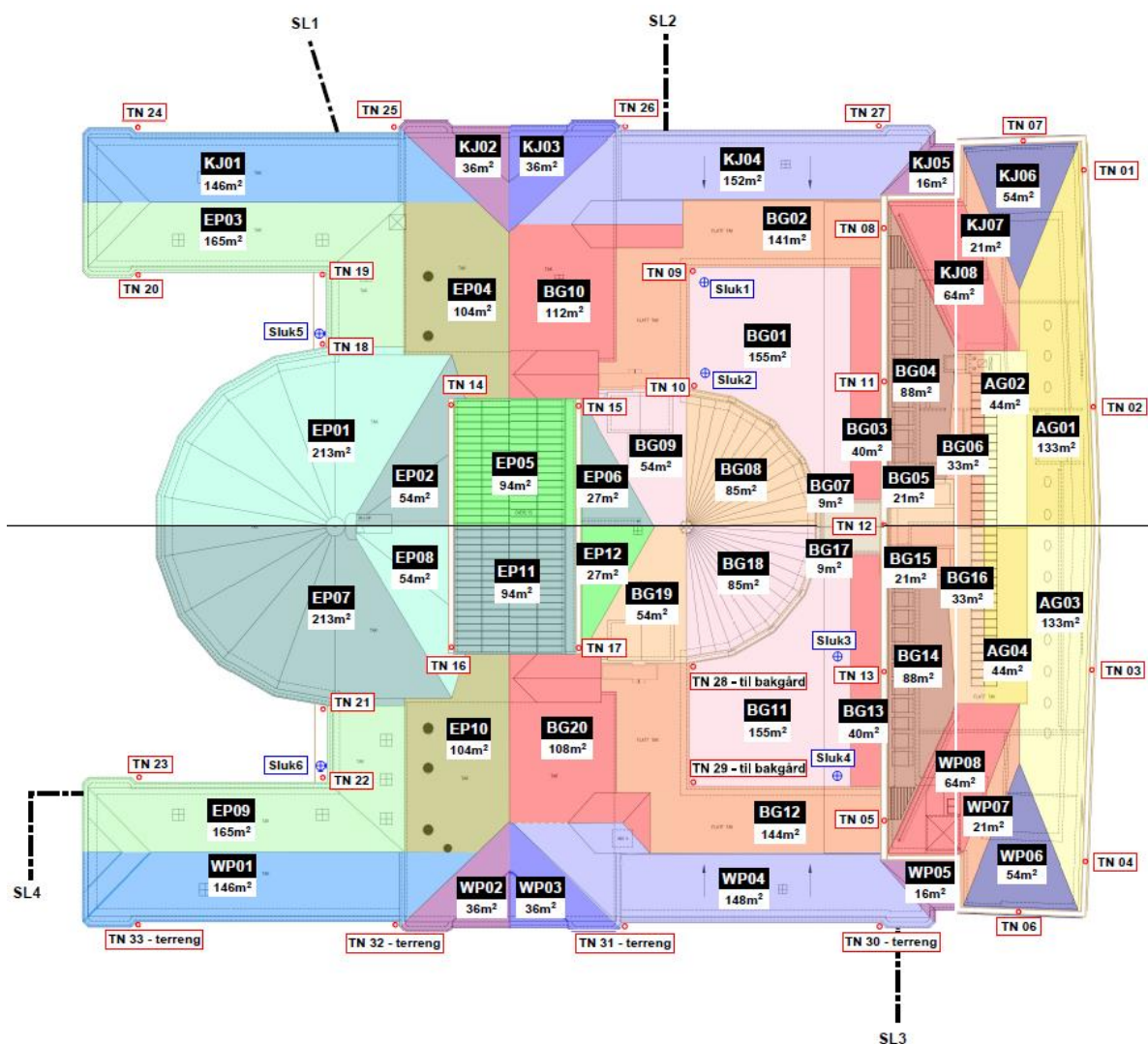


Figur 3: Profiltegning av stortingsbygningen fra sør/vest (Illustrasjon: Stortinget)

2.2 Takareal på stortingsbygningen

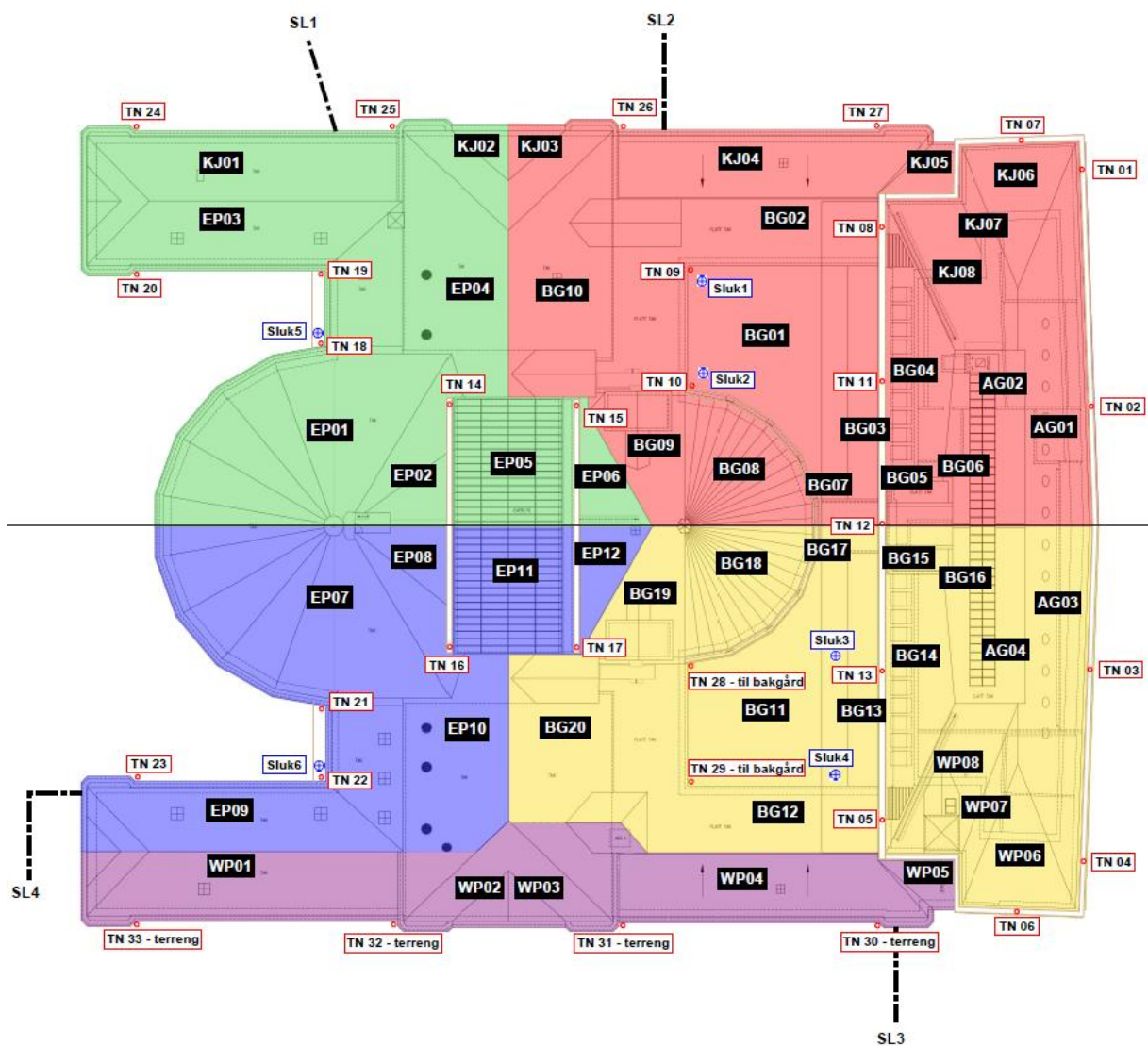
For å kunne besvare den første delen av problemstillingen: «Hvor mye belastes stikkledningene fra stortingsbygningen av nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen (...)», er det nødvendig å kartlegge arealet på takene på stortingsbygningen. For å definere korrekt areal, ble det gjennomgått eksisterende tegningsplan for takene. Disse manglet detaljerte arealer. For å definere arealet på de ulike flatene, ble det utarbeidet et nytt takplan for nøyaktig areal. Totalt takareal på bygningen er beregnet til 4190 m². I og med at bygningen har 4 separate stikkledninger, var det nødvendig

å dele opp takene i de individuelle flatene taket består av, slik at det kan defineres hvilken stikkledning de ulike flatene renner til. I samråd med Stortingets administrasjon og Stortingets rammeleverandør for ingeniørtjenester VVS, Ingenia as, utarbeidet oppgaveforfatter et nytt takplan. For å definere hvilke takflater som renner til hvilke taknedløp, ble det gjennomført befaringer på takene av stortingsbygningen. Befaringer ble gjennomført av oppgaveforfatter og sivilingeniør Martine C. S. Wessel i ingeniørfirmaet Ingenia as. Figuren under viser nytt takplan med definert areal for de ulike flater. Der det er to taknedløp på én takrenne er arealet som takrennen betjener fordelt på to:



Figur 4: Takplan stortingsbygningen med areal (Illustrasjon: Ingenia as)

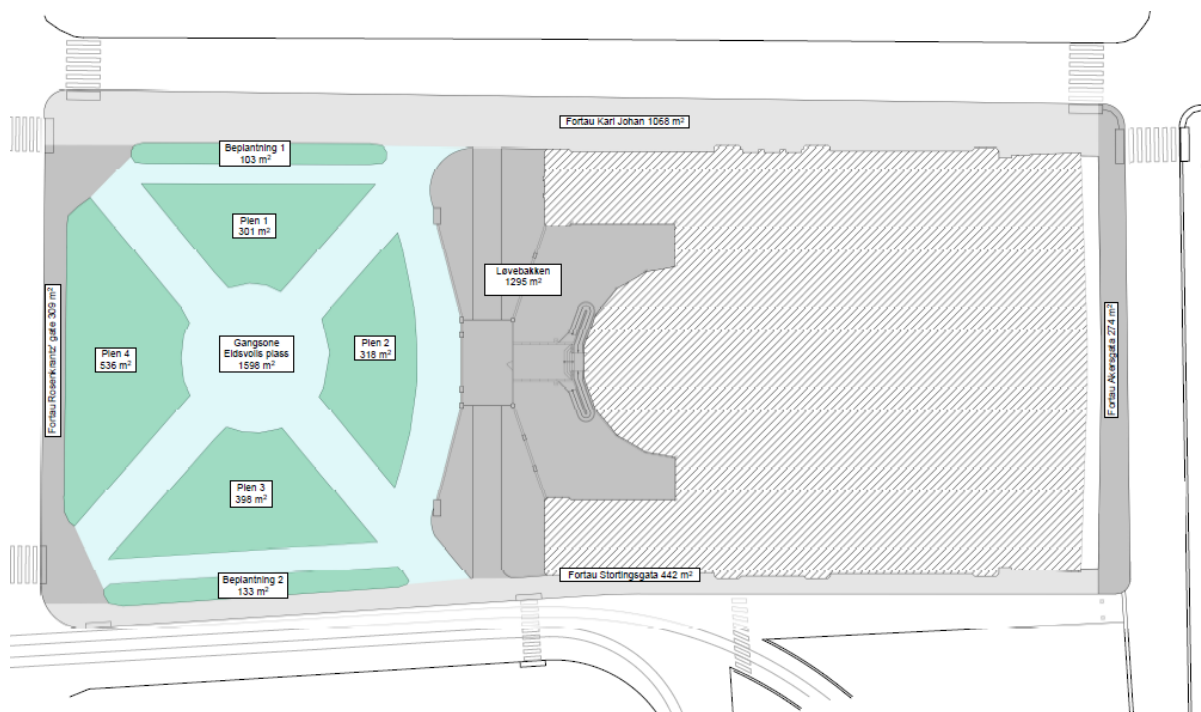
For å kartlegge hvilke stikkledninger de forskjellige taknedløpene renner til, er det nødvendig å definere egne nedslagsfelt for de forskjellige stikkledningene. For å definere dette er det benyttet eksisterende tekniske VVS-tegninger og bunnledningsplan som finnes i Stortingets administrasjon sine tegningsarkiver. Det er manuelt gjennomgått hvilke stikkledninger de forskjellige taknedløp er tilknyttet. For å illustrere hvilke nedslagsfelt som renner til de ulike stikkledninger er det utarbeidet et eget takplan, som viser nedslagsfeltene for de fire stikkledningene. Figuren under viser de ulike nedslagsfeltene. Feltet i fiolett viser nedslagsfeltet for de fire taknedløpene som håndteres åpent på nyanlagte Wessels plass:



Figur 5: Nedslagsfelt for stikkledninger på stortingsbygningen (Illustrasjon: Ingenia as)

2.3 Eidsvolls plass

Foran stortingsbygningen ligger Eidsvolls plass. «Plassen er én av landets viktigste arenaer for folks ytringsfrihet og engasjement, og årlig gjennomføres det over 300 politiske markeringer her» (Stortinget, 2020a). Plassen er på byantikvarens gule liste (2020) for bevaring, men er ikke fredet. Plassen eies og driftes av Stortinget, mens fortauene rundt eies og driftes av kommunen. Overvannet på plassen ledes i dag ut mot kommunale gater, i tillegg til enkelte sluk. Stortinget har et vanningsanlegg for plassen. Gjennomsnittlig forbruk for vanning av plen og beplantning er ca. 90 m³ per/år. Plassen har ikke snøsmeltanlegg i motsetning til fortauene og oppkjøringen på Løvebakken. Ifølge kart over infrastruktur fra Oslo kommune (2020b) er det rundt Eidsvolls plass tilgjengelig både en Ø300 overvannsledning og en Ø1600 fellesledning, direkte tilknyttet plassen. Begge dimensjoner er medtatt i beregninger for påslipp av overvann senere i oppgaven. Under vises en illustrasjon over Eidsvolls plass foran stortingsbygningen i Oslo sentrum. Illustrasjon med tydeligere arealer finnes i vedlegg 1 på side 79:



Figur 6: Eidsvolls plass foran stortingsbygningen (Illustrasjon: Ingenia as)

2.4 Wessels plass og Akersgata

Wessels plass ligger på sørsiden av stortingsbygningen og ble ferdigstilt etter total rehabilitering i 2019. Oppgradering av plassen var et komplisert prosjekt med dobbelt trikkespor i drift rett igjennom byggeplassen, i tillegg til at plassen skulle håndtere alt overvann åpent, som et krav i byggetillatelsen. Overvannet fra Stortingets store kontorbygning Prinsens gate 26, skulle også håndteres åpent på plassen. Det ble valgt løsninger med infiltrasjon gjennom permeable flater, som gress og gruslagte arealer i tillegg til et regnbed nederst på plassen. Flomveien, dersom regnbedet blir fullt, er via kommunens busstrasé i Nedre Vollgate. Det var i tillegg til ovennevnte overvannshåndtering, flere utfordringer med å håndtere totalt fire taknedløp fra stortingsbygningens takflate under prosjektet. Taknedløpene skulle frakobles ledningsnett og håndteres lokalt på plassen etter ombygging. Løsningen ble en infiltrasjonskum med overløp som håndterer disse taknedløpene og fortauet langs stortingsbygningen. Under vises utformingen av plassen som en illustrasjon. Overvannsrenne i fortau for taknedløpene fra stortingsbygningen vises nede til venstre i illustrasjonen. Foto av rennen finnes også under diskusjons-kapittelet i denne oppgaven.



Figur 7: Illustrasjon av Wessels plass (Dronninga Landskap as, 2020)

Akersgata passerer på oversiden av Wessels plass og langs hele tilbygget mot Akersgata, øst for stortingsbygningen. Fortauet foran tilbygget er i arealberegningene for denne oppgaven beregnet til 274 m². Dette fortauet er utelatt fra beregningene i oppgaven grunnet pågående planlegging av opprusting av hele gaten. Det er i et skisseprosjekt for Wessels plass og deler av Akersgata i regi av Stortinget og Oslo kommune – Bymiljøetaten (2017), hensyntatt overvannshåndtering og skissert løsninger for regnbed og åpne overvannsløsninger for håndtering av overvann fra gaten.



Figur 8: Skisseprosjekt for Akersgata (Stortinget og Oslo kommune, 2017)

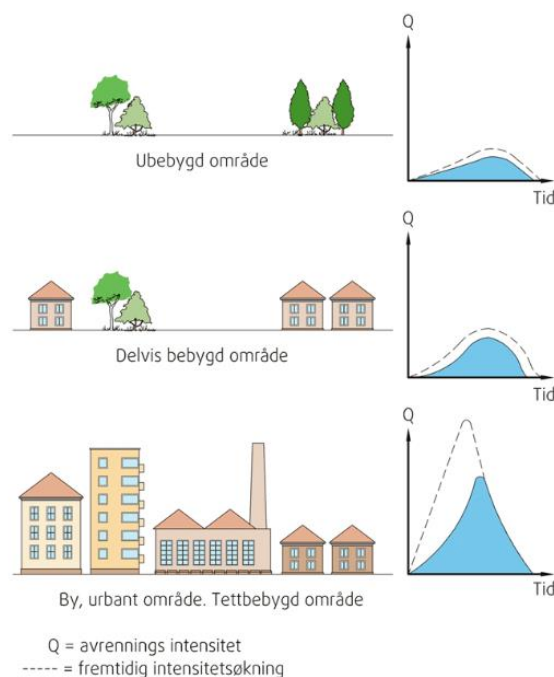
3 Teori

For å besvare problemstillingen for oppgaven: «Hvilke utfordringer utgjør belastningen stikkledningene får fra nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen og hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?», vil jeg i dette kapittelet beskrive de teoretiske grunnlagene oppgaven bygger på. Dette kapittelet legges også til grunn for metodene som er valgt i metode-kapittelet og diskusjonen i det avsluttende kapittelet.

3.1 Utfordringer med overvann i urbane områder

Før byer og tettsteder ble bygget ut, kunne vannet følge sine naturlige veier ved nedbør. Mye vann ble infiltrert i grunnen og resten fulgte naturens veier, via bekker og vassdrag mot resipient. Sintef (2012b) beskriver at etter hvert som byer ble bygget ut, ble det behov for å håndtere overvann på andre måter. Først ble overvannet ledet via eksisterende kloakkledninger sammen med spillvann. Etter hvert som kapasiteten ble mindre på ledningsnettene ble det normalt å legge to rør, et for spillvann og ett for overvann, såkalt separatsystem. Samtidig ble eksisterende bekker lagt i rør for å ikke hindre utbygging av byområder. I dag ser man at løsningene som har blitt brukt i løpet av årene ikke lengre er gode nok. Andelen tette flater, som tak, gater og parkeringsplasser har gjort at vannmengdene som tilføres ledningsnettene stadig øker. Dette i tillegg til stadig kraftigere og hyppigere nedbørmengder, gjør at man i dag oftere får fulle ledningsnett, som fører til skader på infrastrukturen, bygninger og oftere overløpsutslipp. Overløpsutslippene gjør at spillvann blandet med overvann slippes direkte ut til resipienter, som fjorder, innsjøer, bekker og vassdrag. Norges offisielle utredninger (NOU 2015: 16) peker på at det i takt med økning av nedbør må etableres bedre systemer for å håndtere overvann i byer og tettsteder, helst ved bruk av åpne løsninger. Samtidig peker utredningen på at befolkningsveksten i byene tiltar, og andelen tette flater øker. Andelen ubebygget areal har i perioden 1994 – 2006 falt med over 15 % i Oslo. Det arealet som kunne bidratt til å hindre utfordringer og skader som følge av overvann, blir utbygget med flere tette flater, som igjen gir en høyere avrenning av overvann ved store nedbørhendelser. Figuren under viser avrenningen fra en nedbørhendelse i blått for

områder uten bebyggelse og tilsvarende for urbane områder med høy andel av tette flater. Stiplet linje viser antatt fremtidig økning av nedbørintensitetene:



Figur 9: Urbaniseringens effekt på avrenning (Sintef, 2012b)

3.2 Overvann som ressurs

Overvann har tradisjonelt blitt tilknyttet kommunenes avløpsnett, enten via overvannsledninger eller såkalte fellesledninger for både spill- og overvann. Dette medfører at vann som normalt ville trukket ned i bakken før en byutvikling, eller fortetting, i stor grad blir ledet bort uten mulighet til å infiltrere i bakken. Norges geologiske undersøkelse (NGU) (2018) trekker frem i sin forklaring om overvannshåndtering, viktigheten av å opprettholde en høy grunnvannstand i byer og ser derfor på lokale overvannstiltak med infiltrasjon som en ressurs. Opprettholdelsen av grunnvannstand er blant annet viktig for å unngå setnings-skader på eldre bygninger med trefundamenter. Slike fundamenter vil forvitte om de ikke står under grunnvannstand. I tillegg påpeker NGU det åpenbare; at innslag av vann og grønne lunger i et bysentrum øker trivselen i bybildet. Rådgiverfirmaet Asplan Viak har gjennomført et forprosjekt med tittelen «Overvann som ressurs» (2014). Rapporten fra forprosjektet påpeker at alternativet til å fjerne vannet fra sitt naturlige kretsløp, via rørledninger er å håndtere vannet «etter naturens egne prinsipper i forsenkinger, regnbred, åpne bekker og

renner, kanaler og dammer». Da vil man i motsetning til fulle rørledninger og kjelleroversvømmelser kunne få en ressurs for opplevelse, lek og biologisk mangfold. Det har vist seg at økte innslag av vann, kan heve attraktiviteten til et område i urbane strøk. Klimaetaten (2017a) i Oslo kommune trekker fram nyrenovertede Deichmansgate som et godt lokalt eksempel. Denne gaten var en mørk og rufsete gate som var vanskelig å holde vedlike. Gaten måtte fornyes og det ble bestemt å gjennomføre et pilotprosjekt for overvannshåndtering med regnbed. Totalt 9 regnbed sørger for overvannshåndteringen og grunnvannstanden. Bygningene i gaten står på såkalte treflåter som er avhengig av denne vannstanden for å ikke forvitte. Regnbedene infiltrerer regnvann for å opprettholde grunnvannstanden og bedene vanner seg selv ved nedbør, slik at det ikke er behov for tilført vanning for plantene. Gaten er blitt en lys og grønn lunge i byen, som i tillegg til et levende bymiljø ivaretar overvannet lokalt i henhold til Oslo kommunes strategi for overvannshåndtering.

3.3 Forurensning av overvann

Overvann fra tak anses ofte som rent, mens overvann fra gater og fortau anses ofte som forurenset. Miljødirektoratet (2020b) beskriver at overvann kan mobilisere forurensning og dermed være en kilde til forurensning. Det er aktuelt med tiltak mot forurensning når overvann føres til sårbar resipient eller skal håndteres på overflaten i områder hvor det er mye trafikk og hvor mange mennesker ferdes. Det er viktig å vurdere hvilke typer forurensning overvannet kan bringe med seg, eller hvilken forurensning overvannet har før det treffer nedslagsfeltet. På oppdrag for Miljødirektoratet har rådgiverfirmaet COWI as (2012) utarbeidet en rapport som inngående beskriver hvilke typer forurensning som kan forventes å finnes i de ulike nedslagsfelt, som bysentrum, tettsteder og områder med mer spredt bebyggelse. Trafikkbildet blir også vurdert i forhold til mengde trafikk og tillatte fartsgrenser. For bysentrum som Oslo sentrum, beskriver rapporten at det kan ventes å finne mikroplast fra bildekk og annen forsøpling, vegsalt og tungmetaller. Det kan også forekomme forurensning fra spesifikke hendelser som ulike utslipp, bil- og bygningsbranner m.m. I tette byer med bygninger som har kobbertak kan det forventes å finne høye verdier av kobber i overvannet fra takene. Rapporten konkluderer med at vurdering av rensing av overvann må beregnes ut fra lokale data, måleresultater fra vannprøver og konkret vurdering av sårbarheten til resipient. Rensing kan foregå med ulike metoder, avhengig av type og mengde forurensning. Mange typer forurensning

kan renses ved magasinering, som gir overvannet lengre oppholdstid i motsetning til kort oppholdstid i rørnett eller harde flater. Rensing kan foregå ved ulike former for sedimentering eller sandfiltrering. For utrensning av tungmetaller, som kobber, bør overvann akkumuleres nær kilden til overvannet. Rapporten beskriver videre at i forbindelse med metaller i overvann er det ikke de akutte virkningene som vil være hovedproblemet, men den langsiktige opphopningen tilført en resipient. Et infiltrasjonsanlegg for rensing, for eksempel et regnbed, må ifølge rapporten tilpasses forurensningen lokalt i tillegg til at renseprosessen overvåkes gjennom anleggets levetid. Det kommer også frem at ved spesielle forurensninger bør muligens overløp føres til renseanlegg via fellesledning fremfor direkte til resipient via overvannsledning.

Norsk vann (2019) har i et høringsutkast til Statens vegvesen sin nye håndbok for vannhåndtering (2020) utarbeidet et eget kapittel for «Bortledning og rensing av forurenset overvann». I tillegg til større rensemetoder for veibygging, blir det i dette høringsutkastet spesifisert rensekapasitet i infiltrasjons- /filterbasseng (regnbed) som egner seg for mindre arealer. Det spesifiseres hvilke avstander rensende jordlag skal ha til grunnvannstanden der rensing foregår og hvordan rensing av tungmetaller påvirkes av annen rensing, som for eksempel vegsalt. Ved store innslag av vegsalt, må jord- eller sandlaget for rensing være noe dypere slik at tungmetaller som frigjøres høyt oppe i renselaget, kan bindes lengre ned. Det er ikke kartlagt renseeffekten for mikroplast, men det antas i høringsutkastet at mesteparten av mikroplasten vil holdes tilbake i jord eller filtermedier som er beregnet for å rense andre materialer, som for eksempel tungmetaller. Under vises Norsk vanns realistiske anslag for renseeffekt i et regnbed med jord- eller sandmasser for rensing:

Forbindelse	Rensegrad
Partikler	80 - 95 %
Olje	90 %
Tungemetaller (Cu, Pb, Zn)	80 - 95 %
PAH	70 - 90 %
Totalt fosfor	50 - 70 %
Totalt nitrogen	40 - 50%

Figur 10: Rensegrad for overvann i infiltrasjonsanlegg (Norsk vann, 2019)

3.4 Lokal overvannsdiskonering

Lokal overvannsdiskonering (LOD) beskrives av Sintef byggforsk (2012b) som positive tiltak for overvannshåndtering for å håndtere den stadig økende vannmengden som generes i tettbygde strøk. Behovet for LOD-tiltak, begrunnes av Lindholm (2018) av flere årsaker, hvor kapasiteten til dagens avløpsnett trekkes frem. Avløpssystemene er ikke dimensjonert for nedbøren vi ser i dag og som vi antar kommer fremover. Ved større nedbørhendelser blir vannføringen som tilføres høyere enn kapasitetsgrensen til ledningsnettet. Det er slike hendelser som kan forårsake kjelleroversvømmelser, overflommede gater og forurensningsutslipp når spillvann og overvann blandes og føres til overløp. Overløpene føres som oftest til bekker, elver, innsjøer og fjorder og forurenser disse resipientene. Dersom vann fra nedbørhendelser håndteres lokalt ved infiltrasjon og fordrøyning, vil en tilsvarende nedbørhendelse kunne ligge godt under kapasitetsgrensen til det samme ledningsnettet. Blad 514.114 i Byggforskserien (2012a) definerer lokal overvannsdiskonering som blant annet det å; «utnytte muligheter for lokal infiltrasjon i vegetasjonsdekket og i grunnen», «utnytte muligheter for fordrøyning i åpne eller nedgravde magasiner», «holde igjen takvann ved å bygge grønne tak eller føre takvann til infiltrasjonsområder eller magasiner» og «å ta høyde for klimaendringer ved dimensjonering». Norges offisielle utredninger (NOU 2015: 16) beskriver LOD-tiltak som nyttig til å redusere forurensningen fra overvann. Eksempler på tekniske elementer for LOD beskrives som (Lindholm, 2018):

- Grønne tak, som suger opp og bruker en del av regnvannet til fordampning og forsinke det resterende regnvannet.
- Regnbed, som er en forsenking i terrenget, som samler, infiltrerer, fordrøyer og renser overvann, forklart nærmere i kapittel 3.5.
- Infiltrasjonsarealer, som er flater hvor overvann infiltrerer ned i grunnen (til grunnvannet). Slike arealer kan for eksempel være gressflater, jord- og markområder og steinbelegninger hvor fuger er permeable.
- Åpne vannrenner til annet LOD-tiltak. Slike renner leder overvann bort fra tak, veier og plasser. Vannrenner vil stort sett ikke infiltrere overvann, men forsinke det. Slike renner vil også kunne utnyttes til å skape positive effekter i bybildet.

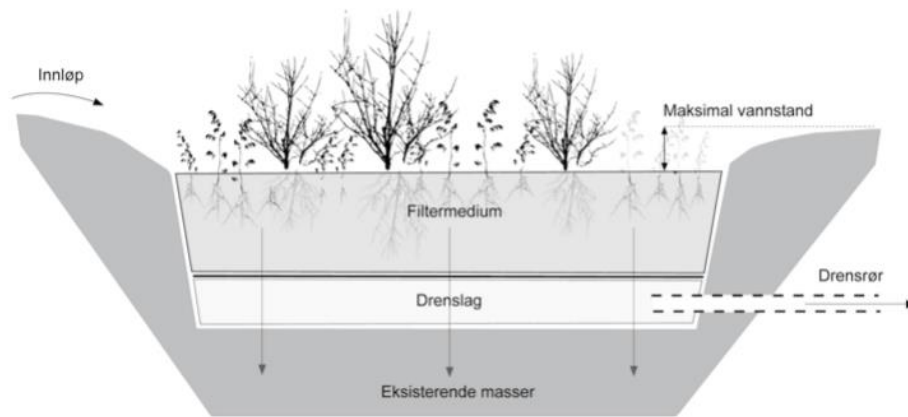
- Tette fordrøyningsmagasiner og lagring av vann til annet formål, som hagevanning er også gode LOD-tiltak.

Som innledningen og problemstillingen forklarer, så vil denne oppgaven avgrenses til å beregne og vurdere regnbed som LOD-tiltak på eiendommen til Stortinget.

3.5 Regnbed for infiltrasjon og fordrøyning

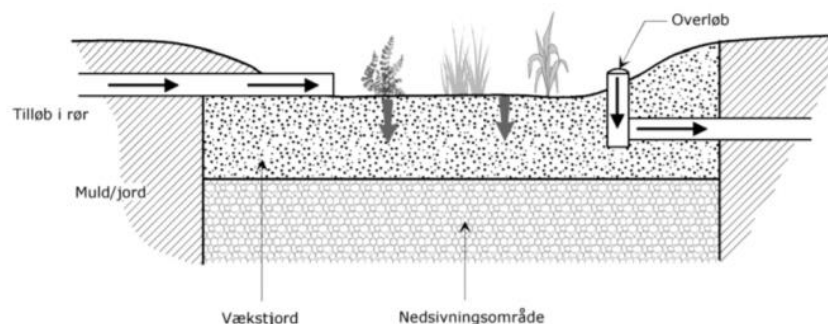
Regnbed er et LOD-tiltak og utformes som en forsenkning i terrenget. Regnbedet samler, infiltrerer, fordrøyer og renses overvann fra omkringliggende flater som tak, gater og fortau. Typisk vil et regnbed infiltrere mindre nedbørmengder og ved en større nedbørhendelse vil regnbedet fordrøye vannet før det renner videre til avløp eller flomvei. Norges geologiske undersøkelse (2018) beskriver at funksjonen til et regnbed som fanger opp lokalt overvann er å hindre oversvømmelse, redusere flomtoppbelastning til avløpssystemet og etterfylle grunnvannet i de urbane miljøer. Sistnevnte kan motvirke setnings-skader på hus og anlegg i byer ved at grunnvannstanden opprettholdes via infiltrasjon, slik at setningsutsatte trefundamenter holdes under vann og ikke gis tilgang til oksygen og derfor opprettholder sin funksjon. Et regnbed kan ifølge faktabladet til Oslo kommune for regnbedsutforming (2016), dimensjoneres til å holde overvann helt tilbake eller midlertidig ved å fordrøye vannet. Et regnbed er i motsetning til en våtmark, ikke en transportvei for overvannet, og har dermed ikke et permanent vannspeil. Et regnbed har et rikt mangfold av vegetasjon. Regnbed utformes for å infiltrere alt eller deler av vannet som tilføres. Regnbedet kan også utformes med overløp med kontrollert påslipp til avløps- eller overvannsledning. Dette kan bidra til at arealet på regnbedet reduseres eller at regnbedet kan håndtere større mengder vann ved å fordrøye vann før påslipp til ledning. Infiltrasjonsevnen til et regnbed er avhengig av massene i grunnen. Ifølge Paus og Braskerud (2013) er leirjord uegnet for infiltrasjon av vann, og regnbedet må derfor alltid dreneres om det er leirjord på anleggingsplassen. Om de stedlige massene er leirfattige og vurderes brukt til infiltrasjon og som filtermedium, må det gjennomføres prøver av infiltrasjonsevnen. Der hvor stedlige masser ikke er tilstrekkelig for infiltrasjon, må deler av, eller all masse skiftes ut før regnbed anlegges. Bruken av regnbed er velutprøvd og etablert flere steder i verden, men Norges geologiske undersøkelse (NGU) (2018) beskriver at mye av den internasjonale erfaringen med bruk av regnbed til overvannshåndtering ikke har vært mulig å direkte overføre til bruk i Norge grunnet de store

klimaforskjellene vi har her i landet. NGU beskriver videre at det av denne årsak er anlagt flere regnbed for forskning og utvikling for bruk i Norge. Det er i dag flere gode eksempler på regnbed som fungerer godt under norske forhold (Braskerud og Paus, 2013). Regnbed kan rense flere ulike forurensinger. Dette er forklart nærmere i kapittel 3.3. Under vises en prinsippskisse over et regnbed med drenslag (Braskerud m. fl., 2012), hvor vannet infiltreres via drensledning til infiltrerende grunn. Der hvor det finnes stedlige gode infiltrerende forhold kan drenerør utelates.



Figur 11: Skisse regnbed med drenering i tette masser. Skisse laget av E. Stenberg og K. Paus (Braskerud m. fl., 2012)

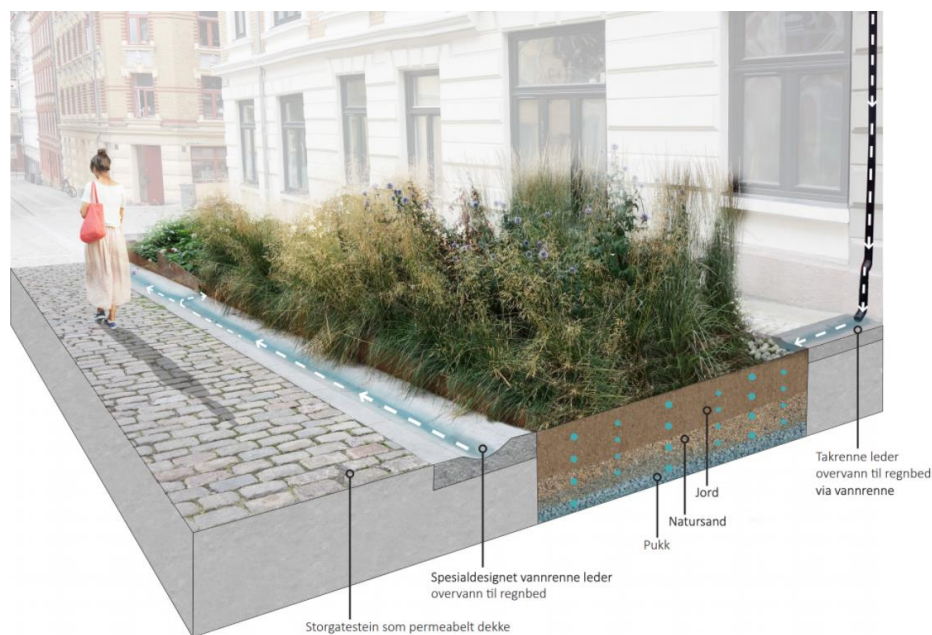
Enkelte steder ønskes det at tilførsel fra omkringliggende arealer eller taknedløp kommer via rørføringer, eller en kombinasjon av rørtilførsel og terrengtilførsel. Under vises en illustrasjon av et regnbed hvor innløpet vises som rørføring. Illustrasjonen viser også et eksempel på utløp (overløp) fra regnbedet som kan ledes til kommunalt ledningsnett. Der hvor det finnes egne bestemmelser for maksimalt påslipp til kommunal ledning, må utløpet reguleres til korrekt maksimal grense for overvannspåslipp.



Figur 12: Illustrasjon av oppbygging av regnbed med overløp (Aalborg kommune, 2016)

I artikkelen til Braskerud og Paus (2013), beskrives det detaljerte eksempler på dimensjonering av regnbed for norske forhold. Regnbedets areal bør, basert på generelle retningslinjer være mellom 5 og 10 % av nedslagsfeltets areal. Dette anslås i artikkelen å være et konservativt anslag og at areal kan bestemmes av spesifikke ønsker, som for eksempel at regnbedet dimensjoneres til å ha kapasitet i forhold til tre-trinns strategien, nærmere beskrevet i kapittelet nedenfor. Infiltrasjonsevnen i et regnbed for norske forhold bør settes til 10 cm i timen. Enkelte land godtar vesentlig lavere infiltrasjon, men norske forskningsprosjekter viser en vesentlig lavere infiltrasjonsevne ved lave temperaturer, slik som i Norge. Høyden i regnbedet som tilsvarer magasineringsvolumet i bedet, settes normalt til 15 – 30 cm. Høyere dybde enn dette kan medføre at det regnbedet må sikres. Dersom det er et regnbed i et bymiljø, kan deler av regnbedet være støpt opp og ved stor høyde er det fare for fall ned i regnbedet.

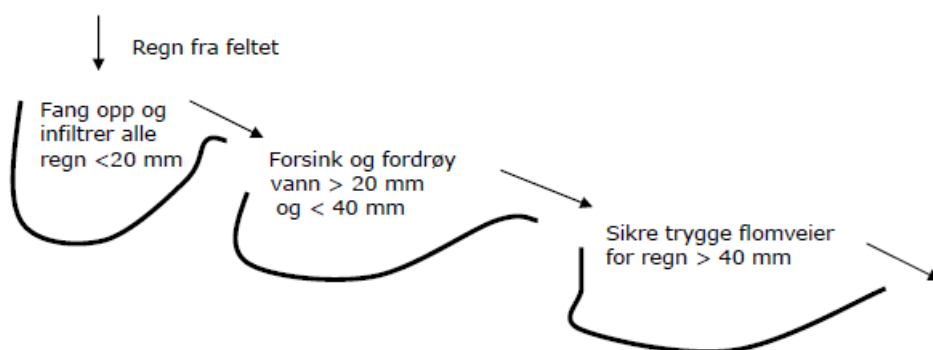
I dag finnes det flere gode eksempler på bruk av regnbed, herunder nevnte Oslo kommunes pilotprosjekt i Deichmansgate med totalt 9 regnbed, som utgjør omtrent 200 kvadratmeter i overflate. Gaten er ifølge planleggerne i rådgiverfirmaet Asplan Viak (2016) et pilotprosjekt, hvor det er benyttet 4 ulike oppbygginger av regnbed. På den måten kan det høstes erfaringer om hvilke oppbygginger som fungerer i Oslo sentrum. Gatens oppbygging er med på å gjøre byen mer robust mot stadig økende nedbør og det biologiske mangfoldet bidrar til økt trivsel i området.



Figur 13: Illustrasjon over regnbed, Deichmansgate Oslo illustrert av Asplan Viak (NAML nytt, 2019)

3.6 Tre-trinns strategi

Tre-trinns strategi eller tre-ledds strategi, er omtalt av flere store organisasjoner i Norge, herunder Norsk vanns rapport 162 – Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering (2008) og Norges vassdrag- og energidirektorat sine infosider om urbanhydrologi (2016). Strategien brukes i flere land som Sverige, Storbritannia og Australia (Paus, 2020b). Strategien har i Norge ulike tilnærminger i trinnene, men hensikten er den samme. Utgangspunktet for strategiens bruk i Norge omtales ofte som «Norsk vanns tre-ledds strategi for håndtering av nedbør» og er illustrert slik (Norsk vann, 2008):

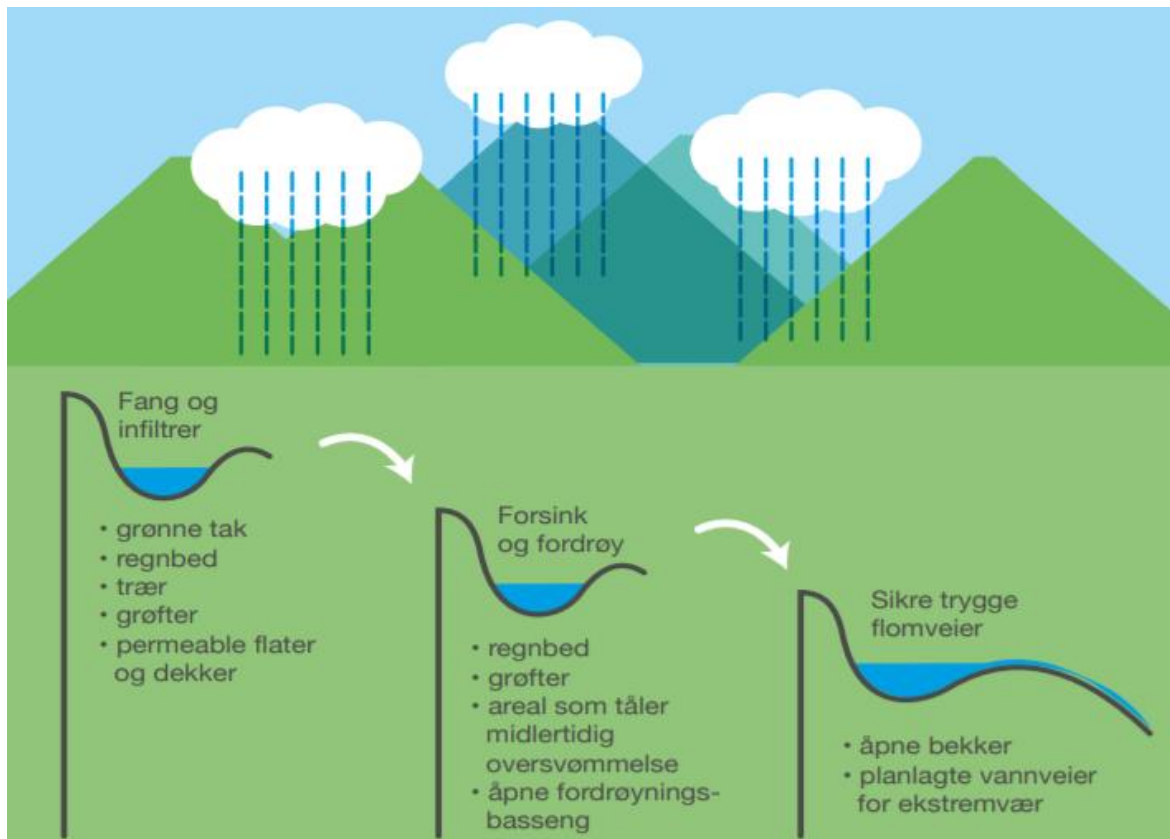


Figur 14: Norsk vanns tre-ledds strategi for håndtering av nedbør (2008)

Illustrasjonen til Norsk vann spesifiserer hvilke nedbørsmengder som skal håndteres i de ulike trinnene. Ifølge Paus (2018) må disse verdiene tilpasses lokalt og modellen kan derfor ikke benyttes overalt, uten tilpasninger. Strategien med spesifiserte nedbørsmengder sier ingenting om tiden nedbøren varer. Dersom et regn på 20 mm faller over et døgn, vil dette anses som normalt og kunne håndteres i trinn 1. Dersom et regn på 20 mm faller på 20-30 minutter, vil dette anses som ekstremnedbør og vil ikke kunne håndteres i trinn 1 alene. Flere land har derfor definert strategien med gjentagsintervall. Et eksempel fra Australia er: opptil 1-års regn for trinn 1, opptil 5-års regn for trinn 2 og opptil 100-års regn for trinn 3. En annen tilnærming til hvilke vannmengder trinnene skal håndtere er å definere hvilken andel av årsnedbøren som skal håndteres åpent eller infiltreres i trinn 1 (Paus, 2018). Denne metodikken er nærmere beskrevet i underkapittel 3.12 i dette hovedkapittelet.

Et enkelt internett-søk med søkeord «tre-trinns strategi for overvann», viser at mange norske kommuner benytter tre-trinn strategien i sine veiledninger og krav for håndtering av overvann, herunder Oslo kommune sin handlingsplan for overvannshåndtering (2019). De

fleste kommuner har samme strategi som bygger på figuren over, men har valgt å ikke definere vannmengder for de ulike trinnene. Kommunene definerer ofte hovedmålet for de ulike trinnene og spesifiserer hvilke LOD-tiltak som kan oppfylle håndteringen i de ulike trinnene. Under vises Oslo kommunes (2019) tre-trinns strategi for håndtering av overvann:



Figur 15: Tre-trinns strategi for overvannshåndtering i Oslo kommune (2019)

Funksjonen til trinn 1 i tre-trinnstrategien kan være mangfoldig (Paus, 2018). Trinn 1 kan ivareta naturlig vannbalanse via infiltrasjon og rensing av overvann. Trinnet bidrar også til å avlaste avløpssystemene gjennom hele året. Trinn 2 skal forsinke og fordrøye slik at vannet bremses og avhjelper belastningen på avløpsnett. De nedbørmengder som ikke ivaretas av trinn 1 eller 2, skal i henhold til 3-trinns strategien ledes til en sikker og trygg flomvei. Det gjennomføres ikke alltid egne beregninger for dette trinnet, men Norsk vann sin rapport 162 (2008) forklarer at det skal sikres trygge og åpne flomveier opp til 100-års flom. I en presentasjon av Paus, gjengitt på Norges vassdrags og energidirektorat sine nettsider (2020a) forklares det at dagens praksis for flomberegninger i trinn 3 er nedbørhendelser med 50 – 200 års gjentakelse tillagt klimafaktor, nærmere beskrevet i kapittel 3.9.

3.7 Overordnede føringer fra Oslo kommune

I tillegg til en rekke faktaark og mindre veiledninger som Oslo kommune (2020d) har utarbeidet og tilgjengeliggjort på sine nettsider, er det tre sentrale dokumenter for å planlegge og utforme overvannshåndtering i Oslo. Det er også utarbeidet kartverk for trygg overvannsavrenning og flomkart over byen. Disse er tilgjengelige i kartportalen underoslo.no (2020b) med innlogget bruker. Oslo kommune har dermed fulgt opp regjeringens anbefalinger i Norges offentlige utredninger (NOU 2015: 16), hvor utvalget vektlegger viktigheten av at en kommune utarbeider gode beslutningsprosesser for å oppnå positiv samfunnsøkonomisk netto nytte ved investeringer i overvannstiltak. Beslutningsprosesser for overvannshåndtering bør fremgå av en strategi eller handlingsplan. Utvalget legger også vekt på viktigheten av å kartlegge og dokumentere trygge flomveier for de ulike områdene i kommunene. I tillegg til dokumentene tilknyttet overvannsstrategien, trekker denne oppgaven inn Vann- og avløpsetatens i Oslo kommunes interne retningslinjer for separering av ledninger, nærmere beskrevet i underkapittel 3.7.3.

3.7.1 Strategi og handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo kommune

Nåværende strategi for overvannshåndtering ble vedtatt i Oslo bystyre i 2014 (Oslo kommune, 2013). Strategien har fem overordnede føringer. Det første punktet «Vi skal ha felles mål for overvannshåndteringen» skal sikre at klimaendringene og miljøet ivaretas, samtidig som at løsninger som blir valgt bør tilføre byen merverdi. Punktet skal også ivareta at utvikling av byområder gir en mulighet til å ivareta overvann på en bærekraftig måte.

Punkt to i strategien «Vi skal bruke åpne og flerfunksjonelle overvannsløsninger», forklares i strategien med at for å tilpasse seg mer krevende vær, så må vi frigjøre oss fra tanken om at alt vann skal i rør. Overvann må håndteres i nærmiljøet eller i egen hage i stedet for å belaste avløpssystemet. Åpne løsninger vil i tillegg til å lette trykket på avløpssystemet, også gi estetikk og liv i byen.

Punkt tre: «Overvann skal være en naturlig del av tidlig planlegging», forklares med at utbygging av ny bebyggelse skal ivareta overvannshåndtering i planleggingen, men at i eksisterende bebyggelse kan ofte overvannshåndtering by på en del utfordringer. Oslo

kommune må gjøre mye, men den enkelte grunneier har også ansvaret for å gjøre en del forbedringer på egen eiendom for å håndtere overvannet.

Punkt 4 «Det koster å forebygge», legger vekt på at det er billigere å forebygge enn å betale skader. Det forklares en ansvarsfordeling mellom etatene i Oslo kommune, men strategien presiserer at «også private eiere må forvente kostnader med å håndtere overvann på egen grunn».

Punkt 5 «Vann- og avløpsetaten skal ha sektoransvar for overvann», betyr at etaten har det koordinerende ansvar og skal i tillegg til å ha helhetsperspektivet, også veilede andre næringsdrivende i temaet overvann. Punktet fremhever at «alle har et ansvar for å håndtere overvann på en god og trygg måte» i Oslo.

«Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo» (Oslo kommune, 2019) har til hensikt å sette handling til målene i «Strategi for overvannshåndtering i Oslo 2013 – 2030».

Handlingsplanen har identifisert 5 temaer som kommunen må ha fokus på, og prioritere de neste årene for å oppnå at nye og eksisterende områder utvikles i en mer bærekraftig og klimatilpasset retning for overvannshåndtering:

- Skaffe mer kunnskap
- Forebygge konsekvenser
- Utvikle forbildeprosjekter
- Samarbeide tettere
- Informere og veilede bedre

For å nå målene i strategien setter handlingsplanen hovedfokus på to sentrale emner; «naturlige dreneringslinjer må opprettholdes» og «tre-trinns strategien må gjennomføres i praksis». For å kunne gjennomføre tre-trinns strategien vektlegger handlingsplanen at strategien må legges til grunn i all arealbruk. Dette anses som enklere i ny arealutvikling, men noe mer tilpassende i eksisterende bebyggelse. Det forklares at man i sentrale bydeler hvor bygningene står tett, må kunne aksepteres at det benyttes en kombinasjon av lukkede og dels åpne løsninger, men at det langsiktige perspektivet skal være at håndtering av overvann med åpne løsninger skal ligge som føring i bunnen.

3.7.2 Veileder for overvannshåndtering for utbygger

Oslo kommune (2017b) har utarbeidet en veileder som setter føringer og krav til eiendomseiere og utbyggere for å håndtere overvann i Oslo. Veilederen redegjør for hvilke regler som gjelder for håndtering av overvann i Oslo, lovverk som skal følges og hvordan en utbygger eller eiendomseier skal forholde seg til etatene i Oslo kommune i en bygge- eller ombyggingsprosess. Det er denne veilederen som presiserer hvilke påslippsmengder som tillates ved de ulike dimensjoner og hvilke nedbørintensiteter som skal benyttes i prosjekteringen av overvannsanlegg. Veilederen har to hovedprinsipper for håndtering av overvann som er førende for Oslo:

- «Tilførselen av overvann til det offentlige avløpsnettets skal minimaliseres»
- «Alt overvann skal fortrinnsvis tas hånd om åpent og lokalt, dvs. gjennom infiltrasjon, utslipp til resipient, eller på annen måte utnyttes som ressurs, slik at vannets naturlige kretsløp opprettholdes og naturens selvrensingsevne utnyttes»

3.7.3 Vann- og avløpsetatens interne retningslinjer for separering

Dette underkapittelet trekker frem innhold fra Vann- og avløpsetaten i Oslo (VAV) sine interne retningslinjer for separering av ledningsnett i Oslo kommune (2017) og innhold gjengis med tillatelse fra VAV. Dokumentet er ikke allment tilgjengelig og oppgaven gjengir ikke VAV sine spesifikke planer for separering, men bruker rapporten som kilde for å fremheve dagens utfordringer med fellesavløpssystem og begrunnelse for å minske tilførsel av såkalt fremmedvann til renseanleggene. VAV definerer fremmedvann slik:

«Fremmedvann er alt vann som kommer inn i avløpfelles- og spillvannssystem som ikke er spillvann. Fremmedvann kan være overvann, drens vann, innlekking av grunnvann, innlekking av drikkevann med mer»

Rapporten beskriver at fremmedvann er en stor utfordring for avløpssystemer i Norge. Fremmedvann medfører flere overløpsutslipp til resipient, kjelleroversvømmelser, økte rensekostnader og vanskelig drift for renseanlegg. VAV kartla i 2012 fremmedvannmengdene for Oslo og fant at gjennomsnittlig fremmedvannmengde i Oslo var 58% i ledningsnett. Det pekes på at løsninger som separering av fellessystem og rehabilitering av kummer og

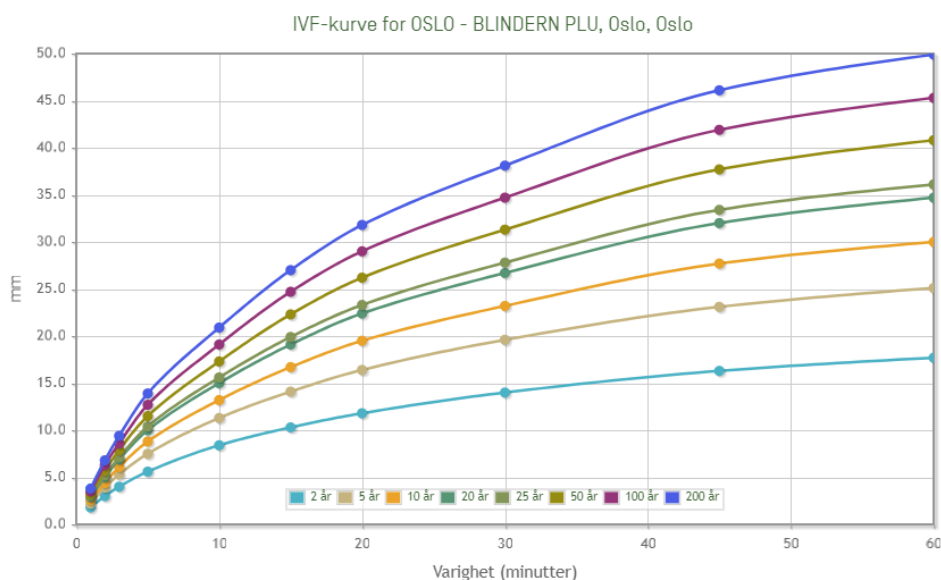
ledningsnett, vil kunne få ned fremmedvannmengden i ledningsnettet. Arbeidet med å redusere fremmedvannmengden i Oslo anses som en langsiktig prosess, og blant flere konkrete punkter peker VAV på separering av fellessystem og stikkledninger og lokal overvannsdiskonering (LOD) som viktige. Fjerning av takvann og vegvann nevnes som konkrete LOD-tiltak for å bidra til å senke fremmedvannmengden i Oslo.

VAV har i sin hovedplan for vann og avløp satt seg som mål å redusere fremmedvannmengden til fylkesmannens krav på 50% av totalen for renseanleggene innen 2030. Kravet kan skjerpes ytterligere i fremtiden. For å oppnå dagens krav på 50 %, må det fjernes totalt 8 mill. m³ eller 0,53 mill. m³/år fremmedvann fra avløpssystemene i løpet av de neste 15 årene. Hovedhensikten med å redusere fremmedvann er å redusere utslippene fra renseanleggene. Disse utslippene øker proporsjonalt med vannet som tilføres et renseanlegg. Renseanleggene i Norge er ikke bygget med tanke på å rense den type forurensning som kommer fra overvann. Den negative effekten av forurensningen kommer an på hvilke konsentrasjoner og mengder forurensningen kommer i, resipientens tåleevne og hvilken etterbruk restproduktene fra renseanleggene er tiltenkt.

For å redusere fremmedsvannmengden er separering et av hovedtiltakene på kommunalt nivå. Dersom Oslo kommune separerer sine ledninger i et område, vil de med hjemmel i forurensningsloven §22, kunne kreve at private eiere også separerer sine stikkledninger. Til tross for separering ønsker VAV at private bygningseiere avhjelper flomtopper med å frakoble taknedløp og føre disse til LOD-tiltak, som for eksempel regnbred. For større eksisterende bygninger, vil det kunne være aktuelt å tillate påslipp fra LOD-tiltak til offentlig ledningsnett, tilsvarende påslippskravene som stilles til nye bygninger i dag. Kravene til påslipp er hjemlet i «Veiledning for overvannshåndtering for utbygger» forklart nærmere i kapittelet ovenfor.

3.8 Nedbørintensiteter (IVF-kurve)

Nedbørintensiteter, eller dimensjonerende nedbør omtales ofte som IVF-verdier. «IVF betyr nedbørintensitet (I) som i ulike varigheter (V) kan forventes å forekomme med en viss hyppighet/frekvens (F)» (Norsk klimaservicesenter, 2020a). Nedbørhyppighet betegnes ofte som gjentakelse eller returperiode. Videre i denne oppgaven omtales de ulike hendelsene fra IVF-kurver som nedbørhendelser. Overvannsveilederen til Kristiansand kommune (2016) eksemplifiserer at en 100 års nedbørhyppighet, statistisk sett vil inntreffe én gang hvert 100 år. Det beregnes IVF-verdier for nedbør ned mot ett minutt og oppover. Nedbørintensiteter fra IVF-kurve defineres ofte som «kasseregner» (Lindholm, 2015). For tettbebygde strøk og byer vil det være det kortvarige regnet som vil påvirke mest, mens ved større vassdrag vil det være det langvarige regnet som vil påvirke mest, gjerne nedbøren over flere døgn (Norsk klimaservicesenter, 2020a). For en by som Oslo, vil det altså være de korte bygene som vil påvirke mest og kunne skape de største problemer med håndteringen av overvann og føre til skader. IVF-kurver hentes ned som graf hvor nedbøren oppgis i mm eller l/s/ha. Under vises eksempel på en IVF-kurve fra målestasjon SN18701 Blindern, Oslo oppgitt i mm:



Figur 16: IVF-kurve fra stasjon SN18701 Blindern (Norsk klimaservicesenter, 2020c)

3.9 Klimafaktor

Det er ifølge rapporten «Klimapåslag for kortidsnedbør – anbefalte verdier for Norge» (Dyrredal og Førland, 2019), observert en økning i nedbøren på 18% de siste 100 årene. Det kan fortsatt forventes en økning av nedbøren i de fleste sesonger fremover. For å anslå fremtidig nedbør multipliseres dagens dimensjonerende nedbørverdier fra IVF-kurver med en angitt faktor, kalt klimafaktor. Rapporten beskriver i detalj grunnlaget for de klimafaktorer som anbefales benyttet av Norsk klimaservicesenter for anslag om fremtidig nedbør i Norge. Norsk klimaservicesenter (2020b) har forenklet de detaljerte beregningene fra rapporten til en enkel tabell som forklarer klimapåslagene som er gjeldene fra og med januar 2020:

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

Figur 17: Klimapåslag gjeldene fra januar 2020 (Norsk klimaservicesenter, 2020b)

3.10 Den rasjonelle metode

Den rasjonelle metode benyttes for å manuelt beregne maksimalvannføringen for overvann fra et nedslagsfelt og har vært benyttet siden forrige århundreskifte (Norges vassdrags og energidirektorat, 1997) . I Norges vassdrags og energidirektorat (2015) sin «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt», beskrives metoden som mye benyttet til enkle overslag i små nedbørfelt. Metoden baserer seg på sammenhengen mellom nedbør og avrenning. Det er flere definisjoner av hva som er «små nedbørfelt», men i Norsk vanns rapport 162 (2008) «Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering» anbefales det ikke å bruke manuelle metoder for nedbørfelt som er større enn 20 – 50 Ha. Rapporten fastslår enkelte begrensninger med metoden ved at man er låst til å bruke konstant regnintensitet og at det ikke vil være mulig å gjennomføre forurensningsanalyser av overvann i en slik manuell beregning. Utover dette anslår rapporten at man vil oppnå brukbare overslagsverdier for

maksimal vannføring i små nedbørfelt ved bruk av metoden. For å finne maksimal vannføring fra nedbørfeltet benyttes den rasjonelle formel (Norges vassdrags og energidirektorat, 1997):

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

Hvor

Q = Avrent vannføring fra feltet i l/s/ha eller m³

φ = Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørsmengde (avrenningskoeffisient)

A = Areal for hele nedslagsfeltet i hektar eller m²

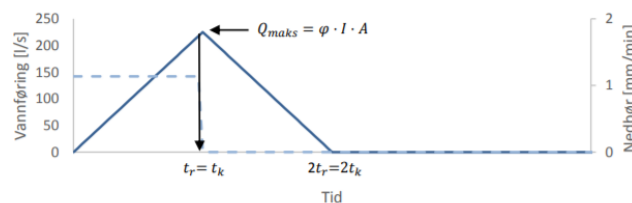
I = Nedbørintensitet i l/s ha eller mm

Avrenningskoeffisienten defineres av Norges vassdrags og energidirektorat (1997) som en flates vanntetthet i forhold til absolutt vanntett flate. Ved helt vanntett flate kan avrenningskoeffisienten (faktoren) settes til 1,0. Ved permeable flater som plen, grusdekker og andre flater som lar vannet infiltrere, settes avrenningskoeffisient til 0,5 etter forhåndsdefinerte tabeller. Dersom et nedbørfelt består av flere ulike flater, beregnes en midlere avrenningskoeffisient for hele nedbørfeltet.

I den rasjonelle metode beregnes konsentrasjonstid (t_k) for nedbørfeltet ved dimensjonering av rør, bekker, flomvei, kanaler eller renner (Paus, 2017). Konsentrasjonstiden defineres i Norsk vanns rapport 162 (2008), som «den tiden en regndråpe bruker fra den faller helt i ytterkant av feltet til den når frem til utløpet av feltet».

For å finne den regnvarigheten (t_r) som blir dimensjonerende i den manuelle metoden kan Imhoffs sats benyttes: «Største avrenning fås for det regnskyll som har varighet lik konsentrasjonstiden» (Norges vassdrags og energidirektorat, 1997).

$$t_r = t_k$$



Figur 18: Forklaring av Imhoffs sats hvor maksimal vannføring oppnås der regnvarigheten er lik konsentrasjonstiden (Paus, 2017)

3.11 Regnenvelopmetoden

Regnenvelopmetoden er en metode for å beregne fordrøyningsvolum for håndtering av overvann og dempe flomtopper. I VA-miljøblad nr. 69, 2015 beskriver Oddvar G. Lindholm (2015) tre metoder for å beregne volum for fordrøyning av overvann:

Enkel regnenvelopmetode med konstant utløp baserer seg på et bestemt maksimalt konstant utløp fra magasinet. Én måte å definere maksimalt utløp, kan være å benytte det et nedbørfelt ga før det ble utviklet eller bebygd. I henhold til Paus (2019) sin tolkning av tre-trinn strategien, kan konstant utløp også defineres som maksimalt tillat påslipp til kommunalt ledningsnett. Aron og Kiblers metode beskrives av Lindholm (2015) som en metode hvor det er lineær økende vannføring ut av fordrøyningsmagasinet til det er fylt opp, og deretter antas en synkende vannføring fra fordrøyningsmagasinet. Den siste metoden som beskrives er en metode hvor man definerer høyde i fordrøyningsmagasinet ved en bestemt nedbørhendelse og benytter denne vannføringen i hele nedbørshendelsen. I denne oppgaven benyttes enkel regnenvelopmetode for beregninger.

Videre beskriver Lindholm (2015) at nedbørvolumet i regnenvelopmetoden beregnes fra «kasseregnet» som hentes fra IVF-kurve. Dette kan føre til en undervurdering av regnsituasjonen da en IVF-kurve ikke medtar før- og etterregn som også bidrar til regnvolumet. Metoden tar heller ikke høyde for konsentrasjonstiden for nedslagsfeltet. Konsentrasjonstiden vil påvirke nedbørmengden, slik at ikke all nedbør vil treffe fordrøyningsmagasinet på samme tid. Slik sett kan ulempene ved metoden veie noe opp for hverandre, beskriver Lindholm.

3.12 Beregning av trinn 1 for andel av årsnedbøren

Dr. Ing. Kim H. Paus forklarer i sin artikkel utarbeidet for Vannforeningen; «Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i Norsk vanns tre-trinn strategi for håndtering av overvann» (2018), hvordan et regnbed kan dimensjoneres for å håndtere en viss %-andel av årsnedbøren for et nedslagsfelt i trinn 1. Det er i artikkelen utarbeidet dimensjonerende nedbørverdier for flere målestasjoner i Norge, herunder målestasjon SN18701 – Blindern i Oslo. Det er også utarbeidet verdier som et gjennomsnitt for landet i egen tabell. I artikkelen

forklares det at dersom et regnbed skal dimensjoneres til å fange opp for eksempel 95% av årsnedbøren, tilsvarer dette en begrenset nedbørmengde, og vil i forhold til å dimensjonere et regnbed for trinn 2 i samme beregning, kunne redusere arealbehovet til overvannstiltak betraktelig. For beregninger av nødvendig areal til regnbed benyttes regnvelopmetoden, omtalt i kapittelet ovenfor.

En slik metode vil kunne begrense en eiendoms tilføring til avløpsnettets betraktelig gjennom året, men vil ikke ivareta trinn 2 i tre-trinns strategien. Det må i tillegg til regnbedet etableres egne magasiner eller LOD-tiltak for å håndtere nedbørmengdene i trinn 2. Eksempel på slike kan være lukkede fordrøyningsmagasiner under terreng eller arealer med funksjon under store nedbørhendler, som for eksempel skateparker eller lekearealer. Slike plasser kan brukes til å fordrøye vann under store nedbørhendelser, da været uansett ikke innbyr til bruk, mens slike hendelser pågår.

4 Metode

Som beskrevet i introduksjonen, kan det benyttes både databaserte- og manuelle metoder for å regne ut tilrenning fra et nedbørfelt for å videre beregne belastning av ledninger og nødvendig størrelse på regnbed. Ved å gjennomføre en case-studie av stortingsbygningen med tilhørende tomt vil oppgaven kunne beregne hvor mye vann som belaster stikkledningene fra nedbøren som treffer takene i dag og med tillagt klimafaktor anslå fremtidig belastning av ledninger. I tillegg kan oppgaven beregne nødvendig regnbedsareal for å håndtere overvann fra de samme takene og utearealet. Styrkene med en case-studie er at oppgaven kan utvikle inngående kunnskap og helhetlig forståelse av enheten som studeres (Wähle, Dahlum og Grønmo, 2020). I oppgaven tas det utgangspunkt i værdata fra IVF-kurver fra målestasjon SN18701 – Blindern, Oslo, veileder for overvannshåndtering i Oslo, kartdata fra Oslo kommune og egen kjennskap til stortingsbygningen. For å analysere data er det benyttet en kvantitativ forskningstilnærming som tar utgangspunkt i 5 former for beregninger 1) belastning av stikkledninger, 2) beregning av trinn 1 for 95% av årsnedbøren, 3) beregning av trinn 1 med nedbørdata fra IVF-kurve, 4) beregning av trinn 2, 5) beregning av trinn 3. Dette kapittelet beskriver fremgangsmåte og formelbruk. Alle resultater fra beregninger vises i resultatkapittelet og selve beregningene finnes i vedleggene i slutten av oppgaven. Det er gjennomført to forskjellige beregningsmetoder for regnbedsareal for trinn 1. Begge metoder beskrives nærmere i metodekapittelet. Ved beregninger for regnbed benyttes hele eiendommen som nedslagsfelt for nedbør. Beregningene inkluderer fortau rundt eiendommen. Fortauet i Akersgata øst for bygningen er ekskludert fra beregningene, grunnet egne planer for gateopprustning, forklart nærmere i kapittel 2.4 om Wessels plass og Akersgata. For beregning av belastning av stikkledninger benyttes kun takarealet som nedslagsfelt.

4.1 Belastning av stikkledninger

For å kunne besvare den første delen av problemstillingen: «Hvor mye belastes stikkledningene fra stortingsbygningen av nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen (...)», er det tatt utgangspunkt i takarealene på stortingsbygningen. Arealene er nærmere forklart i kapittel 2.2, tidligere i oppgaven. For å beregne hvilken

belastning de fire stikkledningene fra stortingsbygningen får ved de ulike nedbørshendelser, er det i tråd med Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b), valgt nedbørintensiteter med en gjentakelsesperiode på 20 år for de ulike intensiteter som dimensjonerende nedbør. Det er gjennomført egne beregninger som også medtar klimafaktor for nedbør for å beregne antatt fremtidig nedbør. For å beregne den totale ledningsbelastningen for stikkledningene fra stortingsbygningen, må det utføres flere ulike beregninger:

Det må innledningsvis beregnes en konsentrasjonstid for nedbørfeltet. Konsentrasjonstid er tiden vannet bruker fra den første regndråpen faller lengst unna stikkledningen på overflaten (taket), gjennom takrenne- og nedløp og tiden vannet bruker gjennom selve stikkledningen. Komplette beregninger for konsentrasjonstid finnes i vedlegg 2 på side 80. For å finne konsentrasjonstiden for nedbørfeltet må man ha tilrenningstiden (t_t) på overflaten (inkludert vannets tid i renner og nedløp) og strømmingstiden (t_s) i stikkledningen. Det er i denne oppgaven benyttet et nomogram for anslå tilrenningstiden (t_t) (Statens forurensningstilsyn, 1979). Nomogrammet som er benyttet i denne oppgaven vises i vedlegg 2 på side 80 i denne oppgaven.

Strømmingstiden i stikkledninger er beregnet med følgende formel (Norsk vann, 2014):

$$t_s = \frac{L}{v}$$

Hvor

t_s = Strømmingstid i rør

L = Lengden av ledningen

v = Vannhastighet i rør (m/s)

For å anslå konsentrasjonstiden for nedbørfeltet benyttes følgende formel (Norsk vann, 2014):

$$t_k = t_t + t_s$$

Hvor

t_k = Konsentrasjonstiden for nedbørfeltet

t_t = Tilrenningstid på overflaten

t_s = Strømmingstid i rør

Det må videre avdekkes hvilken nedbørhendelse som er dimensjonerende for beregningene. Nedbørhendelse er regnintensitet fra IVF-kurve, forklart nærmere på side 31. For å avdekke dimensjonerende nedbørhendelse, kan Imhoffs sats benyttes. Denne satsen kan forklares med at den største avrenning fra et nedbørfelt fås for det regnskyll som har varighet lik konsentrasjonstiden (Norges vassdrags og energidirektorat, 1997), som igjen forklares med følgende formel (Paus, 2017):

$$t_r = t_k$$

Hvor

t_r = Dimensjonerende regnvarighet

t_k = Konsentrasjonstid for nedbørfeltet

Når det er avdekket hvilken nedbørintensitet som er dimensjonerende og skal benyttes for å beregne ledningsbelastningen, beregnes vannmengden fra hvert nedbørfelt. Vannmengden beregnes for hvert felt ved å beregne hvor mye vann som treffer de ulike delene av takene på stortingsbygningen. Hvert nedslagsfelt går til hver sin stikkledning. Samtlige beregninger for ledningsbelastning fra overvann vises i vedlegg 3 på side 81. Avrenningskoeffisient, forklart nærmere i kapittel 3.10, settes til 0,9 for kobbertak i denne oppgaven (Norsk vann, 2008). Den rasjonelle metode benyttes for å beregne vannmengden:

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

Hvor

Q = Avrent vannføring fra feltet i l/s

φ = Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørsmengde (avrenningskoeffisient)

A = Areal for del av nedslagsfeltet i hektar (ha)

I = Nedbørintensitet i l/s per ha

Det gjennomføres to beregninger for ledningsbelastning. Én beregning med nedbørdata fra IVF-kurve og én beregning med IVF-kurve og tillagt klimafaktor.

For å få nøyaktig vannmengde i ledningen, må det tillegges mengden spillvann som belaster stikkledningen samtidig som overvannet. Mengden spillvann som belaster stikkledningene, beregnes ved manuell telling av sanitærutstyr fra tekniske tegninger over stortingsbygningen. Normalvannmengder for de ulike sanitærutstyr er hentet fra Standard abonnementsvilkår for

vann og avløp – tekniske bestemmelser (Kommuneforlaget, 2008). Dette er en enkel beregningsmetode for VVS-bransjen. Det beregnes hvilke spillvannsmengder de forskjellige tappestedene utgjør maksimalt og deretter anslås det med et diagram hva som er største sannsynlige samtidige spillvannsmengde. Det antas at spillvannsmengdene vil utgjøre en minimal andel av den totale vannmengden i ledningene. Beregninger for spillvannsmengder vises i vedlegg 4 på side 83.

Hvilken kapasitet en ledning tilsvarende stikkledningene fra stortingsbygningen har, hentes fra diagram. Diagrammet er hentet fra rørhåndboka til rørprodusenten Pipelife Norge as (2007) og viser maks kapasitet for Ø160mm avløpsledning ved standardfall 16.67 ‰ (1:60). Det benyttes tabell for avløpsledninger av plast da det antas at ruhet i både plast og støpejern tilsvarer hverandre grunnet innvendig belegg i ledninger. Det hensyntas ikke eventuelle dårlige skjøter, svanker eller andre ledningsfeil. Tabell som viser maks kapasitet i ledning vises i vedlegg 4.

4.2 Beregninger i tre-trinns strategi

For å besvare andre del av problemstillingen i denne oppgaven: «(...) hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?», må det beregnes nødvendig areal for regnbed. Det benyttes to ulike beregninger for trinn 1. En av metodene beregner nødvendig areal for regnbed i trinn 1 ved en gitt andel av årsnedbøren, basert på Paus (2018) sitt forslag til dimensjonerende verdier for nedbør i trinn 1. Denne metoden forklares i nærmere i kapittel 3.12. Den andre metoden beregnes for å finne nødvendig areal til regnbed i trinn 1 ved de faktiske nedbørmengder direkte fra IVF-kurve. Begge beregningsmetoder baserer seg på regnvelopmetoden og nedbørmengdene er tillagt klimafaktor. Beregninger for trinn 2 beregnes med enkel regnvelopmetode med konstant utløp. Utløpet fra regnbedet i trinn 2 baserer seg på de maksimale tillate påslipp til kommunalt nett i henhold til Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b). Beregninger og formelbruk for regnvelopmetoden i dette kapittelet baserer seg på metoder beskrevet i: Lindholm (2015), Norsk vann (2008), Paus (2019), Norges vassdrag og energidirektorat (1997) og Overvannsveileder for Kristiansand kommune (2016). For å finne nødvendig areal til regnbed, benyttes flere ulike beregninger:

Den rasjonelle metode gir overslagsberegninger for vannføringen fra hele nedslagsfeltet i beregningene (Norges vassdrags og energidirektorat, 1997):

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

Hvor

Q = Avrent vannføring fra feltet i m³

φ = Forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørsmengde (avrenningskoeffisient)

A = Areal for hele nedslagsfeltet i hektar eller m² (begge målenheter brukes i oppgaven)

I = Nedbørintensitet i l/s ha eller mm (begge målenheter brukes i oppgaven)

Det er beregnet en midlere avrenningskoeffisient for hele nedslagsfeltet, da feltet består av flater med ulike egenskaper for avrenning. Beregninger vises i vedlegg 5 på side 85. Norsk vann rapport 162 (2008) beskriver formelen slik:

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

Hvor

φ_{midl} = Midlere avrenningskoeffisient for hele nedslagsfeltet

φ = Avrenningskoeffisient for de ulike flater i nedslagsfeltet

A = Areal for de ulike flater i nedslagsfeltet

Det settes noen forutsetninger for beregninger av regnbed. Forutsetningene er satt på bakgrunn av teorien funnet om regnbed i kapittel 3.5. Høyde i regnbed for magasinering av vann, midlere forsenking (h_{maks}) settes til 25 cm før vann går i overløp eller renner over regnbedets høyeste punkt. Filtermediets mettede hydrauliske konduktivitet, midlere infiltrasjonsevne (K_h) settes til 10 cm/t, tilsvarende 0,0017 m/min.

I tråd med Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b), settes dimensjonerende nedbør til en returperiode (gjentakelsesintervall) på 20 år, såkalt «20-årsregn». Som beskrevet i Oslo kommunes veileder er alle nedbørshendelser benyttet i denne oppgavens beregninger hentet fra Meteorologisk institutt sin målestasjon SN180701, på Blindern i Oslo. Alle nedbørverdier i oppgaven er tillagt en klimafaktor i henhold til verdier fra Norsk klimaservicesenter (2020b) på 1,4 for intensiteter opp til og med 180 minutter. Intensiteter fra 360 minutter og høyere er tillagt en klimafaktor 1,3.

4.2.1 Trinn 1 – 95% av årsnedbøren

Utover den rasjonelle formel for å beregne avrenningen fra feltet (V_{inn}), er nødvendig areal for regnbed beregnet med følgende formel:

$$A_{rb} = \frac{V_{inn}}{h_{maks} + K_h * t_r}$$

Hvor

A_{rb} = Overflateareal for regnbed i m^2

V_{inn} = Avrenningsvolumet i m^3

h_{maks} = Midlere forsenking av overflate på regnbed mot omkringliggende overflate (m)

K_h = Midlere infiltrasjonsevne på overflaten av regnbedet

t_r = Regnvarighet (min)

I vedlegg 5 på side 85, vises beregningene for å avdekke nødvendig areal for regnbed som kan håndtere 95% av årsnedbøren for hele nedbørsfeltet inkludert takene på stortingsbygningen i trinn 1. Det foreligger ikke dimensjonerende verdier for nedbørintensiteter under 10 minutter og nedbørhendelser med kortere varighet enn dette, er derfor ikke beregnet.

4.2.2 Trinn 1 med nedbørdata fra IVF-kurve

Beregninger for trinn 1 er gjennomført etter regnvelopmetoden med nedbørdata fra IVF-kurve for Blindern, Oslo i l/sek/ha. Formel under for V_{inn} er gjengitt fra overvannsveileder for Kristiansand kommune (2016). Beregninger er gjennomført med maks nedbør for de ulike intensiteter, uten å ta hensyn til dimensjonerende verdier som vil være tilstrekkelig for å dekke regnbedsarealet for kun trinn 1 isolert, forklart nærmere i kapittel 3.12 og med metoden som vises i kapittelet ovenfor. Beregningene i vedlegg 6 vises på side 86.

$$V_{inn} = I_{(z,tr)} * t_r * T * A * \varphi * K$$

Hvor

I = Nedbørintensitet (l/s*ha)

z = Gjentagsintervall (år)

t_r = Regnvarighet (min)

T = Omregningsfaktor = 60 (s/min)

A = Areal (ha)

ϕ = Midlere avrenningskoeffisient

K = Omregningsfaktor = 0,001 (m³/l)

Når maksimal vannføring til regnbedet er beregnet, beregnes nødvendig areal for regnbed med følgende formel:

$$A_{rb} = \frac{V_{inn}}{h_{maks} + K_h * t_r}$$

Hvor

A_{rb} = Nødvendig areal for regnbed

V_{inn} = Avrenningsvolum i m³

h_{maks} = Midlere forsenking av overflate på regnbed mot omkringliggende overflate (m)

K_h = Midlere infiltrasjonsevne på overflaten av regnbedet

t_r = Regnvarighet (min)

4.2.3 Trinn 2

Basert på beregningsmetode for regnbedareal for trinn 1 som vist ovenfor, vil regnbedet også kunne håndtere deler av nedbørmengden for trinn 2 i form av infiltrasjon og fordrøyning.

Vannmengder som kan lagres på overflaten i regnbedet er uavhengig av regnvarigheten. Trinn 2 dekkes av lagringsvolum på overflaten og infiltrasjon, i tillegg til regulert påslipp til kommunal ledning. Beregninger for trinn 2 vises i vedlegg 7 på side 86. Følgende formler er benyttet:

$$V_{inf} = K_h * A_{rb} * t_r$$

Hvor

V_{inf} = Infiltrasjonsevnen i regnbed

K_h = Midlere infiltrasjonsevne på overflaten av regnbedet

A_{rb} = Overflateareal for regnbed i m²

t_r = Regnvarighet (min)

$$V_{over} = h_{maks} * A_{rb}$$

Hvor

V_{over} = Lagringsvolum i overflaten av regnbed

h_{maks} = Midlere forsenking av overflate på regnbed mot omkringliggende overflate (m)

A_{rb} = Overflateareal for regnbed i m²

Summen av ovennevnte verdier utgjør den totale kapasiteten for regnbedet:

$$V_{kap} = V_{inf} + V_{over}$$

Hvor

V_{kap} = Regnbedets totale kapasitet

V_{inf} = Infiltrasjonsevnen i regnbed

V_{over} = Lagringsvolum i overflaten av regnbed

Videre er det beregnet om regnbedsarealet fra trinn 1 er tilstrekkelig til å også håndtere avrenningsvolumet for dimensjonerende nedbørhendelse i trinn 2, eller om det må økes kapasitet i regnbedet. Dette forklares nærmere i kapittel 4.2.2. Som forklart i kapittel 2.3 om Eidsvolls plass, er det tilgjengelig to ulike kommunale ledninger i tilknytning til plassen. Det er i beregningene tatt utgangspunkt i maks tillat påslipp til Ø300mm overvannsledning og >Ø500 fellesledning i Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b). Formel for utløpsvolum fra overløp i regnbed er hentet fra overvannsveileder for Kristiansand kommune (2016). Den konstante påslippsmengden er teoretisk og vil ifølge Paus (2019) i prinsippet kun inntreffe når magasinet er fullt og infiltrasjonsegenskapene i regnbedet går ned. Det antas derfor god margin i beregningene for kapasiteten i regnbedet for trinn 2.

$$V_{ut} = Q * t_r * T * K$$

Hvor

Q = Konstant utløp (l/s)

t_r = Regnvarighet (min)

T = Omregningsfaktor = 60 (s/min)

K = Omregningsfaktor = 0,001 (m³/l)

Totalt fordrøyningsbehov for hele nedbørhendelsen blir:

$$V_{fordrøyning} = V_{inn} - V_{ut}$$

Hvor

$V_{fordrøyning}$ = Totalt fordrøyningsbehov for nedbørhendelsen

V_{inn} = Avrenningsvolumet i m³

V_{ut} = Utløpsvolumet til kommunal ledning i m³

Det er individuelt beregnet eventuelt avvikende fordrøyningsbehov for de to forskjellige påslipp til kommunalt ledningsnett, Ø300 overvannsledning og >Ø500 fellesledning.

Justeringer for å oppnå tilfredsstillende volum i regnbedet gjøres ved å justere overflatearealet til regnbedet (A_{rb}) eller høyde i regnbed for magasinering av vann, midlere forsenking (h_{maks}).

Beregninger for trinn 2 med tilknytning til Ø300 overvannsledning og for tilknytning til >Ø500 fellesledning vises i vedlegg 7 på side 86.

4.2.4 Trinn 3

Alle nedbørintensiteter som ikke håndteres av trinn 1 og 2 skal i trinn 3, i henhold til Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b) ledes bort i trygge sikre flomveier. Det er tiltakshaver selv som har ansvaret for at vannet ikke skaper problemer for egne bygg eller andres eiendom. Oslo kommune har utarbeidet egne flomkart for å vise trygge flomveier. Kart over flomveier er ikke allment tilgjengelig og krever innlogget bruker via karttjenesten «under Oslo». Det er derfor hentet aktuelt kart via ingeniør-kontoret Ingenia as, som er Stortingets administrasjon sin rammeleverandør for rådgivende ingeniørtjenester, VVS fra Oslo kommunes karttjeneste. I tillegg utarbeidet Ingenia as et enkelt kart, som viser flomveier fra Stortinget eiendom ved hjelp av et dataprogram som heter «Scalgo live», som benyttes av slike ingeniørkontorer. Begge kart vises under resultatkapittelet for trinn 3 og i vedlegg 8.

For å illustrere overvannsmengden i et scenario for trinn 3 og for å vise fordelingen mellom hva som håndteres i trinn 1 og 2 og hva som håndteres i trinn 3, er det beregnet overvannsmengden som vil komme fra nedslagsfeltet eiendommen til Stortinget utgjør ved nedbørhendelser med 200 års gjentakelse. Dette er maksimalt av det som betegnes som «dagens praksis», omtalt nærmere i kapittel 3.6. Nedbørdata er hentet fra IVF-kurve fra

målestasjon SN18701 – Blindern, Oslo. Alle nedbørhendelser er tillagt klimafaktor i henhold til tabellen i kapittel 3.9. Det er beregnet V_{inn} for de samme intensiteter som for trinn 1 og 2, med 200-års gjentakelse, tillagt klimafaktor. Formel som er benyttet er tilsvarende som i kapittel 4.2.2 og beregninger vises i vedlegg 8 på side 88.

$$V_{inn} = I_{(z,tr)} * t_r * T * A * \varphi * K$$

Det er i beregningene i resultatkapittelet og i vedlegg 8, prosentvis fordelt hva som håndteres i trinn 1 og 2 og hvilken del av nedbøren som i trinn 3 blir ledet til flomveier gitt tilknytning til Ø300 overvannsledning, som vil gi det største fordrøyningsbehovet i trinn 2. Det er også gjennomført en tilsvarende beregning for en nedbørhendelse tilsvarende «Københavnregnet». Hendelsen er nærmere omtalt i kapittel 1 – Introduksjon.

4.3 Usikkerheter i beregningene

Beregninger i dette kapittelet baserer seg på manuelle beregningsmetoder med data fra IVF-kurver. Nedbørdata fra IVF-kurver defineres som såkalt «kasseregnet» og forteller hvor mye nedbør som kommer i en konkret nedbørhendelse. IVF-kurver forteller ikke hvorvidt den nedbørhendelsen som benyttes har hatt nedbør rett i forkant eller etterkant av hendelsen. Dette medfører noe usikkerhet i beregningene, men både manuelle og databaserte beregninger benytter IVF-kurver som utgangspunkt for nedbør. Det er en anerkjent og anbefalt metode i bransjen. For regnenvelopmetoden kan usikkerheten i IVF-kurver veies noe opp for at metoden ikke hensyntar konsentrasjonstid. Dette er nærmere omtalt i kapittel 3.11. Norges vassdrag- og energidirektorat angir i en detaljert beregningsrapport for urban hydrologi (1997), hvilke usikkerheter nedbør fra IVF-kurver har og forklarer hvordan det kan utformes regnhyetogrammer for nedbørhendelser for å «designe» mer korrekte nedbørhendelser. Formler og metoder i denne oppgaven baserer seg på IVF-kurver, uten at det er designet hyetogram for nedbøren. Det er kort vei fra nedslagsfeltet til målestasjon på Blindern. Dette antas å fjerne en del usikkerhet ved bruken av disse nedbørdata.

Det er gjort visse antagelser for konsentrasjonstiden for beregning av ledningsbelastning i denne oppgaven. Tiden nedbøren bruker fra første dråpe faller på taket til den når stikkledningen anslås etter beste evne. Erfaringer med arbeidet i denne oppgaven tilsier at

dette er vanlig praksis i bransjen, men vil muligens gi større utslag på et lite nedslagsfelt, som i denne oppgaven. Den rasjonelle metode for å beregne vannføringen fra nedbørfeltet er egnet til bruk på mindre nedbørfelt. Det vil alltid være usikkerheter knyttet til manuelle beregninger hvor det anslås faktorer for avrenningskoeffisient og konsentrasjonstid, men manuelle metoder antas samtidig å være hensiktsmessig å benytte på nedbørfeltet i denne oppgaven. Øvrige formler for å beregne de ulike trinnene i tre-trinns strategien anses som anerkjente og gode. Kildearbeidet i forbindelse med denne oppgaven viser at formlene benyttes av flere rådgivende ingeniørkontorer, flere store kommuner og er beskrevet i artikler fra anerkjente forfattere og fagmiljøer.

For spillvannsmengder er det benyttet en anerkjent manuell metode for å anslå største sannsynlige samtidighet. Denne metoden baserer seg på å manuelt telle tappesteder for å deretter beregne maks spillvannsmengde. Ut fra diagram hentes sannsynlig samtidighet ut. Tallene baserer seg på erfaringer fra VVS-bransjen, men nøyaktigheten avhenger av hvor mange som befinner seg i en bygning og hvor mye vann som tappes på de ulike tappesteder. Kapasiteten til fellesledningene, som for stortingsbygningen er $\text{Ø}160$ mm i diameter, tas ut fra dimensjoneringsdiagram. Dette antas å være egnet til beregningene i denne oppgaven, men nøyaktig kapasitet på de eksakte ledningene, vil antagelig ikke kunne beregnes nøyaktig, gitt alder, tilstand og ulik bruk av materialer på ledningstrekk.

5 Resultat

I dette kapitlet vises resultater fra de beregninger som er gjennomført i oppgaven. Det er benyttet ulike beregninger for å besvare første del av problemstillingen: «Hvor mye belastes stikkledningene fra stortingsbygningen av nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen (...)». Fremgangsmåten for beregningene er forklart i metode-kapittel og resultater vises i kapittel nedenfor. For å besvare siste del av problemstillingen: «(...) hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?», er det gjennomført beregninger for alle trinn i tre-trinn strategien. Fremgangsmåten er forklart i metode-kapittel 4.2 og resultatene for beregningene vises i resultat-kapittel 5.2 med tilhørende underkapitler for de ulike trinn.

5.1 Belastning av stikkledninger

Som forklart i metode-kapitlet er det beregnet en konsentrasjonstid for nedbørfeltet som taket på stortingsbygningen utgjør på 3,2 minutter fra første dråpe faller ytterst i feltet til regnvannet treffer de ulike stikkledningene. I følge Imhoffs sats, omtalt i kapittel 3.10, blir regnintensitet på 3 minutter dimensjonerende nedbørhendelse. Det er vannmengden fra denne nedbørhendelsen som er størst og dermed blir dimensjonerende. Kortere nedbørhendelser enn 3 minutter utelates fra beregninger til tross for at vannmengden er høyere, da nedbørhendelsen er kortere enn konsentrasjonstiden til nedbørfeltet. Beregninger for konsentrasjonstid vises i vedlegg 2 på side 80.

Videre er det beregnet nedbørmengde per takflate i de fire nedslagsfeltene som taket på stortingsbygningen utgjør ved de ulike nedbørhendelser. Arealer og nedslagsfelt på takene er nærmere forklart i kapittel 2.2. Hvert nedslagsfelt er tilknyttet hver sin stikkledning og med en dimensjonerende nedbørhendelse på 3 minutter, blir overvannsbelastningen på de fire stikkledningene som vist i tabellen under. Tabellen viser overvannsmengde ved dagens nedbørhendelser og med tillagt klimafaktor. Komplette beregning vises i vedlegg 3 på side 81.

Tabell 1:

Maks overvannsvannmengde per stikkledning ved dimensjonerende nedbørhendelse

Dimensjonerende overvannsmengde i stikkledning ved nedbørhendelse 3 minutter				
	Stikkledning 1	Stikkledning 2	Stikkledning 3	Stikkledning 4
Overvannsmengde	28,8 l/s	43,2 l/s	36,2 l/s	22,5 l/s
Overvannsmengde med klimafaktor	40,4 l/s	60,5 l/s	50,7 l/s	31,6 l/s

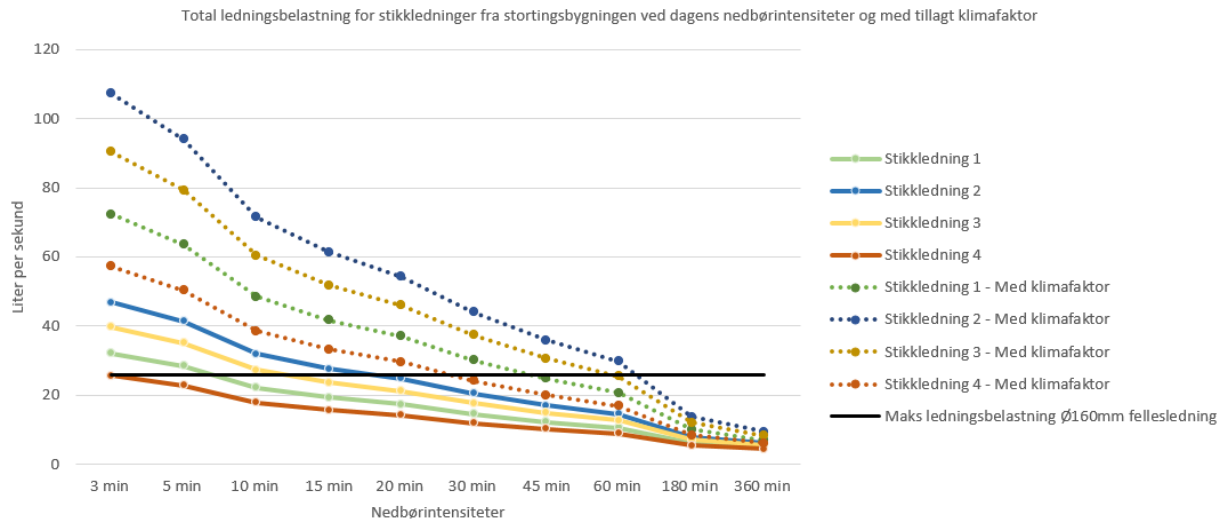
Som forklart i metode-kapittelet, tillegges også spillvannsmengden fra de ulike tappesteder i bygningen med sannsynlig samtidighet av spillvann. Utregning av sannsynlig spillvannsmengde vises i vedlegg 4 på side 83. Tabellen under viser største sannsynlige samtidighet for spillvann per stikkledning.

Tabell 2:

Største samtidige spillvannsbelastning per stikkledning

Største samtidige belastning av spillvann i l/s for stortingsbygningen				
	Stikkledning 1	Stikkledning 2	Stikkledning 3	Stikkledning 4
Største samtidige belastning	3,2 l/s	3,6 l/s	3,5 l/s	3,1 l/s

Når maksimal overvannsføring ved dimensjonerende nedbørhendelse og største sannsynlige samtidige spillvannsmengde legges sammen, finner jeg ut hva maksbelastningen for de ulike stikkledningene er. Som forklart i metode-kapittelet, har jeg avdekket hva en Ø160 mm avløpsledning kan håndtere av vann samtidig. Når alle disse data sammenstilles i en graf, vises det tydelig hvilke nedbørhendelser de ulike stikkledninger håndterer. Grafen under er en sammenstilling av maksimal vannføring per stikkledning (inkludert spillvannsmengde) ved dagens nedbørhendelser (farget linje), antatt maksimal fremtidig vannføring (stiplet, farget linje) og maksimal belastning for stikkledning med dimensjon Ø160 mm (sort linje).



Figur 19: Fremstilling av ledningskapasitet for stikkledninger med og uten klimafaktor

Som grafen viser, er det kun stikkledning 4 som teoretisk tilfredsstillende kapasiteten til ledningen ved dagens dimensjonerende nedbørhendelse. Stikkledning 1 – 3 er en del over kapasiteten til ledningen ved de korteste nedbørhendelsene. Stikkledning 1 tilfredsstillende kapasiteten ved en nedbørhendelse rett under 10 minutter og stikkledning 3 tilfredsstillende ved nedbørhendelse på rett over 10 minutter. Stikkledning 2 ligger høyest og tilfredsstillende ledningens kapasitet ved en nedbørhendelse tilsvarende et sted mellom 15 og 20 minutter.

Grafen viser det teoretiske bildet av en nedbørhendelse, og det vil antagelig være umulig å måle dette helt nøyaktig. Det kan være mange faktorer som påvirker regnvannet på sin vei. Når det regner ved de korteste nedbørhendelsene, vil det komme såpass mye vann på kort tid at det antas at en del vann vil aldri bli med på ferden mot stikkledningen. Regnvannet kan sprute fra tak og forbi renner og nedløp. Ved ekstrem nedbør kan også takrenner fylles og renne over, slik at alt vannet ikke blir med videre til nedløp og stikkledninger. Stikkledninger kan også ha lekkasjepunkter, som gjør at kapasiteten øker noe i forhold til den teoretiske. Det kan også være svanker og flater partier på tak, som bremser vannet noe. I tillegg er det en del usikkerhet i hvilken spillvannsmengde som treffer rørene akkurat under en kort intens nedbørhendelse. I og med at erfaringer fra driften, som forklares i kapittel 2.1 viser at det sjeldent eller aldri er tilbakeslag/flom i kjeller, så kan det antas at stikkledningene klarer belastningen ved dagens nedbørhendelser, men da antagelig tett oppunder makskapasitet. Det grafen tydelig viser, er at dersom man får mer ekstreme nedbørhendelser i fremtiden vil kapasiteten ikke være tilstrekkelig. I introduksjonen beskrives det at det er målt

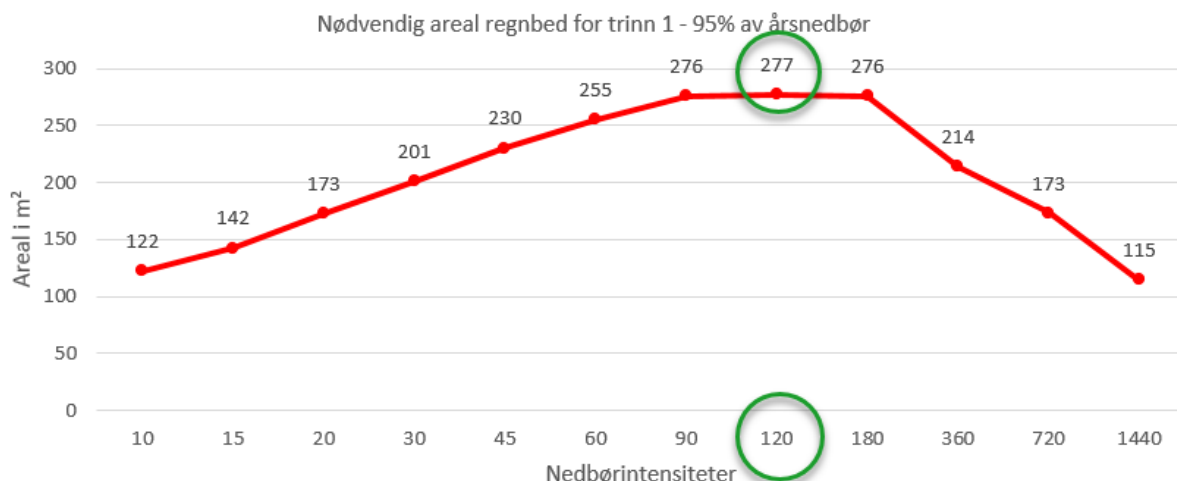
nedbørhendelser tett opp mot «Københavnregnet» rett utenfor Drammen i 2012. Dersom slike nedbørhendelser blir mer «vanlig» fremover, vil muligens de teoretiske anslagene i grafen med klimafaktor, være for konservative og belastningen vil muligens bli enda høyere. Da vil ikke kapasiteten på stikkledningene til stortingsbygningen være tilstrekkelig.

5.2 Beregninger i tre-trinns strategi

I dette kapitlet forklares resultatene fra de beregninger som er gjennomført for å avdekke nødvendig areal for regnbed på Eidsvolls plass, foran stortingsbygningen. Beregningene skal bidra til å besvare siste del av problemstillingen: (...) «hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?». Det forklares resultater fra fire ulike beregninger. Én metode benyttes for å beregne trinn 1 for en viss andel av årsnedbøren, uten å ha fokus på at regnbedet også skal ha en rolle i trinn 2. Dette forklares nærmere i kapittel 3.12 og 4.2.1. I tillegg beregnes det nødvendig regnbedsareal for trinn 1 med dagens nedbørverdier. Regnbedsareal defineres av tilrent vannmengde i ved dimensjonerende nedbørhendelse. Videre gjennomføres det beregninger for trinn 2 og 3. Alle beregninger utføres med regnvelopmetoden.

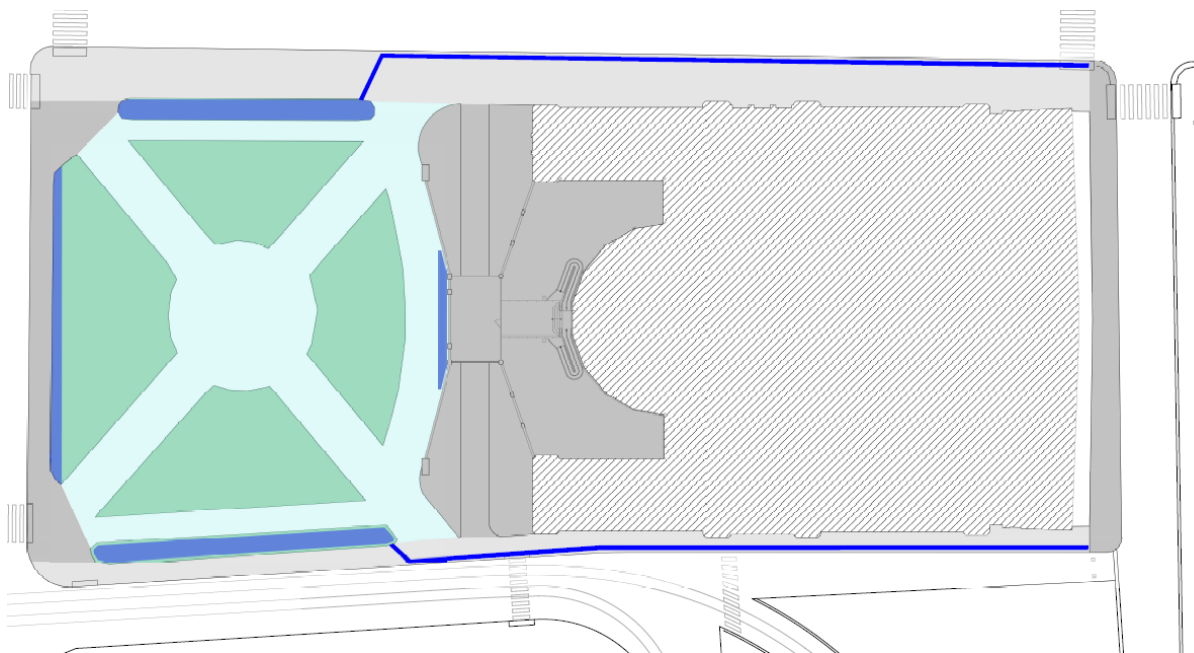
5.2.1 Trinn 1 – 95% av årsnedbøren

For beregninger av regnbed til å fange opp og infiltrere en andel av årsnedbøren, benyttes metoden som er beskrevet i kapittel 4.2.1. Det er valgt at regnbedet skal fange opp og infiltrere 95 % av årsnedbøren i denne oppgaven. For å beregne arealet er det benyttet dimensjonerende nedbørverdier, som vises i vedlegg 5 på side 85. Den nedbørhendelsen med størst behov for areal blir dimensjonerende nedbørhendelse og arealet for dette regnbedet vil håndtere alle nedbørhendelser. Nedbørhendelser etter knekkpunktet vil pågå i så lang tid at infiltrasjonsevnen i regnbedet håndterer nedbørmengden. Derfor beskrives den nedbørhendelsen i knekkpunktet som dimensjonerende. Kurven i figuren under viser resultater fra beregninger og at nedbørhendelse på 120 minutter blir dimensjonerende. Nødvendig areal for regnbed på Eidsvolls plass blir da 277 m². Fullstendig beregning vises i vedlegg 5 på side 85.



Figur 20: Graf over regnbedsareal for trinn 1 – 95% av årsnedbør

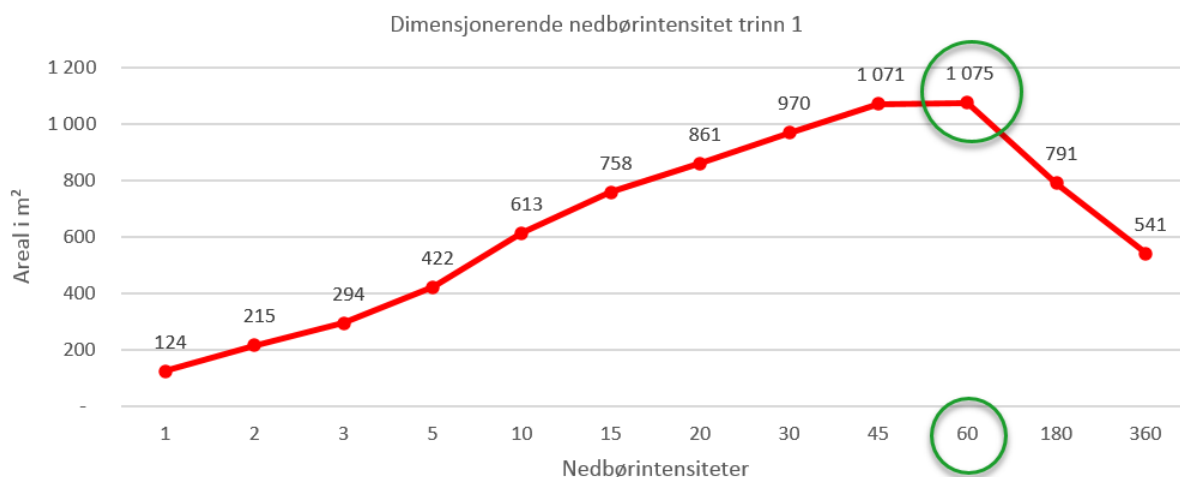
Regnbed med areal 277 m² på Eidsvoll's plass vil utgjøre 2,6 % av nedslagsfeltets totale areal på 10 651 m². Erfaringer fra forskning på regnbed som er forklart nærmere i kapittel 3.5, viser at et moderat anslag for regnbed tilsier at et regnbed bør være mellom 5 – 10 % av nedslagsfeltets areal for å håndtere store deler av nedbørhendelsene i henhold til tre-trinnstrategien. Det antas derfor at videre beregninger for nødvendig fordrøyningsbehov i trinn 2 ikke vil kunne dekkes av dette regnbedsarealet alene, og at det må vurderes egne tiltak for trinn 2 i tillegg til regnbed. Illustrasjonen under viser hvordan regnbed på ca. 277 m² (i blått), vil kunne utforme seg på Eidsvoll's plass. I illustrasjonen er det medtatt renner eller annen form for åpen vannføring langs fortauene i Karl Johans gate og Stortingsgata for å lede taknedløp til Eidsvoll plass. Regnbed uten rennetilknytning er tenkt å håndtere vannet internt på plassen i tillegg til de noe større regnbedene med rennetilknytning:



Figur 21: Nødvendig regnbedsareal for å håndtere 95% av årsnedbøren i trinn 1 (Illustrasjon: Ingenia as)

5.2.2 Trinn 1 med nedbørdata fra IVF-kurve

For å beregne nødvendig areal med nedbørdata fra IVF-kurve benyttes regnvelopmetoden. Formelbruk og metode er beskrevet i kapittel 4.2.2. Det er beregnet nødvendig regnbedsareal ved å avdekke hvilken nedbørhendelse som krever størst areal. I motsetning til beregninger i kapittel ovenfor, hvor det beregnes ut fra en gitt mengde av årsnedbør, beregnes arealet i denne metoden med de nedbørmengder som antas å komme ved de ulike nedbørhendelser. Alle nedbørhendelser er tillagt klimafaktor etter tabell gjengitt i kapittel 3.9. Grafen under viser nedbørhendelsen som krever størst areal for regnbed på Eidsvoll's plass for å dekke trinn 1, med nedbørmengder hentet direkte fra IVF-kurve fra stasjon SN18701 – Blindern, Oslo, tillagt klimafaktor. Kurven viser at knekkpunktet er ved en nedbørhendelse på 60 minutter, som gir et nødvendig regnbedsareal på 1075 m². Komplette beregning vises i vedlegg 6 på side 86:



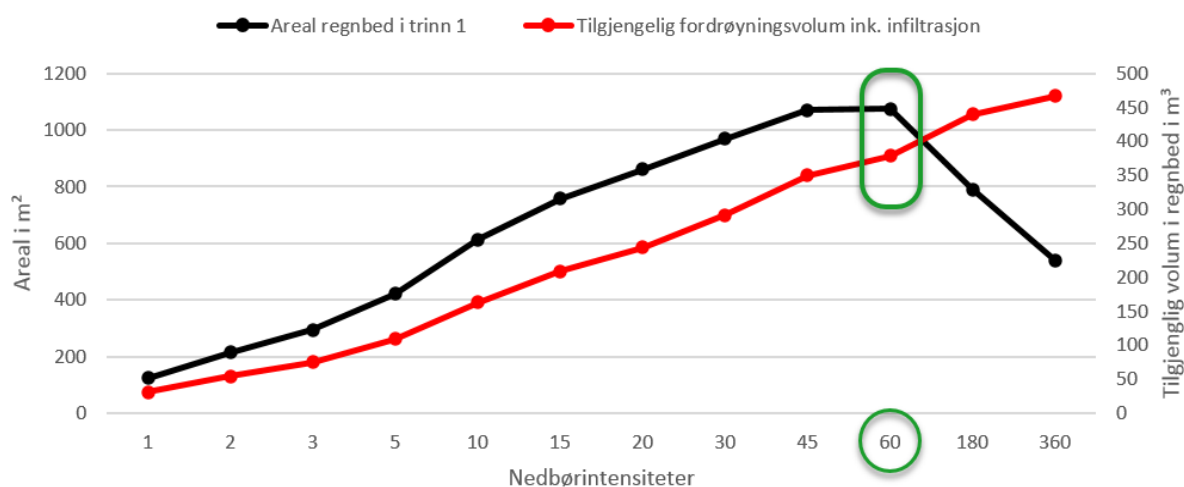
Figur 22: Graf over nødvendig regnbedsareal for trinn 1 – IVF-kurve

Et regnbed som dekker hele trinn 1 ved dimensjonerende nedbørhendelse, tillagt klimafaktor vil utgjøre 1075 m². Alle nedbørhendelser etter knekkpunktet vil tilføre vann over såpass lang tid at infiltrasjonen i regnbedet vil håndtere nedbørmengden. Det er derfor ikke beregnet nedbørhendelser over 360 minutter. Regnbedsarealet for trinn 1 vil utgjøre 10 % av nedslagsfeltets areal.

5.2.3 Trinn 2

I siste del av problemstillingen skal jeg finne ut: (...) «hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?». På bakgrunn av dette har jeg beregnet både trinn 1 og 2 i regnbed, uten andre tiltak for fordrøyning på avløpsnett. Med det tilgjengelige arealet fra forrige beregning for trinn 1, beregnes tilgjengelig fordrøyningsvolum i regnbedet. Ved dimensjonerende nedbørhendelse fra trinn 1 på 60 minutter og et regnbedareal på 1075 m², vil regnbedet ha et tilgjengelig fordrøyningsvolum på 379 m³ før regnbedet er fullt og regnvannet må håndteres i trinn 3. Dette inkluderer infiltrasjon via regnbedet, samt lagringsvolum på overflaten. Komplette beregning for tilgjengelig volum i regnbed finnes i vedlegg 7 på side 86. Grafen under viser nøkkeltallene fra beregningene for trinn 2. Den sorte kurven viser nødvendig areal for å håndtere trinn 1, mens den røde kurven viser hvilket fordrøyningsvolum som er tilgjengelig for de forskjellige arealene. Grønn markering viser hvilket fordrøyningsvolum

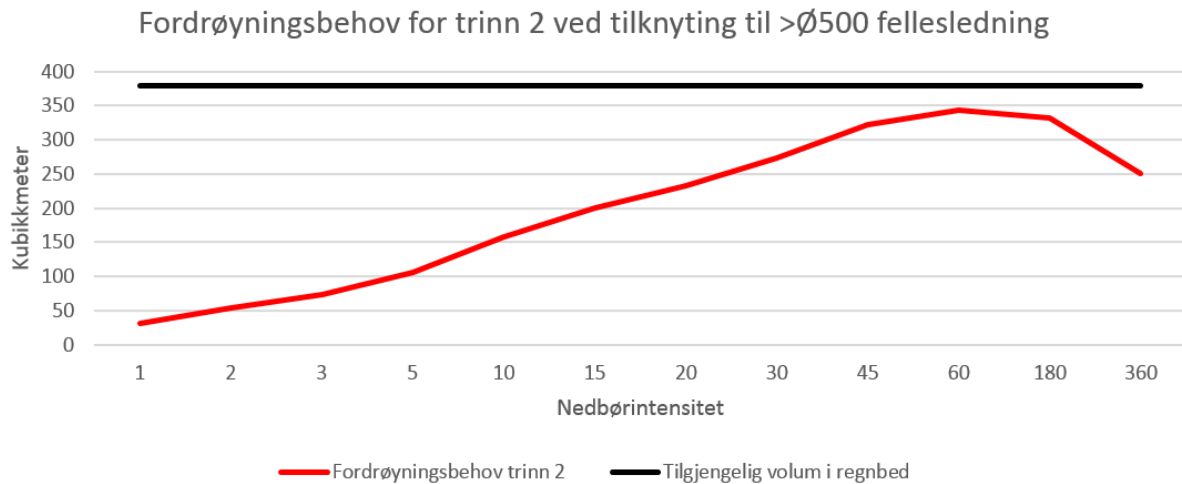
som er tilgjengelig i regnbedet med det arealet som er dimensjonerende for trinn 1. Det er totalt 379 m³ tilgjengelig volum for fordrøyning i regnbedet.



Figur 23: Tilgjengelig fordrøyningsvolum ved de ulike regnbedsareal

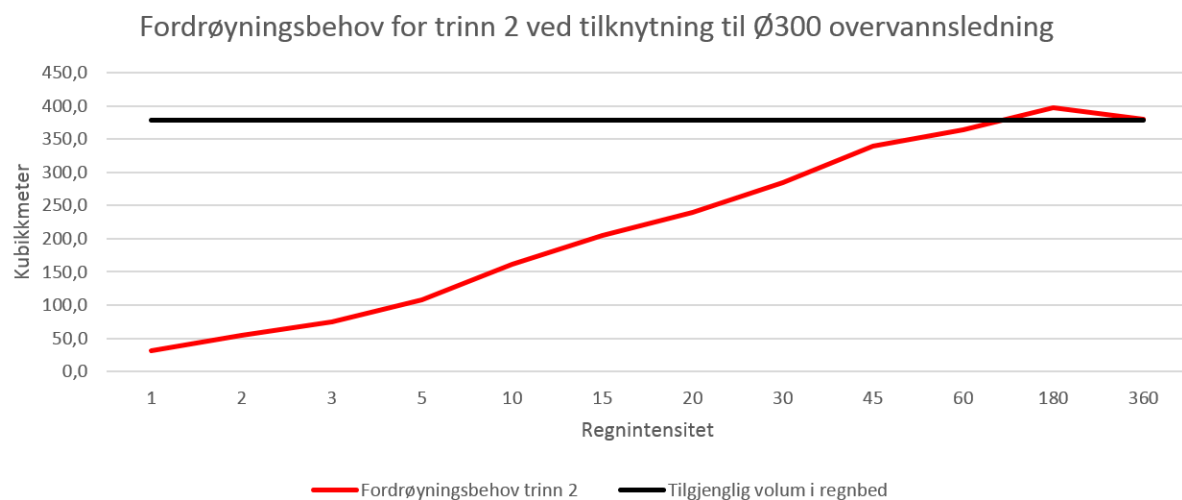
Om regnbedet som er beregnet for trinn 1 også tilfredsstillende trinn 2, avhenger av maksimalt tillat påslipp til kommunal ledning. Som beskrevet i presentasjonen av case er det i direkte tilknytning til Eidsvoll's plass, tilgang til både kommunale overvanns- og fellesledninger. Det er tilgang på en Ø300 overvannsledning og en Ø1600 fellesledning. Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b) angir forskjellige maksimale påslippsmengder for de ulike ledningene. For overvannsledninger med dimensjon Ø300 tillates maks påslipp = 4 l/s og for fellesledninger >Ø500 tillates maks påslipp = 10 l/s. Det er gjennomført to ulike beregninger, et for hvert tilknytningsalternativ.

Grafen under viser fordrøyningsbehovet for de ulike nedbørhendelser i trinn 2 for hele nedslagsfeltet eiendommen utgjør, dersom overløpet i regnbedet tilknyttes en fellesledning med dimensjon >Ø500. Komplette beregning for trinn 2 ved tilknytning fellesledning finnes i vedlegg 7 på side 86. Sort kurve indikerer tilgjengelig fordrøyningsvolum i regnbed som har tilstrekkelig areal for å håndtere hele trinn 1 for eiendommen. Rød kurve viser hvilket fordrøyningsbehov som må til for å dekke trinn 2 ved påslipp til >Ø500 fellesledning. Grafen viser at tilgjengelig regnbedsareal fra trinn 1 er tilstrekkelig for å også håndtere trinn 2, som krever et fordrøyningsvolum på 343 m³:



Figur 24: Fordrøyningsbehov trinn 2 ved tilknytning til >Ø500 fellesledning

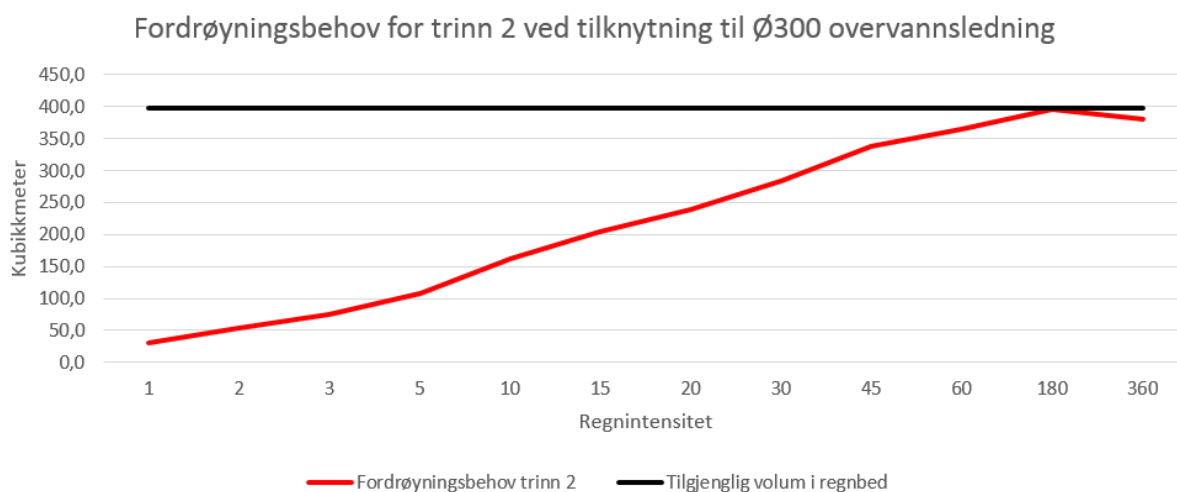
Dersom overløpet i regnbedet tilknyttes en Ø300 overvannsledning, med maks tillatt påslipp på 4 l/s, viser beregninger at dimensjonerende nedbørhendelse for trinn 2 blir 180 minutter, med et fordrøyningsbehov på 397 m³. Regnbedet som er dimensjonert for trinn 1 med areal på 1075 m², har en fordrøyningskapasitet på 379 m³. Dermed viser de teoretiske beregningene i vedlegg 7 at regnbedet ikke vil være tilstrekkelig for å håndtere både trinn 1 og trinn 2. Grafen under viser knekkpunktet for den dimensjonerende nedbørhendelsen i rød kurve og tilgjengelig fordrøyningsvolum i regnbedet fra trinn 1 i sort:



Figur 25: Fordrøyningsbehov trinn 2 ved tilknytning til Ø300 overvannsledning

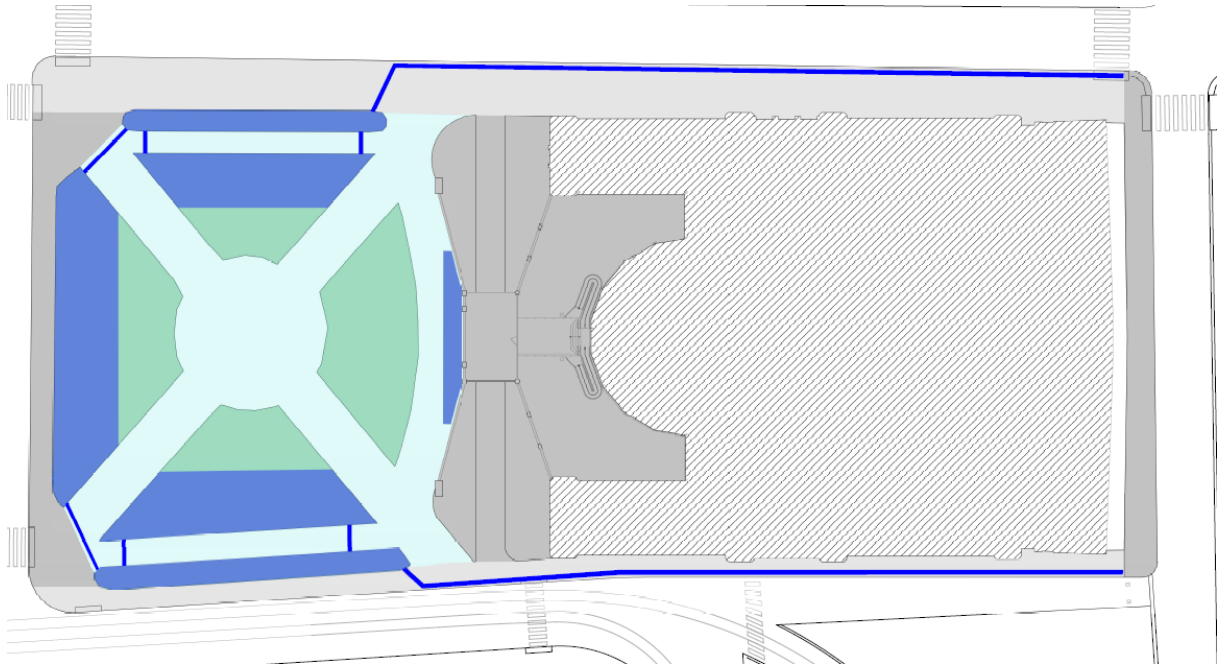
Det er gjort flere beregningsforsøk for å tilfredsstille både trinn 1 og trinn 2 ved en tilknytning til Ø300 overvannsledning med maks tillatt påslipp på 4 l/s. Det er justert både høyde og areal

på regnbedet. Den justeringen som antas å være minst inngripende i forhold til de forutsetninger som ble satt i metode-kapittelet på bakgrunn av teorien om regnbed i kapittel 3.5, er å øke arealet med 25 m² til 1100 m² og høyden i regnbedet med 1 cm, fra 25 til 26 cm. Da viser grafen fra beregningene i vedlegg 7 at dimensjonerende fordrøyningsbehov for trinn 2 (rød kurve), dekkes av tilgjengelig fordrøyningsvolum i regnbedet (sort kurve):



Figur 26: Fordrøyningskapasitet i regnbed etter justeringer for å håndtere trinn 2

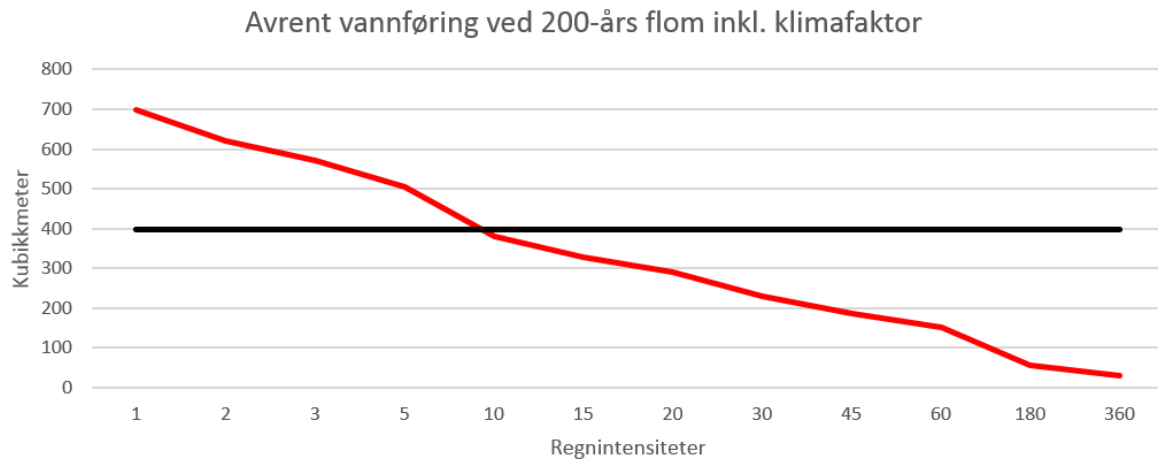
Det er i dette kapittelet utført to beregninger for om regnbedsareal fra beregningene i trinn 1 er tilstrekkelig for også å håndtere trinn 2. Ved å tilknytte regnbedets overløp til fellesledning, vil arealet som kreves i trinn 1, også håndtere trinn 2. Dersom regnbedets overløp tilknyttes overvannsledning, vil arealet måtte økes med 25 m² og høyden på regnbedet økes med 1 cm. For å illustrere regnbedets utforming på Eidsvoll's plass, er det benyttet areal fra den beregningen som krever størst areal for å håndtere både trinn 1 og 2. Regnbed med areal 1100 m² vil utgjøre 10,2 % av hele nedslagsfeltet sitt areal på 10 651 m². Illustrasjonen under viser hvordan regnbed som dekker hele trinn 1 og 2 med et areal på 1100 m² vil kunne fordeles på Eidsvoll's plass. Regnbed illustreres i blått. Det er illustrert åpne renner langs fortau og mellom de ulike regnbedene for å fordele overvannet til regnbedene på plassen:



Figur 27: Nødvendig regnbedsareal for håndtering av trinn 1 og 2 (Illustrasjon: Ingenia as)

5.2.4 Trinn 3

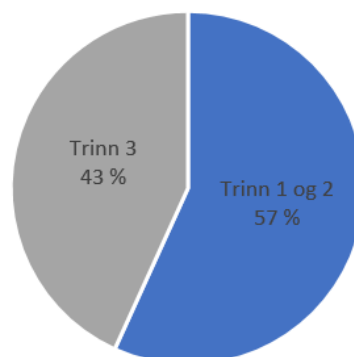
Som beskrevet i teorien om tre-trinn strategi, så skal alt overvann fra nedbørhendelser som ikke håndteres i trinn 1 og 2, sikres trygge flomveier i trinn 3. Som forklart i metodekapittelet, beregnes vanligvis ikke trinn 3, utover å kartlegge hvilke flomveier overvannet skal renne til, dersom ikke regnbedene for trinn 1 og 2 håndterer vannmengden. For å illustrere hvilke nedbørmengder som vil måtte håndteres ved de ulike nedbørhendelser dersom det forutsettes at disse hendelsene gjentas én gang hvert 200 år og det tillegges klimafaktor for å estimere fremtidens nedbørmengde, har jeg visualisert dette i graf nedenfor. Rød kurve viser avrent vannføring ved de ulike nedbørhendelser og sort kurve viser hvilken avrenning som håndteres i trinn 1 og 2, gitt størst regnbedsareal, tilknyttet Ø300 overvannsledning, beskrevet i kapittel 5.2.3. Beregninger for graf vises i vedlegg 8 på side 88.



Figur 28: Avrent vannføring ved 200-års flom med data fra stasjon SN18701 – Blindern

Ved det største beregnede arealet for regnbed for trinn 1 og forutsetninger for trinn 2 ved tilknytning til Ø300 overvannsledning, beskrevet nærmere i kapittel 5.2.3, vil fordelingen mellom trinn 1 og 2 og trinn 3 bli som illustrert i diagram under. Diagrammet legger til grunn den største mulige nedbørmengde hvor det faller 3,8 mm nedbør med 1 minutt varighet og 200-års gjentakelse. Beregninger for trinnfordelingen er vist i vedlegg 8. I beregningene i vedlegget benyttes nedbørdata i l/s/ha i stedet for mm. Illustrasjonen under viser fordelingen mellom avrent overvannsmengde fra hele feltet ved nedbørhendelsen og hvilke vannmengder som håndteres i trinn 1 og 2:

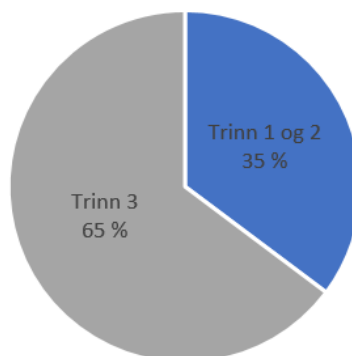
Fordeling av vann ved ekstremhendelse med 1-minutts varighet og 200-års gjentakelse og klimafaktor på 1,4



Figur 29: Trinnfordeling ved ekstremnedbør

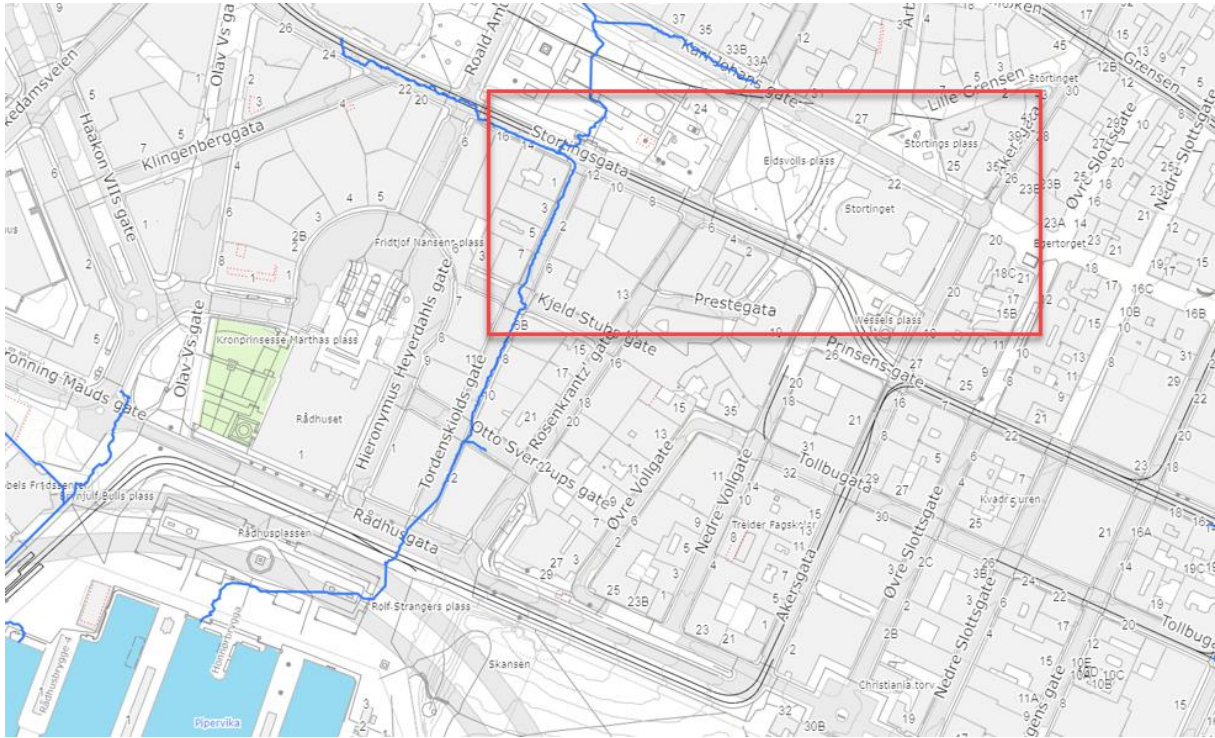
Diagrammet ovenfor viser fordelingen mellom trinnene ved en gitt nedbørhendelse. Fordelingen viser hvor mye av overvannet som renner til flomløp ved en ekstrem nedbørhendelse med 1 minutt varighet. Tilnærming til hvor mye nedbør som skal falle i løpet av 1 minutt ved en slik hendelse, kan være vanskelig. Beregningene sier heller ingenting om denne nedbørhendelsen skjer isolert eller i forbindelse med annen nedbør. For å illustrere en konkret hendelse, har jeg tatt utgangspunkt i «Københavnregnet», som omtales i introduksjons-kapittelet. I denne nedbørhendelsen falt det 135 mm nedbør på 2,5 timer. I vedlegg 8 vises beregninger for hvordan en nedbørhendelse tilsvarende «Københavnregnet» ville fordelt seg på Eidsvoll's plass i Oslo, dersom plassen hadde hatt regnbed for trinn 1 og 2, som beregnet i denne oppgaven. Det er i beregningene benyttet infiltrasjons- og fordrøyningskapasitet for regnbed på 180 minutter tilknyttet Ø300 overvannsledning. Resultatet fra beregningene vises i diagrammet under:

Fordeling av vann ved ekstremhendelse 135 mm på 180 minutter, tilsvarende "Københavnregnet"



Figur 30: Trinnsfordeling ved en nedbørhendelse tilsvarende «Københavnregnet»

I Oslo er trygge flomveier kartlagt i kommunens karttjeneste, Under Oslo (2020b). Kartet under viser de kartlagte flomveiene i Oslo sentrum, rundt stortingsbygningen. Ut ifra kartet må det antas at vannet i trinn 3, fra Eidsvoll's plass må følge Stortingsgata, videre mot flomveien i Tordenskioldsgate og videre til havnebassenget foran rådhuset:



Figur 31: Kartlagte flomveier i Oslo sentrum (Oslo kommune, 2020b)

Som beskrevet i kapittel 4.2.4, ble det i forbindelse med at ingeniørkontoret Ingenia as hjalp til med illustrasjoner, også utarbeidet et flomkart fra et dataprogram kalt «Scalگو-live». Dette programmet definerer flomveier fra et gitt tilrenningsområde og mot resipient. Programmet er terrengbasert og tar ikke hensyn til eventuelle sluk ol. Kartet viser at flomveien fra Eidsvolls plass renner via Stortingsgata, videre inn til den kartlagte flomveien i Tordenskioldsgate og ned til havnebassenget, via Rådhusplassen. Tilrenningsområdet eller nedslagsfeltet for beregningen er markert i grønt på kartet. Utgangspunktet for trinn 3 er markert med «pin» nederst på Eidsvolls plass. Dette stemmer overens med fallet forbi stortingsbygningen, som er beskrevet i presentasjonen av caset. Kartet vises i større format i vedlegg 8.



Figur 32: Sikre flomveier fra Eidsvolls plass fra «Scalگو live» (skjermdump: Ingenia as)

6 Diskusjon

I dette kapittelet diskuterer jeg funnene fra resultatkapittelet. For å få kapittelet mest mulig oversiktlig benyttes samme hovedoverskrifter som i resultatkapittelet. Problemstillingen som skal besvares er: «Hvilke utfordringer utgjør belastningen stikkledningene får fra nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen og hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?».

6.1 Belastning av stikkledninger

I presentasjonen av caset innledningsvis i oppgaven, forklares det at stortingsbygningen har totalt fire stikkledninger ut fra bygningen. Disse er såkalte fellesledninger som frakter både spill- og overvann. Alle fire stikkledninger har en dimensjon på Ø160 mm, med en teoretisk makskapasitet på 26 l/s per ledning (Pipelife Norge as, 2007). Som beregningene i resultatkapittelet viser, utgjør spillvannet 3,5 l/s i gjennomsnitt for alle ledningene. Beregningene viser også at fordelingen av spillvann er jevnt fordelt på stikkledningene ut fra bygningen. Det er når jeg beregner nedbøren som utgjør overvannsmengden fra takene det tydeliggjøres hvor nærme maksgrensen på stikkledningene man kommer. Det er også noe mer ulik belastning fra overvannet enn for spillvannet. Belastningen varierer fra 22,6 l/s på stikkledning 4 til 43,2 l/s på stikkledning 2, ved dagens dimensjonerende nedbørhendelser. På bakgrunn av den variable fordelingen av overvann, blir bildet av belastningen ulik. Funnene fra resultatkapittelet viser tydelig det teoretiske bildet over hvilken belastning de ulike stikkledningene får ved de ulike nedbørhendelser. Med de teoretiske beregningene er det kun stikkledning 4 som håndterer belastningen av overvann fra den dimensjonerende nedbørhendelsen på 3 minutter med dagens nedbørdata. De øvrige stikkledningene har først tilstrekkelig kapasitet ved varighet på nedbørhendelse mellom 5 og 20 minutter. En lengre hendelse har ofte mer nedbør, men nedbøren kommer over lengre tid, slik at belastningen blir fordelt over tid.

Erfaringer fra driftspersonell, forklart i kapittel 2.1, viser at det i dag sjeldent eller aldri kommer tilbakeslag fra stikkledninger i stortingsbygningen. Det er ikke registrert skader på

bygning eller materiell. Det kan være flere grunner til dette. Antagelig vil det aldri kunne måles med sikkerhet når et tilbakeslag inntreffer, utover teoretiske beregninger, tilsvarende de som er gjennomført i denne oppgaven. Det må nok også tillegges noen antagelser. Jeg ser av beregningene i resultatkapittelet, at dimensjonerende nedbørhendelse for takene til stortingsbygningen, er 3 minutter. Nedbørhendelsen som benyttes i disse beregningene er med en gjentakelse på 20 år, som beskrevet i Oslo kommunes veileder for overvannshåndtering (2017b), hentet fra IVF-kurve for Blindern i Oslo. Nedbørmengden ved den dimensjonerende hendelsen for stortingsbygningen er 6,9 mm på 3 minutter, som gir en ledningsbelastning på mellom 22,6 l/s og 43,2 l/s for de ulike stikkledningene, kun av overvannet. Når en slik nedbørhendelse inntreffer, kommer det mye vann på kort tid over stortingsbygningen. Det kan derfor antas at ved en slik nedbørhendelse, så vil en del av nedbøren som treffer takene kunne sprute tilbake og over takrenner, videre ned på gateplan. Det kan også antas at takrenner ikke håndterer alt vannet samtidig, og renner over sine bredder før vannet treffer taknedløpene som fører vannet videre til ledningsnett. Dette kan også forårsakes av løv og andre fremmedelementer som befinner seg i takrenner når en slik nedbørhendelse inntreffer.

I tillegg til hva som skjer før nedbøren treffer ledningsnett, kan det tenkes at selve ledningene kan påvirke belastningen. Som beskrevet i kapittel 2.1, er stikkledningene fra stortingsbygningen av ulik kvalitet og alder. Én av stikkledningene har flere ulike rørkvaliteter, fra forskjellige århundrer og har uvisse skjøter. Dersom det er én eller flere lekkasjer på disse ledningene, kan dette også bidra til at ledningen håndterer mer enn de teoretiske beregningene viser. Til tross for at mengden er liten, vil også belastningen av spillvann akkurat de minuttene en slik nedbørhendelse inntreffer, kunne påvirke belastningen. Det kan jo antas at spillvannsmengden til tider vil være noe lavere enn den teoretiske største samtidigheten som anslås i slike beregninger.

Det er i tillegg til nedbørhendelser med dagens nedbørmengder, gjennomført samme beregninger med tillagt klimafaktor. Med faktoren som er definert av Norsk klimaservicesenter (2020b), tillegges nedbørmengdene 40 % for nedbørhendelser på under 1 time, mens nedbørhendelser mellom 1 – 3 timer, tillegges 30 %. Kapasiteten til stikkledning 4 tilfredsstilte akkurat belastningen de dimensjonerende nedbørmengdene utgjør ved dagens nedbørhendelser på 25,7 l/s inkludert spillvannsmengdene. Når klimafaktor tillegges, vil nedbørmengden skape over dobbelt så mye belastning på ledningen. Den totale belastningen for samme stikkledning blir da 57,3 l/s. Resultatene viser også at stikkledning 2 vil få den

største utfordringen ved en fremtidig nedbørhendelse. Belastningen for ledningen vil, dersom en slik nedbørhendelse inntreffer være på 107,3 l/s. 4,1 ganger teoretisk kapasitet for ledningen. Stikkledning 1 og 3, vil få en ledningsbelastning på henholdsvis 2,8 og 3,5 ganger teoretisk ledningskapasitet ved fremtidige dimensjonerende nedbørhendelser. En antagelse dersom disse fremtidige nedbørhendelsene blir «normale» i fremtiden, er at ledningene ikke vil kunne få mer belastning enn i dag, grunnet at nedbøren forsvinner på måter som beskrevet over, før vannet treffer ledningene. Disse antagelsene blir vanskelig å tallfeste, men funnene i denne oppgaven gir i alle fall en indikasjon på kapasiteten på ledningene må hensyntas i fremtidige oppgraderinger av bygningen. Det bør uansett ikke gjennomføres tiltak for å håndtere større nedbørmengder på tak, takrenner og nedløp for å unngå skade på bygningen, uten at det hensyntas kapasiteten på stikkledningene.

6.2 Beregninger i tre-trinns strategien

I siste del av problemstillingen i denne oppgaven: « (...) hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?», har jeg beregnet hvilket areal som er nødvendig for å håndtere nedbøren fra hele nedslagsfeltet tomten rundt stortingsbygningen utgjør, med to ulike metoder. Én av metodene beregner trinn 1 for å fange opp en bestemt andel av årsnedbøren. Metoden er forklart i kapittel 3.12, mens min fremgangsmåte er forklart nærmere i kapittel 4.2.1. Metoden ble oppdaget gjennom kildearbeidet i denne oppgaven og jeg beregnet trinn 1 for 95 % av årsnedbøren for å kunne diskutere arealene for både trinn 1 og 2 i denne oppgaven.

Dersom det ville vært aktuelt å kun håndtere trinn 1 på Eidsvoll's plass vil arealet av regnbedene bli 277 m² og utgjøre kun 2,6 % av hele nedslagsfeltets areal. Dette inkluderer også nedbøren som treffer de kommunale fortauene rundt Eidsvoll's plass. Akersgata bak stortingsbygningen er utelatt grunnet planlagte oppgraderinger. Dette er nærmere forklart i kapittel 2.4.

Dersom man kun hadde håndtert trinn 1 i regnbed på plassen, ville det vært nødvendig å finne alternative løsninger for trinn 2. I beskrivelsen av Eidsvoll's plass, beskrives det at vanningsanlegget for plassen bruker 90 m³ vann i året. Fordrøyningsbehovet ved dimensjonerende nedbørhendelse for trinn 2, er i resultatene oppgitt til 396,7 m³ for én

nedbørhendelse på 180 minutter. I og med at vanningsbehovet er størst de dagene det ikke faller nedbør, anses det som lite hensiktsmessig å etablere et kostbart anlegg for lagring, filtrering og pumping av regnvann til vanning for de arealene Eidsvolls plass utgjør. Et slikt tiltak vil også kreve energi til drift av rensing/pumping av overvann. Det skal også medtas at forbruket på 90 m³ til vanning er før etablering av regnbed på 277 m². Det arealet som i dag har behov for vanning på plassen utgjør ifølge arealbeskrivelsene av Eidsvolls plass i vedlegg 1 på side 79, 1789 m². Opp mot 300 m² av disse forsvinner til regnbed for trinn 1. Det blir også ytterligere mindre behov for vanning dersom plassen skal ha regnbed for begge trinnene.

I beskrivelsen av Eidsvolls plass forklares det også at det er omfattende bruk av terrenget under og rundt plassen. Det er bebygget under terrenget og mulighetene for å fordrøye vann i magasiner under bakken virker til å være minimale. Løsninger for å magasinere vann på overflaten i andre forsenkninger, virker lite hensiktsmessig da plassen har stor trafikk og store arrangementer. Om alternativet til å øke arealene for lokal overvannshåndtering, er å tillate påslipp av alt eller deler av overvannet fra for eksempel takene direkte til kommunal ledning, vil ikke kriteriene i Oslo kommunes strategi for overvannshåndtering (2013) tilfredsstilles. Oslo kommunes strategi for overvann (2013) og handlingsplan for overvannshåndtering (2019), beskriver at påslipp skal minimeres og at overvann skal håndteres i henhold til tre-trinn strategien. Det faktum at arealene under plassen er bebygget kan bidra som en positiv faktor for infiltrasjonen. Det er ikke gjort vurderinger av grunnforhold i denne oppgaven, men det kan antas at det er enklere å få til infiltrasjon i masser tilknyttet bebyggelse under bakken enn dersom det var opprinnelige leirmasser og fjell under plassen.

Til tross for at et eventuelt krav om overvannshåndtering antageligvis ikke vil utløses av annet enn et søknadspliktig tiltak for bygningen, Eidsvolls plass eller eiendommen som helhet, så er det å anta at oppgraderingsbehov av eiendommen, i fremtiden vil kunne utløse større søknadspliktige tiltak. Slike tiltak vil kunne få krav til overvannshåndtering som en del premisene for en godkjent byggesøknad. Dette var tilfelle ved oppgradering av Wessels plass, som stod ferdig i 2019. Som beskrevet i kapittel 2.4, ble overvannshåndtering en del av føringene fra kommunen ved oppgradering av plassen. Uavhengig av pålagte krav som kan utløses i forbindelse med søknadspliktige tiltak, legger Oslo kommunes strategi for overvannshåndtering (2013) opp til at «tilførselen av overvann til det offentlige avløpsnett skal minimaliseres» og «alt overvann skal fortrinnsvis tas hånd om åpent og lokalt (...)». I tillegg fremheves det i Oslo kommunes handlingsplan for overvannshåndtering (2019) fem

viktige punkter: 1) Skaffe mer kunnskap, 2) Forebygge konsekvenser, 3) Utvikle forbildeprosjekter, 4) Samarbeide tettere, 5) Informere og veilede bedre. Uavhengig av søknadspliktige tiltak og at hverken stortingsbygningen eller Eidsvoll's plass eies av Oslo kommune, legger strategi-arbeidet til Oslo kommune opp til at caset som er valgt i denne oppgaven egner seg til å oppfylle alle fem nevnte punkter. Resultatene i denne oppgaven antyder at stortingsbygningen vil kunne få problemer med å håndtere fremtidig overvann fra egen bygning i ledningsnett. Eidsvoll's plass er en av få åpne lunger i Oslo sentrum. Et felles pilotprosjekt for plassen, som viderefører kommunens erfaringer fra Deichmansgate, beskrevet nærmere i kapittel 3.5, kan bidra til å løse problemer for begge parter og videre høste verdifull kunnskap om regnbeds egnethet for håndtering av nedbørmengder i et lite nedbørfelt bestående av store andeler av tette flater, i Oslo sentrum.

For å kunne oppfylle Oslo kommunes krav til overvannshåndtering, gjengitt i kapittel 3.7 i denne oppgaven, har jeg også beregnet nødvendig areal for regnbed for å håndtere både trinn 1 og 2, åpent på Eidsvoll's plass. Resultatene i kapittel 5.2.2 viser at nødvendig regnbedareal på plassen for å håndtere alt overvann fra eiendommen i trinn 1 ved hjelp av infiltrasjon og fordrøyning av overvann i regnbedets spesifiserte høyde, er 1075 m². Arealet defineres av den nedbørhendelsen som gir mest tilrenning i forhold til tiden nedbøren kommer på, når det tillegges klimafaktor for fremtidig nedbør. Dimensjonerende nedbørhendelse for trinn 1 er 60 minutter.

Når trinn 2 skal beregnes, tas det utgangspunkt i arealet fra beregningene i trinn 1. Som beskrevet i kapittel 2.3, er det tilgang til to ulike ledninger ved Eidsvoll's plass. En Ø300 overvannsledning og en Ø1600 fellesledning. I Oslo kommunes – Overvann, veileder for utbygger (2017b), forklart nærmere i kapittel 3.7.2, tillates det ulike påslipp til de forskjellige ledningene. Det er nærliggende å anta at overvann skal tilknyttes overvannsledning. I Oslo sentrum er det flere faktorer som kan påvirke kvaliteten til overvann, som bør vurderes før et slikt valg gjøres. I kapittel 3.3 forklares det om mulige forurensningskilder til overvann i en by som Oslo og i samme kapittel forklares det også om renseevnen til regnbed. Det antas at overvann fra eiendommen rundt Stortinget vil kunne inneholde mikroplast fra bildekk og annen forsøpling, vegsalt og tungmetaller. I tillegg har stortingsbygningen totalt 4190 m² med kobbertak. Dette nevnes særskilt som en mulig forurensningskilde i rapporter om forurensning (COWI as, 2012). Dersom regnbed på Eidsvoll's plass i fremtiden vil bli en realitet, vil det måtte være førende for planleggingsarbeidet å vurdere hvilke forurensninger,

og i hvilke konsentrasjoner dette forekommer, før det vurderes hvilke egenskaper regnbed skal ha. I tillegg vil dette være avgjørende for hvilken tilknytning overløpet fra regnbed skal ha til det kommunale nettet. Dersom kartlegging viser at det er for høye konsentrasjoner av tungmetallet kobber, eller andre former for forurensning, som ikke ønskes fraktet direkte til resipient, vil det kunne være aktuelt å tilknytte overløpet til fellesledning og frakte overvann til renseanlegg, før det slippes videre. Dersom overvannet er rent nok til direkte utslipp til resipient og det kan tilknyttes overvannsnett, vil dette bidra til å fjerne fremmedvann fra ledningsnett. utfordringer med fremmedvann er forklart nærmere i kapittel 3.7.3.

Dersom overvannskvaliteten tillater påslipp til overvannssystemet til kommunen og det er ønskelig å lede vannet dit, vil ikke arealet fra trinn 1 være stort nok til å håndtere alt overvannet fra trinn 2. Beregningene i denne oppgaven viser at høyden i regnbedet må økes med én cm og arealet økes til 1100 m² for å håndtere begge trinn. Det kan diskuteres om det er hensiktsmessig å ytterligere øke høyden i regnbedet for å få arealet ned, eller motsatt og arealet blir større. I denne oppgaven vurderes det til at en høyde på 26 cm vil være akseptabelt, uten at regnbedet må sikres for å unngå fall. Tilgjengelig høyde avhenger av avstanden til bebyggelse under plassen. Det antas at 26 cm vil kunne etableres uten problemer. 1100 m² er en omfattende del av Eidsvoll's plass, men å senke arealet med 100 m² vil muligens ikke påvirke inngrepet i vesentlig grad. 1100 m² utgjør 10.2 % av eiendommens totale areal. Ifølge Braskerud og Paus (2013) bør regnbed normalt utgjøre 5 – 10 % av eiendommens areal. Med bakgrunn i at eiendommen i store deler består av tette flater, anses beregningene mine som troverdige, vurdert opp mot denne bransjeerfaringen.

Dersom det i fremtiden skal anlegges regnbed på Eidsvoll's plass, vil dette måte gjennomføres som en del av et helhetlig prosjekt hvor utforming av plassen må sees på nytt, kanskje hvor et av prosjektmålene er å oppnå åpen, klimavennlig og bærekraftig håndtering av overvann i Oslo sentrum. Plassen er, som tidligere nevnt vernet i henhold til byantikvarens gule liste, og det vil uansett være førende for utformingen av plassen at den fortsatt kan brukes som «én av landets viktigste arenaer for folks ytringsfrihet og engasjement». Det vurderes ikke nye alternativer til utforming i denne oppgaven, grunnet vernekravet og plassering av regnbed er i denne oppgaven derfor tilpasset dagens utforming. Til tross for store arealer beregnet i denne oppgaven, mener jeg at illustrasjonen over Eidsvoll's plass med 1100 m² regnbed i kapittel 5.2.2, vil kunne være gjennomførbar på plassen. Da tatt i betraktning hvilke

overvannsmengder som håndteres åpent og i tråd med Oslo kommunes overvannsstrategi (2013).

Det er i denne oppgaven ikke vurdert hvorvidt mer av overvannet kan håndteres i trinn 3 for å få ned arealene i regnbed. Dette vil i så fall kunne medføre at det må tillates noe påslipp til kommunalt nett i trinn 1 eller en større andel påslipp i trinn 2 og at en større andel ledes til flomveier ved større nedbørhendelser. Man vil i dette tilfellet ikke kunne oppfylle de mål og delmål som ligger innunder Oslo kommunes overvannstrategi (2013). For å oppnå målene i strategien og dens underliggende dokumenter, vil ikke løsningen med å fange opp 95% av årsnedbøren i trinn 1 med et regnbedsareal på 277 m² være tilstrekkelig. Overvannet fra eiendommen vil ikke da kunne håndteres i tråd med tre-trinns strategien og Oslo kommunes føringer, men et regnbed vil uansett kunne bidra til å avlaste ledningsnettene noe og samtidig bidra til å opprettholde grunnvannstanden via infiltrasjon. I alle tilfeller hvor det etableres LOD-tiltak på Eidsvolls plass med infiltrasjon, vil dette kunne ha en positiv effekt for bygningene. Som beskrevet i tidligere kapitler, er grunnvannstanden viktig for bygninger som står på treflåter. Stortingsbygningen står ikke på tre, men har store mengder alunskifer under bygningen. Erfaringer fra tidligere byggeprosjekter i Stortinget viser at alunskifer vil svelle mindre under vann, enn den gjør blottlagt over grunnvannstand. Derfor vil etablering av LOD-tiltak med infiltrasjon på eiendommen til stortingsbygningen uansett kunne bidra positivt mot setningsskader og bevegelse i grunnen.

De overvannsmengder som ikke håndteres i trinn 1 eller 2, vil måtte håndteres i trinn 3. Som resultatene for beregninger i trinn 3 viser, ligger Stortingets eiendom og Eidsvolls plass gunstig plassert med tanke på fall fra eiendommen og tilgang til trygge sikre flomveier. Oslo kommunes overvannstrategi setter krav til at det for flomberegninger benyttes såkalt 200-års flom i beregningene. Ved dimensjonerende nedbørhendelse, som teoretisk kan anses som «worst case scenario», hvor en ekstrem hendelse skjer i løpet av 1 minutt, vil de beregnede regnbedene i denne oppgaven fordele seg ved at 57 % av nedbørmengden håndteres i trinn 1 og 2, mens 43 % kontrollert ledes til trygge og sikre flomveier. For å sammenlikne mot en hendelse som er nevnt flere ganger gjennom oppgaven, og som for oss er veldig nær å anta at kan skje i Oslo, trekker jeg frem «Københavnregnet». Under nedbørhendelsen i København kom det 135 mm i løpet av 2,5 timer (forskning.no, 2018). Dersom en slik hendelse hadde oppstått i Oslo med regnbed på 1100 m² på Eidsvolls plass, ville fordelingen bli at trinn 1 og 2 håndterer 35 % av nedbøren ved infiltrasjon og fordrøyning, før 65 % av nedbøren

håndteres i trygge og sikre flomveier i trinn 3. Dersom en slik hendelse hadde oppstått i Oslo over Eidsvoll's plass, antas det at regnbedene og fallforholdene rundt stortingsbygningen hadde bidratt til at eiendommen ville håndtert «Københavnregnet» uten skader på bygningen, gitt at flomveiene til kommunen ikke ville ført til skader på andre bygninger eller eiendommer. Det antas at ikke alle eiendommer i Oslo sentrum har like gunstige forhold for å dirigere flomvann bort fra eiendommen, men kartleggingsarbeidet til Oslo kommune, viser at det primært er gatene som leder flomvann i Oslo sentrum. Etter å ha gjennomgått de kartlagte flomveiene til kommunen og sett resultatene fra flomberegningene gjennomført i «Scalgo live», antas det at å få godkjent trinn-modellen med trinn 1 og 2, som beregnet i denne oppgaven og de angitte flomveier i trinn 3, ikke vil by på store utfordringer for en eventuell søknadsprosess om godkjenning av åpen håndtering av overvann på Eidsvoll's plass.

Uavhengig av om eventuelle regnbed på Eidsvoll's plass ville blitt utformet til å håndtere trinn 1 alene, både trinn 1 og 2 eller en eventuell kombinasjon, så er det i denne oppgaven vurdert åpne renneløsninger langs fortauene i Karl Johans gate og i Stortingsgata. Som nevnt i beskrivelsen av overvannshåndteringen av Wessels plass, er det i dag etablert renner for de fire taknedløpene fra stortingsbygningen, som vender mot plassen. Overvannet fra taknedløpene renner i dag via en typisk gaterenne man ofte ser i Oslo og vises på bildet til venstre under. Til høyre sees en nyetablert renne i Olav Vs gate, litt vest for stortingsbygningen. Gaten er nylig renovert av Oslo kommune og det er her valgt en renne, som vist på bildet til høyre. Rennene ser ut til å ha noe mer kapasitet enn «standard-rennen».



Figur 33: Foto av gaterenne i Oslo sentrum. (Begge foto: Lars Petter Segerstrøm)

På begge sider av stortingsbygningen faller terrenget og fortauene vestover mot Eidsvolls plass. Profiltegning av dette vises i kapittel 2.1. Dette gjør at utformingen av eiendommen er gunstig til å føre overvann åpent ned mot Eidsvolls plass, hvor regnbed kan anlegges. Etter å ha kartlagt flomveier for trinn 3 rundt Eidsvolls plass, er det tydelig at denne løsningen er gunstig. Dersom det ved ekstreme nedbørhendelser blir for stor belastning på renner langs fortauene, vil vannet renne ut i gatene, som igjen føres til trygge og sikre flomveier kommunen har kartlagt ned mot fjorden. Rennen vil også bidra til å fordrøye overvannet i den tiden vannet er i rennen. Det er i denne oppgaven hverken beregnet eller vurdert hvor dyp eller bred en slik renne vil måtte være, men dersom beregninger viser at en åpen renne, som vist på bilder over ikke er tilstrekkelig, vil det eventuelt kunne etableres løsninger hvor renne legges under fortau med rister eller liknende over for å opprettholde gangsonen og for å tilfredsstillende universell utforming av fortauene.

I kapittel 2.3 forklares det at Eidsvolls plass ikke har snøsmeltanlegg i dag. Øvrige arealer rundt plassen, herunder Løvebakken har et slikt anlegg. Det vil være nærliggende å tro at det bør etableres et slikt anlegg i forbindelse med et overvanns-håndteringsprosjekt på plassen. Om alt overvann skal ledes åpent via plassen, må det sørges før at det ikke dannes store issvuller på en plass hvor det ferdes såpass mye mennesker som denne plassen i Oslo sentrum.

7 Konklusjon

For å besvare første del av problemstillingen: «Hvilke utfordringer utgjør belastningen stikkledningene får fra nedbøren som faller på takene til stortingsbygningen» har jeg gjennomført teoretiske beregninger. De teoretiske beregningene i denne oppgaven viser at kapasiteten på stikkledningene ved dagens nedbørhendelser kun er tilstrekkelig for én av fire stikkledninger fra stortingsbygningen. Ulike faktorer er diskutert i forrige kapittel for å kunne forklare hvorfor det ikke oppleves tilbakeslag eller kjelleroversvømmelse i dag. Beregningene antyder derimot at ledningene ikke vil kunne håndtere fremtidens nedbør og ekstremhendelser fra takene på stortingsbygningen.

Klimaendringer, økende nedbør og større skader som følge av overvann har stort fokus hos norske myndigheter (NOU 2010: 10, 2010; NOU 2015: 16, 2015) og Oslo kommune (2013). Det kommer tydelig frem i flere av kildene som er benyttet i denne oppgaven at bygningseiere som Stortinget bør forberede seg på mer nedbør. «Alle har ansvar for å håndtere overvann på en trygg og god måte» (Oslo kommune, 2013), forklarer at ikke alt ansvar for overvannshåndtering ligger på kommunalt nivå. Beregningene i denne oppgaven omfatter stortingsbygningens egne stikkledninger. Kapasiteten på disse er Stortingets ansvar. Det er derfor i Stortingets interesse å forberede seg på økende nedbør og sørge for tiltak for å unngå oversvømmelser og skader, samt kollaps på egne ledninger.

Det er stort fokus i samfunnet på at FNs bærekraftsmål skal nås. Den internasjonale vannforeningens nordiske avdeling knytter håndtering av overvann til så mange som 8 av FNs 17 bærekraftsmål (Braskerud og Paus, 2020). Riktig håndtering av overvann kan løse flere problemer lokalt, men samtidig bidra til å nå de store målene internasjonalt. Nedbørhendelser i og i nærheten av Norge, viser at ekstreme nedbørhendelser vil kunne komme i nær fremtid og forekomme hyppigere (Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap, 2016). Klimaet er i endring og vi som samfunn må tilpasse oss (NOU 2010: 10). Det er derfor viktig at bygningseiere forbereder seg på fremtidens nedbørhendelser ved å forberede for klimavennlig og bærekraftig overvannshåndtering. Dette for å bidra til å avlaste trykket på kommunenes ledninger, renseanleggene og for å unngå kollaps, oversvømmelser og skader som følge av fulle stikkledninger.

For å unngå fremtidige oversvømmelser og kollaps på ledningene, viser beregninger i denne oppgaven at det vil være mulig å håndtere overvann fra stortingsbygningens eiendom åpent i regnbed på Eidsvoll's plass foran stortingsbygningen. Dette vil samtidig være et viktig bidrag til å få ned mengden fremmedvann som i dag belaster renseanleggene, avhjelpe kommunale ledninger under store nedbørhendelser og bidra til at nasjonale og internasjonale klimamål kan nås.

For å besvare siste del av problemstillingen: «(...) hvordan kan vannet infiltreres og fordrøyes i regnbed på egen grunn i tråd med Oslo kommunes overvannstrategi, fremfor å belaste ledningene?», er det beregnet nødvendig areal for regnbed som kan håndtere alt overvann fra eiendommen. For å tilfredsstille Oslo kommunes overvannstrategi (2013) og tilhørende dokumenter, konkluderes det med at regnbed som håndterer både trinn 1 og 2, tilknyttet Ø300 overvannsledning må ha et overflateareal på 1100 m² og en dybde over det øverste jordlaget i bedet på 26 cm. Dette anses som den mest bærekraftige og klimavennlige løsningen, forutsatt at regnbedet fjerner tilstrekkelig av eventuell forurensing fra overvann før utslipp til resipient. Arealene forutsetter maks tillate påslipp til kommunal ledning på 4 l/s. ved tilknytning til overvannsledning med dimensjon Ø300. Ved tilknytning til fellesledning med dimensjon >Ø500, vil det være tilstrekkelig med et areal på 1075 m² og en høyde i bedet på 25 cm for å håndtere de to første trinnene. Dersom forurensing fjernes i regnbed, vil løsningen ved å tilknytte regnbedene til overvannsledning i stedet for å føre overvannet til renseanlegg antagelig være å foretrekke. Økningen i regnbedsareal på 25 m² anses som liten og vil ikke utgjøre stor forskjell på plassen. Taknedløpene forbindes med regnbed via åpne renner i fortau. Forbindelse mellom de ulike regnbedene forbindes på samme vis. Trinn 3 ivaretas i kommunens kartlagte flomveier og flomvann i trinn 3 ledes via sentrumsgatene, videre til rådhusplassen og ut i havnebassenget.

7.1 Videre arbeid

Det har vært interessant og lærerikt å arbeide med denne oppgaven og jeg håper mine resultater kan være et viktig bidrag til Stortingets administrasjons videre arbeid med tekniske oppgraderinger og håndtering av overvann. Det pågår større tekniske og bygg-tekniske kartlegginger for å avdekke tilstand og oppgraderingsbehov for stortingsbygningen og øvrig bygningsmasse som eies av Stortinget. Overvann er et sentralt tema i flere av de overordnede

utredningene, hvor også Eidsvolls plass inngår i disse. Resultatene og diskusjonen i denne oppgaven vil kunne bli medtatt som innspill i fremtidige vurderinger om hvordan Eidsvolls plass skal se ut i fremtiden. Funnene i oppgaven vil kunne være viktig informasjon for fremtidige valg rundt vurderinger av bygningsmassen til Stortinget. Dette har bidratt til å motivere meg gjennom arbeidet med denne oppgaven.

8 Litteraturliste

- Aalborg kommune (2016) *Regnbede LAR metodekatalog* Tilgjengelig fra: <https://www.aalborg.dk/media/5117905/regnbede.pdf> (Hentet: 30.10 2020).
- Asplan Viak (2014) *Overvann som ressurs (p. nr. 535485-01)*. Tilgjengelig fra: <https://d21dbafykfdck9.cloudfront.net/1485874414/rapport-overvann-2016-12-21.pdf> (Hentet: 10.11 2020).
- Asplan Viak (2016) *Overvann som nyttig ressurs i urbant landskap*. Tilgjengelig fra: <https://www.asplanviak.no/aktuelt/2016/10/27/deichmansgate-eksempelet-paa-urban-overvannsloesning/> (Hentet: 15.11 2020).
- Braskerud, B. C. og Paus, K. H. (2013) *Forslag til dimensjonering og utforming av regnbed for norske forhold* Tilgjengelig fra: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2013_872571.pdf (Hentet: 15.11 2020).
- Braskerud, B. C. og Paus, K. H. (2016) *Regnbed for lokal flomdemping* Tilgjengelig fra: [https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398684-1453799062/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Bygg esaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Regnbed%20for%20lokal%20flomdemping.pdf](https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398684-1453799062/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Bygg%20esaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Regnbed%20for%20lokal%20flomdemping.pdf) (Hentet: 10.11 2020).
- Braskerud, B. C. og Paus, K. H. (2020) *FNs bærekraftsmål og bruk av lokal overvannsdisponering - Et sammendrag fra utvalgte foredrag og ekskursjoner fra NORDIWA-konferansen i Helsinki 2019*. Tilgjengelig fra: <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2020/04/Braskerud.pdf> (Hentet: 22.10 2020).
- Braskerud m. fl. (2012) *Hydrologisk testing av regnbed for bruk som LOD-tiltak i småhusbebyggelse* Tilgjengelig fra: https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/2012_869364.pdf (Hentet: 15.11 2020).
- Byantikvaren (2020) *Gul liste*. Tilgjengelig fra: <https://byantikvaren.no/gul-liste/> (Hentet: 08.10 2020).
- COWI as (2012) *Beregning av forurensning fra overvann*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/vannforvaltning/overvannshandtering/vurder-fare-for-forurensning-og-tiltaksbehov/> (Hentet: 6.11 2020).
- Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (2016) *Risikoanalyse av regnflom i by*. Tilgjengelig fra: https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/delrapport_-_regnflom_2016.pdf (Hentet: 13.11 2020).
- Dronninga Landskap as (2020) *Illustrasjon av Wessels plass*, 13.10.2020.
- Dyrddal, A. og Førland, E. J. (2019) *Klimapåslag for kortidsnedbør - anbefalte verdier for Norge (Rapport 5/2019)*. Tilgjengelig fra: https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedb%C3%B8r/fremtidig-utvikling/_attachment/14869?ts=16b02bdea3a (Hentet: 29.10 2020).
- FN-sambandet (2019) *Klimaendringer* Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer> (Hentet: 20.10 2020).
- FN-sambandet (2020) *FNs bærekraftsmål* Tilgjengelig fra: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal> (Hentet: 20.10 2020).
- forskning.no (2018) *Norske byer tåler ikke store regnskyll*. Tilgjengelig fra: <https://forskning.no/arkitektur-klima-nmbu-norges-miljo-og-biovitenskapelige-universitet/norske-byer-taler-ikke-store-regnskyll/266928> (Hentet: 13.11 2020).

- Kommuneforlaget (2008) *Standard abonnementsvilkår for vann og avløp* 1. utgave, 1. opplag 2008. Kommuneforlaget as.
- Kristiansand kommune (2016) *Overvannveileder for Kristiansand kommune* Tilgjengelig fra: https://www.kristiansand.kommune.no/globalassets/innhold/bolig-kart-og-eiendom/vann-og-avlop/overvannsveileder_1_rev_10_8_2016.pdf (Hentet: 11.10 2020).
- Lindholm, O. G. (2015) *Overvannsdammer - Beregning av volum* Tilgjengelig fra: https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2015/06/Blad-69_05.02.16.pdf (Hentet: 24.10 2020).
- Lindholm, O. G. (2018) *Håndtering av overvann LOD*. Tilgjengelig fra: <https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2018/06/Blad-125-31.05.18.pdf> (Hentet: 6.11 2020).
- Meld. St. 33 (2012-2013) (2013) *Klimatilpasning i Norge* regjeringen.no Regjeringen Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/e5e7872303544ae38bdbdc82aa0446d8/no/pdfs/stm201220130033000dddpdfs.pdf>.
- Meteorologisk institutt (2020) *Hva er egentlig forskjellen på vær og klima?* Tilgjengelig fra: <https://www.met.no/vaer-og-klima/klimasvar/hva-er-egentlig-forskjellen-pa-vaer-og-klima> (Hentet: 27.10 2020).
- Miljødirektoratet (2020a) *Overvann*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/> (Hentet: 25.09 2020).
- Miljødirektoratet (2020b) *Vurder fare for forurensning og beslutning tiltaksbehov*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/vannforvaltning/overvannshandtering/vurder-fare-for-forurensning-og-tiltaksbehov/> (Hentet: 6.11 2020).
- NAML nytt (2019) *Overvann fra problem til ressurs* Tilgjengelig fra: <http://www.naml-nytt.no/2019/12/02/overvann-fra-problem-til-ressurs/> (Hentet: 30.10 2020).
- Norges geologiske undersøkelser (2018) *Overvannshåndtering* Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/overvannshandtering> (Hentet: 10.11 2020).
- Norges geologiske undersøkelser (2018) *Regnbed*. Tilgjengelig fra: <https://www.ngu.no/grunnvanninorge/arealforvaltning/klimatilpasning/regnbed> (Hentet: 10.11 2020).
- Norges vassdrags- og energidirektorat (2015) *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf (Hentet: 24.10 2020).
- Norges vassdrags og energidirektorat (1997) *Anvendt urbanhydrologi, rapport 10 1997*. Tilgjengelig fra: http://publikasjoner.nve.no/publikasjon/1997/publikasjon1997_10.pdf (Hentet: 13.11 2020).
- Norges vassdrags og energidirektorat (2016) *Urbanhydrologi*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/hydrologi/urbanhydrologi/?ref=mainmenu> (Hentet: 25.09 2020).
- Norges vassdrags og energidirektorat (2018) *Vil gjøre byene beredt på et våtere klima*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-hydrologi/vil-gjore-byene-beredt-pa-vatere-klima/> (Hentet: 31.08 2020).
- Norsk klimaservicesenter (2020a) *Hva er dimensjonerende nedbør?* Tilgjengelig fra: https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedbør/hva-er-dimensjonerende-nedbør&org.apache.catalina.filters.CSRF_NONCE=95C9C3716239221E508183AE470A0192 (Hentet: 25.09 2020).

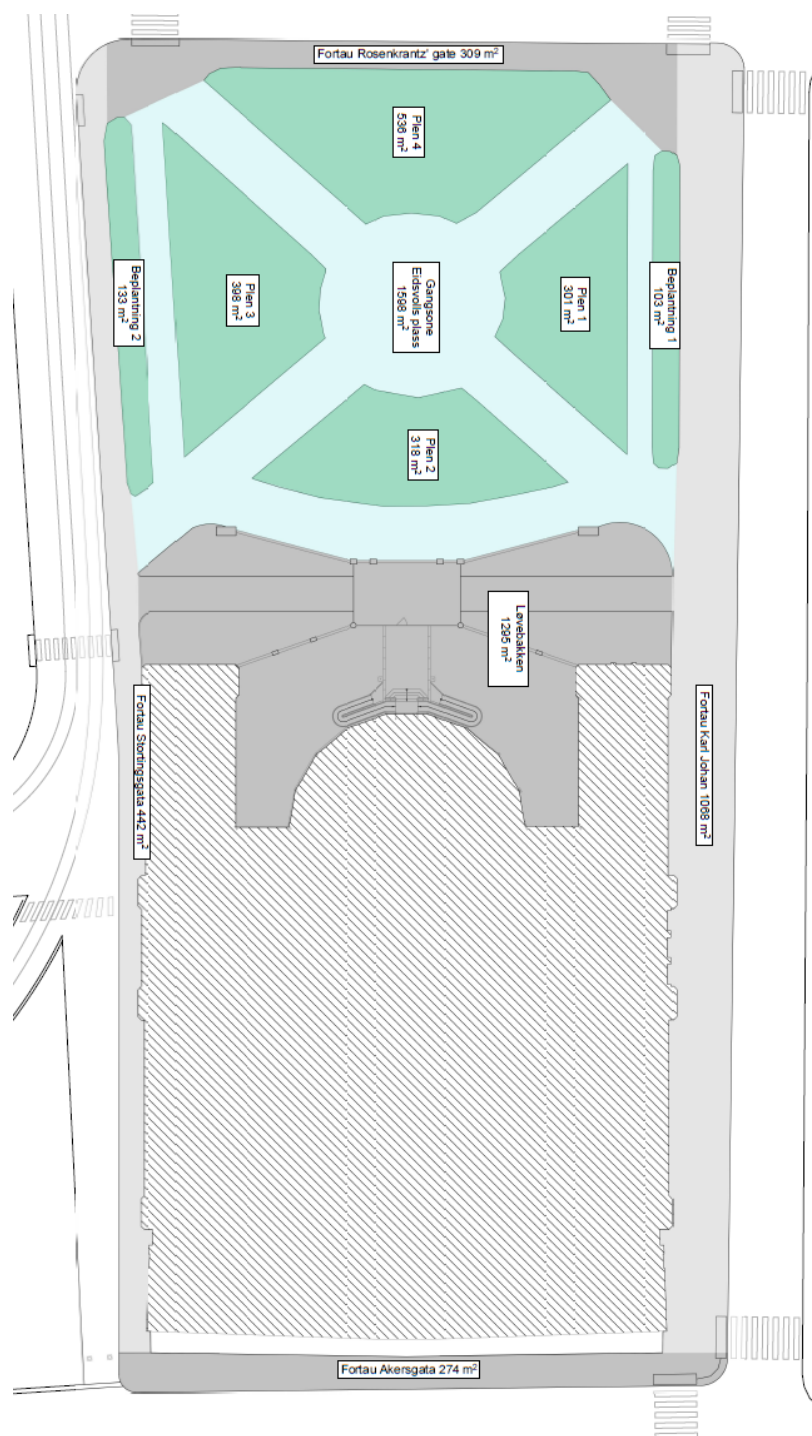
- Norsk klimaservicesenter (2020b) *Fremtidig utvikling av kraftig nedbør* Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedbor/fremtidig-utvikling> (Hentet: 26.09 2020).
- Norsk klimaservicesenter (2020c) *Nedbørintensiteter for Oslo - Blindern*. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml> (Hentet: 25.09 2020).
- Norsk vann (2008) *Rapport 162 - Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering* norskvann.no.
- Norsk vann (2014) *Vann- og avløpsteknikk*. 2. utgave Norsk vann.
- Norsk vann (2019) *Høring: Ny håndbok V240 Vannhåndtering* Tilgjengelig fra: <https://www.norskvann.no/index.php/meninger/h%C3%B8ringer/2052-horing-ny-handbok-v240-vannhandtering> (Hentet: 7.11 2020).
- NOU 2010: 10 (2010) *Tilpasning til eit klima i endring* Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning
- NOU 2015: 16 (2015) *Overvann i byer og tettsteder* Oslo: Departementenes sikkerhets- og serviceorganisasjon, Informasjonsforvaltning
- Oslo kommune (2013) *Strategi for overvannshåndtering i Oslo* Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1334879-1426836380/Tjenester%20og%20tilbud/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiledere/Overvann/Strategi%20for%20overvannsh%C3%A5ndtering.pdf> (Hentet: 4.11 2020).
- Oslo kommune (2014) *Hovedplan Avløp og vannmiljø 2014 - 2030*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398648-1453798349/Tjenester%20og%20tilbud/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiledere/Hovedplan%20avl%C3%B8p%20og%20vannmilj%C3%B8%202014-30.pdf> (Hentet: 27.9 2020).
- Oslo kommune (2017a) *Du vil ikke tro hva dette blomsterbedet får til*. Tilgjengelig fra: <https://www.klimaoslo.no/2017/05/04/blomsterbed-til-overvann/> (Hentet: 11.11 2020).
- Oslo kommune (2017b) *Overvannshåndtering - en veileder for utbygger* Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/134069-1486638143/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvannsh%C3%A5ndtering%20-%20Veileder%20for%20utbygger.pdf> (Hentet: 27.9 2020).
- Oslo kommune (2019) *Handlingsplan for overvannshåndtering i Oslo*. Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13349073-1573652257/Tjenester%20og%20tilbud/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiledere/Overvann/Handlingsplan%20for%20overvannsh%C3%A5ndtering.pdf> (Hentet: 5.11 2020).
- Oslo kommune (2020a) *Blågrønn faktor for boliger i Oslo - Brukerveiledning for norm* Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13334983-1581085630/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/B1%C3%A5gr%C3%B8nn%20faktor%20-%20Brukerveiledning%20for%20bl%C3%A5gr%C3%B8nn%20faktor.pdf> (Hentet: 2.10 2020).
- Oslo kommune (2020b) *Under oslo - Karttjeneste* Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/vann-og-avlop/kart-og-tegninger/underoslo-no/#gref> (Hentet: 1.10 2020).
- Oslo kommune (2020c) *Elver og bekker* Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/miljo-og-klima/vannmiljo-og-overvann/elver-og-bekker/#gref> (Hentet: 03.09 2020).

- Oslo kommune (2020d) *Overvannshåndtering* Tilgjengelig fra: <https://www.oslo.kommune.no/vann-og-avlop/arbeider-pa-vann-og-avlopsnett/overvannshandtering/#gref> (Hentet: 5.11 2020).
- Paus, K. H. (2017) *Crash-kurs i overvannsberegninger* Tilgjengelig fra: https://norsk vann.no/images/gjertrude/pdf/Dag_1_-_05_-_Crash-kurs_i_overvannsberegninger_Paus.pdf (Hentet: 24.10 2020).
- Paus, K. H. (2018) *Forslag til dimensjonerende verdier for trinn 1 i Norsk Vann sin tre-trinns strategi for håndtering av overvann*. Tilgjengelig fra: <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2018/07/Paus.pdf> (Hentet: 10.10 2020).
- Paus, K. H. (2019) *Tolkning av tre-trinnstrategien for håndtering av overvann og eksempler på dimensjonering* Tilgjengelig fra: https://www.lier.kommune.no/globalassets/11.-kunngjoringer-og-horinger/dokumenter/andre-planer/overvann-lier/temaplan_vedlegg-2.pdf (Hentet: 1.10 2020).
- Paus, K. H. (2020a) *Høringsseminar om risikoaspekt for overvannsskade, 5. mai 2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/media/9873/6-kim-helgeland-paus.pdf> (Hentet: 19.11 2020).
- Paus, K. H. (2020b) *Risikiakseptnivåer og tre-trinnstrategi?* Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/media/9873/6-kim-helgeland-paus.pdf> (Hentet: 6.11 2020).
- Pipelife Norge as (2007) *Rørhåndboka*. Tilgjengelig fra: <https://www.pipelife.no/content/dam/pipelife/norway/marketing/general/brochures/various/R%C3%B8rh%C3%A5ndboka.pdf> (Hentet: 23.10 2020).
- Sintef (2012a) *Løsning for lokal håndtering av overvann i bebygde områder*. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/246/loesning_for_lokal_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader?gclid=EAIAIQobChMIp7i2uLLr7AIVi9wYCh3BuwUzEAMYAYAAEgKI3vD_BwE (Hentet: 05.11 2020).
- Sintef (2012b) *Vann i by - Håndtering av overvann i bebygde områder* Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/2562/vann_i_by_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader (Hentet: 03.09 2020).
- Standard Norge (2020) *NS3845 Blågrønn faktor - Beregningsmetode og vektingsfaktorer*. Tilgjengelig fra: https://www.standard.no/nyheter/nyhetsarkiv/bygg-anlegg-og-eiendom/2020/ny-norsk-standard-for-blagronn-faktor/?gclid=EAIAIQobChMIhqCO7fCE7QIVge-yCh2a6g80EAAAYASAAEgLYXvD_BwE (Hentet: 15.11 2020).
- Statens forurensningstilsyn (1979) *Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger* Tilgjengelig fra: <https://www.nb.no/nbsok/nb/d127afe6847c634316f347ad21bf76a1?lang=no#41> (Hentet: 12.10 2020).
- Statens Vegvesen (2020) *Håndbok V240 vannhåndtering* Tilgjengelig fra: https://www.vegvesen.no/attachment/2988797/binary/1371938?fast_title=H%C3%A5ndbok+V240+Vannh%C3%A5ndtering+-+Flomberegninger+og+hydraulisk+dimensjonering.pdf (Hentet: 7.11 2020).
- Stortinget (2020a) *Eidsvolls plass*. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Hva-skjer-pa-Stortinget/eidsvolls-plass/> (Hentet: 08.10 2020).
- Stortinget (2020b) *Stortingsbygningen*. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Stortinget-og-demokratiet/Historikk/stortingsbygningen/> (Hentet: 03.09 2020).
- Stortinget og Oslo kommune (2017) *Skisseprosjekt Wessels plass og deler av Akersgata* Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/globalassets/pdf/diverse/wessels-akersgt-skisseprosjekt-a3-endelig-redusert.pdf> (Hentet: 8.10 2020).

Vann- og avløpsetaten (2017) *Retningslinjer for separering* Unpublished Tilgjengelig fra:
Upublisert rapport. For innsyn kontakt Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune
Wæhle, E., Dahlum, S. og Grønmo, S. (2020) *Case-studie i Store norske leksikon på snl.no*.
Tilgjengelig fra: <https://snl.no/case-studie> (Hentet: 04.11 2020).

9 Vedlegg

9.1 Vedlegg 1 – Arealoversikt Eidsvolls plass



9.2 Vedlegg 2 – Beregning av konsentrasjonstid

Beregning av konsentrasjonstid

Beregningsforutsetninger:

Konsentrasjonstiden defineres for tiden fra regnet faller på ytterste punkt i nedslagsfeltet til det treffer stikkledningen, hvor alle taknedløp møtes.

Takrenner, nedløp og deler av bunnledning defineres derfor i oppgaven som en del av nedslagsfeltet.

Det er ikke gjennomført nøyaktig målinger av takvinkler, men tilrenningstiden på overflaten anslås ut fra nomogram.

Tilrenning på overflaten t_t (fra nomogram 2,5 minutter)

Strømningstid:

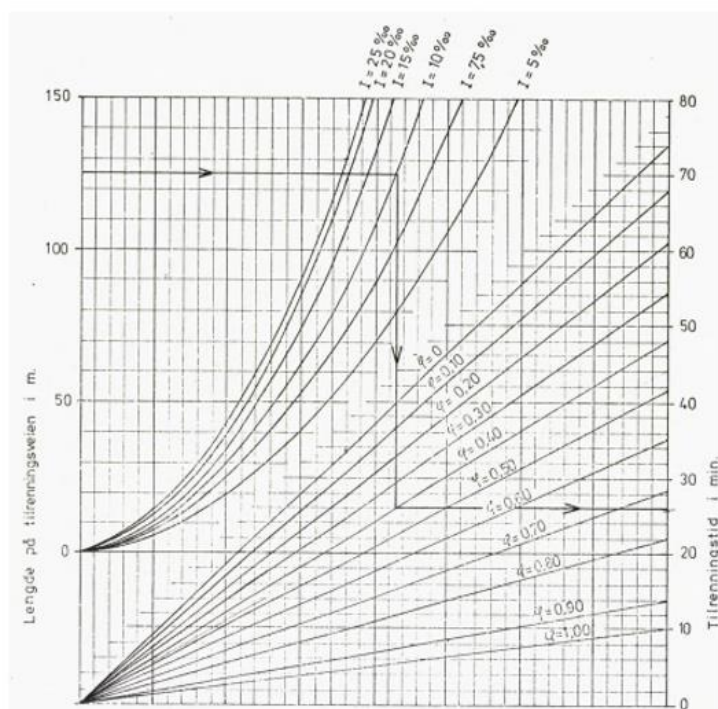
Forutsetninger:			
Lengde på stikkledning	L	40	meter
Vannhastighet	V	1	m/sek
Strømningstid i stikkledning	t_s	40	sek

$$t_s = \frac{L}{v}$$

Konsentrasjonstid:

Forutsetninger:			
Tilrenningstid på overflaten	t_t	2,5	minutter
Strømningstid i stikkledning	t_s	0,7	minutter
Konsentrasjonstid	t_k	3,2	minutter

$$t_k = t_t + t_s$$



Nomogram for beregning av konsentrasjonstiden på overflaten i nedbørfelt (Statens forurensningstilsyn, 1979)

9.3 Vedlegg 3 – Overvannsbelastning fra tak

Vanngengder som belaster ledninger fra stortingsbygningen (l/sek.) ved intensiteter, sammenhengende nedbør, uavhengig av episoder 1968 - 2020 ved målestasjon SN18700 Blindern ved 20 års returperiode					Høyeste intensiteter, sammenhengende nedbør, uavhengig av episoder 1968 - 2020 ved 20 års gjentagelse i l/s/ha fra målestasjon SN18701 Blindern													
					1 minutters varighet	2 minutters varighet	3 minutters varighet	5 minutters varighet	10 minutters varighet	15 minutters varighet	20 minutters varighet	30 minutters varighet	45 minutters varighet	60 minutters varighet	180 minutters varighet	360 minutters varighet		
Stikkledning	Takflate navn	Areal m ²	Areal ha	φspiss	476,0	416,4	381,7	332,9	249,7	212,4	186,5	148,5	118,6	96,3	37,3	21,3		
Stikkledning (SL) 1																		
KJ01		146	0,0146	0,9	6,25	5,47	5,02	4,37	3,28	2,79	2,45	1,95	1,56	1,27	0,49	0,28		
KJ02		36	0,0036	0,9	3,54	3,35	1,24	1,08	0,81	0,69	0,60	0,48	0,38	0,31	0,12	0,07		
EP01		213	0,0213	0,9	9,12	7,98	7,32	6,38	4,79	4,07	3,58	2,85	2,27	1,85	0,72	0,41		
EP02		54	0,0054	0,9	2,31	2,02	1,86	1,62	1,21	1,03	0,91	0,72	0,58	0,47	0,18	0,10		
EP03		165	0,0165	0,9	7,07	6,18	5,67	4,94	3,71	3,15	2,77	2,21	1,76	1,43	0,55	0,32		
EP04		104	0,0104	0,9	4,46	3,90	3,57	3,12	2,34	1,99	1,75	1,39	1,11	0,90	0,35	0,20		
EP05		94	0,0094	0,9	4,03	3,52	3,23	2,82	2,11	1,80	1,58	1,26	1,00	0,81	0,32	0,18		
EP06		27	0,0027	0,9	1,16	1,01	0,93	0,81	0,61	0,52	0,45	0,36	0,29	0,23	0,09	0,05		
Sum stikkledning 1 ved intens nedbør vist i l/s					35,94	31,44	28,82	25,14	18,85	16,04	14,08	11,21	8,96	7,27	2,82	1,61		
Stikkledning (SL) 2																		
KJ03		36	0,0036	0,9	3,54	3,35	1,24	1,08	0,81	0,69	0,60	0,48	0,38	0,31	0,12	0,07		
KJ04		152	0,0152	0,9	6,51	5,70	5,22	4,55	3,42	2,91	2,55	2,03	1,62	1,32	0,51	0,29		
KJ05		16	0,0016	0,9	0,69	0,60	0,55	0,48	0,36	0,31	0,27	0,21	0,17	0,14	0,05	0,03		
KJ06		54	0,0054	0,9	2,31	2,02	1,86	1,62	1,21	1,03	0,91	0,72	0,58	0,47	0,18	0,10		
KJ07		21	0,0021	0,9	0,90	0,79	0,72	0,63	0,47	0,40	0,35	0,28	0,22	0,18	0,07	0,04		
KJ08		64	0,0064	0,9	2,74	2,40	2,20	1,92	1,44	1,22	1,07	0,86	0,68	0,55	0,21	0,12		
BG01		155	0,0155	0,9	6,64	5,81	5,32	4,64	3,48	2,96	2,60	2,07	1,65	1,34	0,52	0,30		
BG02		141	0,0141	0,9	6,04	5,28	4,84	4,22	3,17	2,70	2,37	1,88	1,51	1,22	0,47	0,27		
BG03		40	0,0040	0,9	1,71	1,50	1,37	1,20	0,90	0,76	0,67	0,53	0,43	0,35	0,13	0,08		
BG04		88	0,0088	0,9	3,77	3,30	3,02	2,64	1,98	1,68	1,48	1,18	0,94	0,76	0,30	0,17		
BG05		21	0,0021	0,9	0,90	0,79	0,72	0,63	0,47	0,40	0,35	0,28	0,22	0,18	0,07	0,04		
BG06		33	0,0033	0,9	1,41	1,24	1,13	0,99	0,74	0,63	0,55	0,44	0,35	0,29	0,11	0,06		
BG07		9	0,0009	0,9	0,39	0,34	0,31	0,27	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,08	0,03	0,02		
BG08		85	0,0085	0,9	3,64	3,19	2,92	2,55	1,91	1,62	1,43	1,14	0,91	0,74	0,29	0,16		
BG09		54	0,0054	0,9	2,31	2,02	1,86	1,62	1,21	1,03	0,91	0,72	0,58	0,47	0,18	0,10		
BG10		112	0,0112	0,9	4,80	4,20	3,85	3,36	2,52	2,14	1,88	1,50	1,20	0,97	0,38	0,21		
AG01		133	0,0133	0,9	5,70	4,98	4,57	3,98	2,99	2,54	2,23	1,78	1,42	1,15	0,45	0,25		
AG02		44	0,0044	0,9	1,88	1,65	1,51	1,32	0,99	0,84	0,74	0,59	0,47	0,38	0,15	0,08		
Sum stikkledning 2 ved intens nedbør vist i l/s					53,89	47,44	43,22	37,69	28,27	24,05	21,12	16,81	13,43	10,90	4,22	2,41		
Stikkledning (SL) 3																		
AG03		133	0,0133	0,9	5,70	4,98	4,57	3,98	2,99	2,54	2,23	1,78	1,42	1,15	0,45	0,25		
AG04		44	0,0044	0,9	1,88	1,65	1,51	1,32	0,99	0,84	0,74	0,59	0,47	0,38	0,15	0,08		
BG11		155	0,0155	0,9	6,64	5,81	5,32	4,64	3,48	2,96	2,60	2,07	1,65	1,34	0,52	0,30		
BG12		145	0,0145	0,9	6,21	5,43	4,98	4,34	3,26	2,77	2,43	1,94	1,55	1,26	0,49	0,28		
BG13		40	0,0040	0,9	1,71	1,50	1,37	1,20	0,90	0,76	0,67	0,53	0,43	0,35	0,13	0,08		
BG14		88	0,0088	0,9	3,77	3,30	3,02	2,64	1,98	1,68	1,48	1,18	0,94	0,76	0,30	0,17		
BG15		21	0,0021	0,9	0,90	0,79	0,72	0,63	0,47	0,40	0,35	0,28	0,22	0,18	0,07	0,04		
BG16		33	0,0033	0,9	1,41	1,24	1,13	0,99	0,74	0,63	0,55	0,44	0,35	0,29	0,11	0,06		
BG17		9	0,0009	0,9	0,39	0,34	0,31	0,27	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10	0,08	0,03	0,02		
BG18		85	0,0085	0,9	3,64	3,19	2,92	2,55	1,91	1,62	1,43	1,14	0,91	0,74	0,29	0,16		
BG19		54	0,0054	0,9	2,31	2,02	1,86	1,62	1,21	1,03	0,91	0,72	0,58	0,47	0,18	0,10		
BG20		108	0,0108	0,9	4,62	4,05	3,71	3,24	2,43	2,06	1,81	1,44	1,15	0,94	0,36	0,21		
WP06		54	0,0054	0,9	2,31	2,02	1,86	1,62	1,21	1,03	0,91	0,72	0,58	0,47	0,18	0,10		
WP07		21	0,0021	0,9	0,90	0,79	0,72	0,63	0,47	0,40	0,35	0,28	0,22	0,18	0,07	0,04		
WP08		64	0,0064	0,9	2,74	2,40	2,20	1,92	1,44	1,22	1,07	0,86	0,68	0,55	0,21	0,12		
Sum stikkledning 3 ved intens nedbør vist i l/s					45,15	39,50	36,21	31,58	23,69	20,15	17,69	14,09	11,25	9,14	3,54	2,02		
Stikkledning (SL) 4																		
EP07		213	0,0213	0,9	9,12	7,98	7,32	6,38	4,79	4,07	3,58	2,85	2,27	1,85	0,72	0,41		
EP08		54	0,0054	0,9	2,31	2,02	1,86	1,62	1,21	1,03	0,91	0,72	0,58	0,47	0,18	0,10		
EP09		165	0,0165	0,9	7,07	6,18	5,67	4,94	3,71	3,15	2,77	2,21	1,76	1,43	0,55	0,32		
EP10		104	0,0104	0,9	4,46	3,90	3,57	3,12	2,34	1,99	1,75	1,39	1,11	0,90	0,35	0,20		
EP11		94	0,0094	0,9	4,03	3,52	3,23	2,82	2,11	1,80	1,58	1,26	1,00	0,81	0,32	0,18		
EP12		27	0,0027	0,9	1,16	1,01	0,93	0,81	0,61	0,52	0,45	0,36	0,29	0,23	0,09	0,05		
Sum stikkledning 4 ved intens nedbør vist i l/s					28,35	24,62	22,57	19,68	14,76	12,56	11,03	8,78	7,01	5,69	2,21	1,26		
Til terreng på WP																		
WP01		146	0,0146	0,9	6,25	5,47	5,02	4,37	3,28	2,79	2,45	1,95	1,56	1,27	0,49	0,28		
WP02		36	0,0036	0,9	3,54	3,35	1,24	1,08	0,81	0,69	0,60	0,48	0,38	0,31	0,12	0,07		
WP03		36	0,0036	0,9	3,54	3,35	1,24	1,08	0,81	0,69	0,60	0,48	0,38	0,31	0,12	0,07		
WP04		148	0,0148	0,9	6,34	5,55	5,08	4,43	3,33	2,83	2,48	1,98	1,58	1,28	0,50	0,28		
WP05		16	0,0016	0,9	0,69	0,60	0,55	0,48	0,36	0,31	0,27	0,21	0,17	0,14	0,05	0,03		
Sum til terreng ved intens nedbør vist i l/s					16,36	14,32	13,12	11,45	8,58	7,30	6,41	5,11	4,08	3,31	1,28	0,73		
Total vanngengde for stortingsbygningen i l/sek					4190													
					1 min.	2 min.	3 min.	5 min.	10 min.	15 min.	20 min.	30 min.	45 min.	60 min.	180 min.	360 min.		
					179,56	157,02	143,94	125,54	94,16	80,10	70,33	56,00	44,72	36,31	14,07	8,03		

*Mørkegrønne celler videreføres til regneark på neste side

Total ledningsbelastning for stortingsbygningens fellesledninger ved 20 år gjentakelse av intensiteter													
Nedbørens varighet i minutter	1 min	2 min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	180 min	360 min	
Stikkledning 1													
Nedbør i l/sek	35,9	31,4	28,8	25,1	18,9	16,0	14,1	11,2	9,0	7,3	2,8	1,6	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	
Største belastning av fellesledning i l/sek	39,1	34,6	32,0	28,3	22,1	19,2	17,3	14,4	12,2	10,5	6,0	4,8	
Maks belastning av 160mm stikkledning i l/s	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 1 i l/sek	-13,14	-8,64	-6,02	-2,34	3,95	6,76	8,72	11,59	13,84	15,53	19,98	21,19	
Stikkledning 2													
Nedbør i l/sek	53,9	47,1	43,2	37,7	28,3	24,0	21,1	16,8	13,4	10,9	4,2	2,4	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
Største belastning av fellesledning i l/sek	57,5	50,7	46,8	41,3	31,9	27,6	24,7	20,4	17,0	14,5	7,8	6,0	
Maks belastning av 160mm stikkledning i l/s	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 2 i l/sek	-31,5	-24,7	-20,8	-15,3	-5,9	-1,6	1,3	5,6	9,0	11,5	18,2	20,0	
Stikkledning 3													
Nedbør i l/sek	45,2	39,5	36,2	31,6	23,7	20,1	17,7	14,1	11,3	9,1	3,5	2,0	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Største belastning av fellesledning i l/sek	48,7	43,0	39,7	35,1	27,2	23,6	21,2	17,6	14,8	12,6	7,0	5,5	
Maks belastning av 160mm stikkledning i l/s	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 3 i l/sek	-22,7	-17,0	-13,7	-9,1	-1,2	2,4	4,8	8,4	11,2	13,4	19,0	20,5	
Stikkledning 4													
Nedbør i l/sek	28,1	24,6	22,6	19,7	14,8	12,6	11,0	8,8	7,0	5,7	2,2	1,3	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
Største belastning av fellesledning i l/sek	31,2	27,7	25,7	22,8	17,9	15,7	14,1	11,9	10,1	8,8	5,3	4,4	
Maks belastning av 160mm stikkledning i l/s	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 4 i l/sek	-5,2	-1,7	0,3	3,2	8,1	10,3	11,9	14,1	15,9	17,2	20,7	21,6	
Totalt utslipp fra stortingsbygningen ved intensiteter (Spillvann og overvann) i l/sek	176,5	156,1	144,2	127,5	99,0	86,2	77,3	64,3	54,0	46,4	26,2	20,7	

Total ledningsbelastning for stortingsbygningens fellesledninger ved 20 år gjentakelse av intensiteter inkl. klimafaktor													
Nedbørens varighet i minutter	1 min	2 min	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	180 min	360 min	
Klimafaktor for fremtidig nedbør													
Klimafaktor for fremtidig nedbør	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
Stikkledning 1													
Nedbør i l/sek	35,9	31,4	28,8	25,1	18,9	16,0	14,1	11,2	9,0	7,3	2,8	1,6	
Nedbør i l/sek inkludert klimafaktor	50,3	44,0	40,4	35,2	26,4	22,5	19,7	15,7	12,5	10,2	3,9	2,1	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	
Største belastning av fellesledning i l/sek	89,5	78,7	72,4	63,5	48,5	41,7	37,0	30,1	24,7	20,7	10,0	6,9	
Maks belastning av 160mm stikkledning	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 1 i l/sek	-63,46	-52,66	-46,37	-37,53	-22,45	-15,69	-11,00	-4,11	1,31	5,35	16,04	19,10	
Stikkledning 2													
Nedbør i l/sek	53,9	47,1	43,2	37,7	28,3	24,0	21,1	16,8	13,4	10,9	4,2	2,4	
Nedbør i l/sek inkludert klimafaktor	75,4	66,0	60,5	52,8	39,6	33,7	29,6	23,5	18,8	15,3	5,9	3,4	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	
Største belastning av fellesledning i l/sek	132,9	116,7	107,3	94,1	71,5	61,3	54,3	44,0	35,8	29,8	13,7	9,4	
Maks belastning av 160mm stikkledning	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 2 i l/sek	-106,9	-90,7	-81,3	-68,1	-45,5	-35,3	-28,3	-18,0	-9,8	-3,8	12,3	16,6	
Stikkledning 3													
Nedbør i l/sek	45,2	39,5	36,2	31,6	23,7	20,1	17,7	14,1	11,3	9,1	3,5	2,0	
Nedbør i l/sek inkludert klimafaktor	63,2	55,3	50,7	44,2	33,2	28,2	24,8	19,7	15,8	12,8	5,0	2,6	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Største belastning av fellesledning i l/sek	111,9	98,3	90,4	79,3	60,3	51,9	46,0	37,3	30,5	25,4	12,0	8,1	
Maks belastning av 160mm stikkledning	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 3 i l/sek	-85,9	-72,3	-64,4	-53,3	-34,3	-25,9	-20,0	-11,3	-4,5	0,6	14,0	17,9	
Stikkledning 4													
Nedbør i l/sek	28,1	24,6	22,6	19,7	14,8	12,6	11,0	8,8	7,0	5,7	2,2	1,3	
Nedbør i l/sek inkludert klimafaktor	39,4	34,5	31,6	27,6	20,7	17,6	15,4	12,3	9,8	8,0	3,1	1,6	
Største samtidighet av spillvann i l/sek	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	
Største belastning av fellesledning i PVC i l/sek	70,7	62,2	57,3	50,3	38,5	33,2	29,6	24,2	19,9	16,8	8,4	6,0	
Maks belastning av 160mm stikkledning i l/s	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	26,0	
Kapasitetsavvik for stikkledning 4 i l/sek	-44,7	-36,2	-31,3	-24,3	-12,5	-7,2	-3,6	1,8	6,1	9,2	17,6	20,0	
Totalt utslipp fra stortingsbygningen ved intensiteter (Spillvann og overvann) i l/sek	404,9	355,9	327,4	287,2	218,8	188,1	166,8	135,5	111,0	92,6	44,1	30,4	

*Største samtidighet for spillvannsmengder og maks belastning for Ø160 mm stikkledning er hentet fra beregninger i vedlegg 4 på neste side.

9.4 Vedlegg 4 – Beregning av spillvannsmengder

Normalvannmengder og største sannsynlige samtidighet for spillvann - Stortingsbygningen
Vannmengder i liter per sekund, fordelt på bygningens 4 stikkledninger

Normalvannmengde fra utstyr med selvstendig vannlås Stikkledning nr. 1 - stortingsbygningen		
Utstyrsgjenstander	Antall	l/s
Drikkefontene	1	0,1
Bidét		0
Servant med 1" bunnventil		0
Urinal (pr. Stand) og veggurinal	1	0,3
Dusj	10	4
Servant med 11/4" bunnventil	14	5,6
Vaskerenne pr.m		0
Oppvask (enkel eller dobbel) kjøkken		0
Vaskemaskin i leilighet		0
Oppvaskemaskin i leilighet		0
Vaskekar		0
Badekar		0
Utslags-,laboratorie- og grytevask	5	4,5
Kombinert opp- og utslagsvask		0
Golvsluk, 75 mm støpejern		0
Vaskemaskin i fellesvaskeri for boliger	2	2,4
Oppvaskemaskin I erverv, liten størelse		0
Golvsluk, 75 mm plast		0
Utslagsskål, bekkenspyler WC	14	25,2
Golvsluk, 110 mm		0

Sum normalvannmengde	47	42,1
Største samtidige belastning spillvann i l/s		3,2

Normalvannmengde fra utstyr med selvstendig vannlås Stikkledning nr. 3 - stortingsbygningen		
Utstyrsgjenstander	Antall	l/s
Drikkefontene		0
Bidét		0
Servant med 1" bunnventil		0
Urinal (pr. Stand) og veggurinal	1	0,3
Dusj	3	1,2
Servant med 11/4" bunnventil	21	8,4
Vaskerenne pr.m		0
Oppvask (enkel eller dobbel) kjøkken	4	2,4
Vaskemaskin i leilighet		0
Oppvaskemaskin i leilighet		0
Vaskekar		0
Badekar		0
Utslags-,laboratorie- og grytevask	6	5,4
Kombinert opp- og utslagsvask		0
Golvsluk, 75 mm støpejern		0
Vaskemaskin i fellesvaskeri for boliger		0
Oppvaskemaskin I erverv, liten størelse	2	2,4
Golvsluk, 75 mm plast		0
Utslagsskål, bekkenspyler WC	18	32,4
Golvsluk, 110 mm		0

Sum normalvannmengde	55	52,5
Største samtidige belastning spillvann i l/s		3,5

Normalvannmengde fra utstyr med selvstendig vannlås Stikkledning nr. 2 - stortingsbygningen		
Utstyrsgjenstander	Antall	l/s
Drikkefontene		0
Bidét		0
Servant med 1" bunnventil		0
Urinal (pr. Stand) og veggurinal	1	0,3
Dusj	9	3,6
Servant med 11/4" bunnventil	23	9,2
Vaskerenne pr.m		0
Oppvask (enkel eller dobbel) kjøkken	1	0,6
Vaskemaskin i leilighet		0
Oppvaskemaskin i leilighet		0
Vaskekar		0
Badekar		0
Utslags-,laboratorie- og grytevask	10	9
Kombinert opp- og utslagsvask		0
Golvsluk, 75 mm støpejern		0
Vaskemaskin i fellesvaskeri for boliger		0
Oppvaskemaskin I erverv, liten størelse		0
Golvsluk, 75 mm plast		0
Utslagsskål, bekkenspyler WC	19	34,2
Golvsluk, 110 mm		0

Sum normalvannmengde	63	56,9
Største samtidige belastning spillvann i l/s		3,6

Normalvannmengde fra utstyr med selvstendig vannlås Stikkledning nr. 4 - stortingsbygningen		
Utstyrsgjenstander	Antall	l/s
Drikkefontene	1	0,1
Bidét		0
Servant med 1" bunnventil		0
Urinal (pr. Stand) og veggurinal		0
Dusj	5	2
Servant med 11/4" bunnventil	17	6,8
Vaskerenne pr.m		0
Oppvask (enkel eller dobbel) kjøkken	7	4,2
Vaskemaskin i leilighet		0
Oppvaskemaskin i leilighet		0
Vaskekar		0
Badekar		0
Utslags-,laboratorie- og grytevask	3	2,7
Kombinert opp- og utslagsvask	1	0,9
Golvsluk, 75 mm støpejern	4	4,8
Vaskemaskin i fellesvaskeri for boliger		0
Oppvaskemaskin I erverv, liten størelse	5	6
Golvsluk, 75 mm plast		0
Utslagsskål, bekkenspyler WC	7	12,6
Golvsluk, 110 mm		0

Sum normalvannmengde	50	40,1
Største samtidige belastning spillvann i l/s		3,1

Alle vannmengder for avløp og utregninger for å finne største samtidige belastning av spillvann er gjennomført i henhold til Standard abonnementsvilkår for vann og avløp - Tekniske bestemmelser (Kommuneforlaget, 2008).

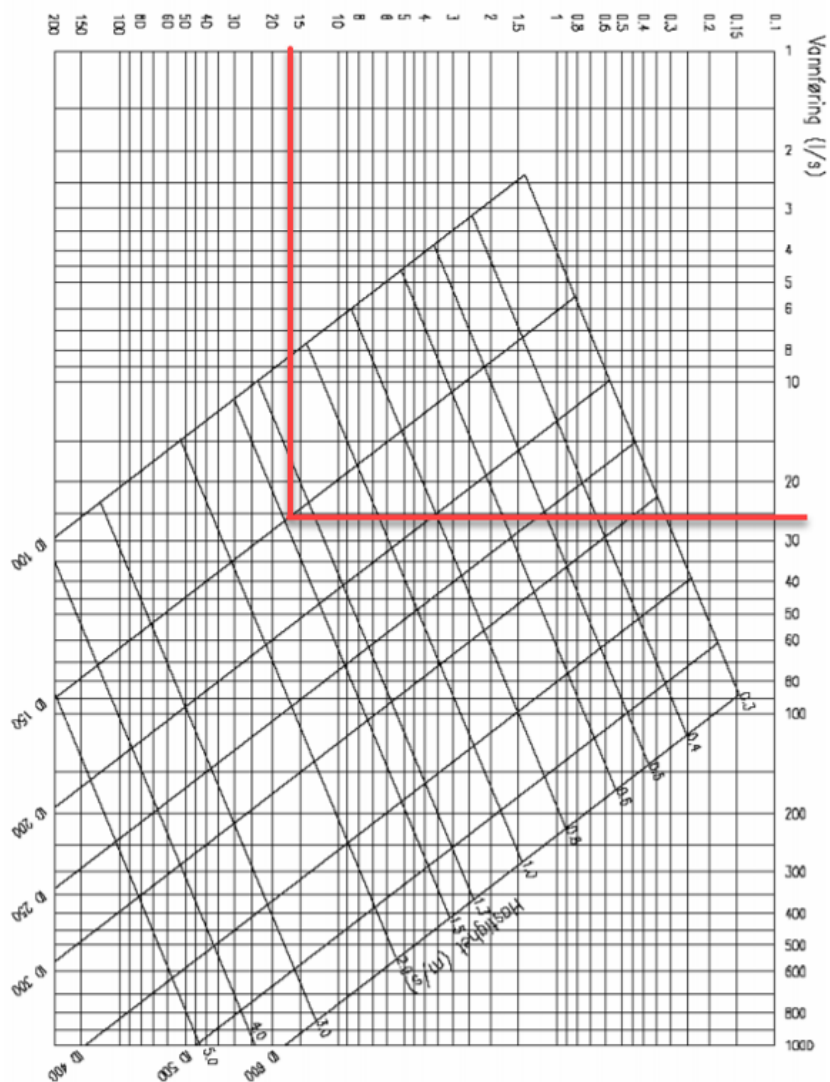
Kapasitetsdiagram for plastrør med ruhet 0,25 mm

Beregningsforutsetninger:

Det tas ut maks belastning for 160 mm stikkledning uavhengig av materiale. Det benyttes skjema for plastrør. Det antas at ruhet ikke er avgjørende i oppgavens beregninger grunnet slamlag som har samme ruhet i alle rørtyper. Det antas tradisjonelt fall for stikkledninger 1:60 tilsvarende ca. 16 ‰

Kapasitetsdiagram for plastrør med bruksruhetsverdi 0,25 mm

Fall i ‰/100 [m/km, mm/m]



Kapasitetsdiagram er hentet fra "Rørhåndboka" til rørprodusenten Pipelife (2007)

(Tilgjengelig fra:

<https://www.pipelife.no/content/dam/pipelife/norway/marketing/general/brochures/various/R%C3%B8rh%C3%A5ndboka.pdf> Hentet 23.10.2020)

9.5 Vedlegg 5 – Trinn 1 for 95 % av årsnedbør

Beregning av midlere avrenningskoeffisient for hele eiendommen som nedslagsfelt:

Utvendige arealer	φ	m ²	Areal beregnet		
Gangsonne Eidsvoll's plass	0,85	1598	1358,3		
Plen 1	0,3	301	90,3		
Plen 2	0,3	318	95,4		
Plen 3	0,3	398	119,4		
Plen 4	0,3	536	160,8		
Beplantning 1	0,3	133	39,9		
Beplantning 2	0,3	103	30,9		
Løvebakken	0,85	1295	1100,75		
Fortau Karl Johan	0,85	1068	907,8		
Fortau Stortingsgata	0,85	442	375,7		
Fortau Rosenkrantz' gate	0,85	310	263,5		
Takflate stortingsbygningen	0,9	4190	3771		
Sum totalt		10 692	8313,75	$\varphi_{midl} =$	0,78

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

φ er nedbørfeltets midlere avrenningskoeffisient [-]
 A_1 er areal av overflate type 1 [ha]
 A_2 er areal av overflate type 2 [ha]
 A_n er areal av overflate type n [ha]
 φ_1 er avrenningskoeffisient for overflate type 1 [ha]
 φ_2 er avrenningskoeffisient for overflate type 2 [ha]
 φ_n er avrenningskoeffisient for overflate type n [ha]

Type overflate	φ [-]
Tette flater (tak, asfalt, veier etc.)	0,85 – 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 – 0,80
Eneboligområder	0,50 – 0,70
Grusveier	0,30 – 0,70
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, dyrket mark	0,30 – 0,50
Skogsområder	0,20 – 0,50

Kilde: Metoder for å beregne avrenninger fra eiendommer. Dr. ing. Kim H. Paus, 2018 Tilgjengelig fra: <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2018/02/2.-Paus.pdf> (Hentet: 07.10.2020)

*Midlere avrenningskoeffisient gjelder for alle beregninger i oppgaven.

Utregning av nødvendig areal for regnbed i trinn 1 for 95% av årsnedbøren - med klimafaktor

Regnvarighet, minutter	t_r	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
Andel av årsnedbør fanget opp (mm)	I	2,8	3,36	4,2	5,18	6,44	7,7	9,52	10,78	13,16	17,03	23,53	28,6
Midlere avrenningskoeffisient	φ_{midl}	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Areal (m ²)	A	10691	10691	10691	10691	10691	10691	10691	10691	10691	10691	10691	10691
Omregningsfaktor		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Klimafaktor		1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3
Avrent vannføring fra nedslagsfelt i m ³	V_{inn}	32,7	39,2	49,0	60,5	75,2	89,9	111,1	125,9	153,6	184,6	255,1	310,0
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	h_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Overflateareal regnbed	A_{rb}	122	142	173	201	230	255	276	277	276	214	173	115

		Regnvarighet [min]											
		10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
Andel av årsnedbør fanget opp	50%	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	1,0	1,1	1,5	2,4	3,5	4,6
	65%	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,2	1,6	1,8	2,5	3,9	5,5	7,2
	80%	0,5	0,7	0,9	1,3	1,6	2,0	2,8	3,1	4,1	6,4	8,9	11,5
	90%	1,1	1,3	1,7	2,3	2,9	3,4	4,6	5,1	6,5	9,6	13,4	16,8
	95%	2,0	2,4	3,0	3,7	4,6	5,5	6,8	7,7	9,4	13,1	18,1	22,0
	99%	5,2	6,7	8,2	9,8	12,0	16,1	17,5	20,0	21,4	25,0	30,0	33,4

Kilde: Dimensjonerende nedbørverdier (mm) for å håndtere en bestemt andel av årsnedbøren for stasjon 18701 – Blindern, Oslo. Dr. ing. Kim H. Paus, 2018 Tilgjengelig fra: <https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2018/07/Paus.pdf> Hentet: 09.10.2020

9.6 Vedlegg 6 – Trinn 1 med data fra IVF-kurve

Utregninger for trinn 1 i tre-trinnstrategien for hele eiendommens som nedslagsfelt

Nedbørsstatistikk for 20 års returperiode ved stasjon SN18701 - Blindern PLU, Oslo												
Regnvarighet, minutter	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Nedbør, 20 års gjentakelse l/s/Ha	476	416,4	381,7	332,9	249,7	212,4	186,5	148,5	118,6	96,3	37,3	21,3
Nedbør, 20 års gjentakelse inkl. klimafaktor l/s/Ha	666,4	583,0	534,4	466,1	349,6	297,4	261,1	207,9	166,0	134,8	52,2	27,7

Klimafaktor 40% er benyttet for varigheter opp til 180 minutter. For varigheter over er 180 minutter er det benyttet 30%
(Kilde: Klimapåslag for dagens intensiteter ved fremtidig nedbør gjeldene fra januar 2020 Hentet 09.10.2020)
Alle data hentet fra IVF-kurve for målestasjon SN18701, Blinder PLU i Oslo fra Norsk klimaservicesenter (Tilgjengelig fra: <https://www.klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml> Hentet 09.10.2020)

Beregning trinn 1

Beregning av nødvendig areal for regnbed for trinn 1													
Regnvarighet, minutter	t_r	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Nedbørintensitet (l/s/ha)	I	666,4	583,0	534,4	466,1	349,6	297,4	261,1	207,9	166,0	134,8	52,2	27,7
Areal (ha)	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Midlere avrenningskoeffisient	φ_{midl}	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Avrent vannføring fra nedslagsfelt i m ³	V_{inn}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	378,6	439,9	466,5
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,0017	0,0017	0,002	0,002
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	m_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Overflateareal regnbed	A_{rb}	124	215	294	422	613	758	861	970	1 071	1 075	791	541

*Grønt felt er dimensjonerende areal for regnbed for trinn 1 (m²)

9.7 Vedlegg 7 – Beregninger trinn 2

Beregning av trinn 2 med overløp tilknyttet >Ø500 fellesledning:

Beregning trinn 2 for tilknytning til >Ø500 fellesledning

Total kapasitet i regnbed for trinn 2 i m ³													
Regnvarighet, minutter	t_r	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Areal regnbed, Trinn 1	A	123,9	215,3	294,1	421,9	612,7	757,7	860,5	969,7	1071,0	1075,5	791,2	541,2
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Volum som infiltrerer under trinn 2 i m ³	V_{inf}	0,21	0,73	1,50	3,59	10,42	19,32	29,26	49,46	81,93	109,70	242,10	331,22
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	m_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lagringsvolum i overflaten av regnbed i m ³	V_{over}	31,0	53,8	73,5	105,5	153,2	189,4	215,1	242,4	267,7	268,9	197,8	135,3
Total kapasitet regnbed i m ³	V_{kap}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	378,6	439,9	466,5

*Tilgjengelig volum i regnbed gitt areal fra trinn 1

Dimensjonerende fordrøyningsbehov for trinn 2 ved tilknytning til >Ø500 fellesledning													
Regnvarighet, minutter	t_r	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Avrent vannføring fra nedslagsfelt i m ³	V_{inn}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	378,6	439,9	466,5
Konstant utløp Q	Q	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Omregningsfaktor = 60 (s/min)	T	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Omregningsfaktor = 0,001	K	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Utløpsvolum m ³	V_{ut}	0,6	1,2	1,8	3	6	9	12	18	27	36	108	216
Forordrøyningsbehov for nedbørhendelse	$V_{fordrøyning}$	30,6	53,4	73,2	106,1	157,6	199,7	232,4	273,9	322,7	342,6	331,9	250,5

*Grønt felt er dimensjonerende fordrøyningsbehov for trinn 2

Tilgjengelig fordrøyningskapasitet i regnbed	378,6	m ³
Nødvendig fordrøyningsvolum for trinn 2	342,6	m ³
Avvik fordrøyningsbehov/fordrøyningskapasitet i regnbed	36,0	m ³

Beregning av trinn 2 med tilknytning til Ø300 overvannsledning:

Beregning trinn 2 for tilknytning til Ø300 overvannsledning

Total kapasitet i regnbed for trinn 2 i m ³													
Regnvarighet, minutter	t_p	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Areal regnbed, Trinn 1	A	123,9	215,3	294,1	421,9	612,7	757,7	860,5	969,7	1071,0	1075,5	791,2	541,2
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Volum som infiltrerer under trinn 2 i m ³	V_{inf}	0,21	0,73	1,50	3,59	10,42	19,32	29,26	49,46	81,93	109,70	242,10	331,22
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	h_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lagringsvolum i overflaten av regnbed i m ³	V_{over}	31,0	53,8	73,5	105,5	153,2	189,4	215,1	242,4	267,7	268,9	197,8	135,3
Total kapasitet regnbed i m ³	V_{kap}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	378,6	439,9	466,5
*Tilgjengelig volum i regnbed gitt areal fra trinn 1													

Dimensjonerende Fordrøyningsbehov for trinn 2 ved tilknytning til Ø300 overvannsledning													
Regnvarighet, minutter	t_p	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Avrent vannføring fra nedslagsfelt i m ³	V_{inn}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	378,6	439,9	466,5
Konstant utløp Q	Q	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Omregningsfaktor = 60 (s/min)	T	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Omregningsfaktor = 0,001	K	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Utløpsvolum m ³	V_{ut}	0,24	0,48	0,72	1,2	2,4	3,6	4,8	7,2	10,8	14,4	43,2	86,4
Fodrøyningsbehov for nedbørshendelse	$V_{fordrøyning}$	30,9	54,1	74,3	107,9	161,2	205,1	239,6	284,7	338,88	364,2	396,7	380,1
*Grønt felt er dimensjonerende fordrøyningsbehov for trinn 2													

Tilgjengelig fordrøyningskapasitet i regnbed	378,6	m ³
Nødvendig fordrøyningsvolum for trinn 2	396,7	m ³
Avvik fordrøyningsbehov/fordrøyningskapasitet i regnbed	-18,1	m ³

Justeringer for å tilfredsstille kapasitetsbehov for fordrøyning - Øvelse 1

Total kapasitet i regnbed for trinn 2 i m ³													
Regnvarighet, minutter		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Areal regnbed, Trinn 1	A	123,9	215,3	294,1	421,9	612,7	757,7	860,5	969,7	1071,0	1130,0	791,2	541,2
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Volum som infiltrerer under trinn 2 i m ³	V_{inf}	0,21	0,73	1,50	3,59	10,42	19,32	29,26	49,46	81,93	115,26	242,10	331,22
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	h_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Lagringsvolum i overflaten av regnbed i m ³	V_{over}	31,0	53,8	73,5	105,5	153,2	189,4	215,1	242,4	267,7	282,5	197,8	135,3
Total kapasitet regnbed i m ³	V_{kap}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	397,8	439,9	466,5
Fodrøyningsbehov for trinn 2 totalt											396,7		
Avvik fordrøyningsbehov/fordrøyningskapasitet i regnbed											1,1		

Ved å øke arealet til 1130 m², vil regnbedet dekke infiltrasjon og magasinering for trinn 1 og samtidig dekke hele fordrøyningsbehovet for trinn 2

Justeringer for å tilfredsstille kapasitetsbehov for fordrøyning - Øvelse 2

Total kapasitet i regnbed for trinn 2 i m ³													
Regnvarighet, minutter		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Areal regnbed, Trinn 1	A	123,9	215,3	294,1	421,9	612,7	757,7	860,5	969,7	1071,0	1075,5	791,2	541,2
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Volum som infiltrerer under trinn 2 i m ³	V_{inf}	0,21	0,73	1,50	3,59	10,42	19,32	29,26	49,46	81,93	109,70	242,10	331,22
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	h_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,27	0,25	0,25
Lagringsvolum i overflaten av regnbed i m ³	V_{over}	31,0	53,8	73,5	105,5	153,2	189,4	215,1	242,4	267,7	290,4	197,8	135,3
Total kapasitet regnbed i m ³	V_{kap}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	400,1	439,9	466,5
Fodrøyningsbehov for trinn 2 totalt											396,7		
Avvik fordrøyningsbehov/fordrøyningskapasitet i regnbed											3,4		

Ved å øke forsenkingen regnbedet til 27 cm, vil regnbedet dekke infiltrasjon og magasinering for trinn 1 og samtidig dekke hele fordrøyningsbehovet for trinn 2

Justeringer for å tilfredsstille kapasitetsbehov for fordrøyning - Øvelse 3

Total kapasitet i regnbed for trinn 2 i m ³													
Regnvarighet, minutter		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Areal regnbed, Trinn 1	A	123,9	215,3	294,1	421,9	612,7	757,7	860,5	969,7	1071,0	1100,0	791,2	541,2
Midlere infiltrasjonsevne	K_h	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017	0,0017
Volum som infiltrerer under trinn 2 i m ³	V_{inf}	0,21	0,73	1,50	3,59	10,42	19,32	29,26	49,46	81,93	112,20	242,10	331,22
Midlere forsenking av overflate på regnbed (m)	h_{maks}	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25
Lagringsvolum i overflaten av regnbed i m ³	V_{over}	31,0	53,8	73,5	105,5	153,2	189,4	215,1	242,4	267,7	286,0	197,8	135,3
Total kapasitet regnbed i m ³	V_{kap}	31,2	54,6	75,0	109,1	163,6	208,7	244,4	291,9	349,7	398,2	439,9	466,5
Fodrøyningsbehov for trinn 2 totalt											396,7		
Avvik fordrøyningsbehov/fordrøyningskapasitet i regnbed											1,5		

Ved å øke forsenkingen regnbedet til 26 cm og øke arealer til 1100 m², vil regnbedet dekke infiltrasjon og magasinering for trinn 1 og samtidig dekke hele fordrøyningsbehovet for trinn 2

9.8 Vedlegg 8 – Beregninger trinn 3

Utregninger for trinn 3 i tre-trinnstrategien for hele eiendommens som nedslagsfelt

Nedbørsstatistikk for 200 års returperiode ved stasjon SN18701 - Blindern PLU, Oslo												
Regnvarighet, minutter	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Nedbør i mm, 200 års gjentakelse l/s/ha	639,60	567,50	522,70	462,50	347,90	300,20	265,30	211,50	170,70	138,50	51,40	29,20
Nedbør i mm, 200 års gjentakelse inkl. klimafaktor l/s/	895,4	794,5	731,8	647,5	487,1	420,3	371,4	296,1	239,0	193,9	72,0	38,0

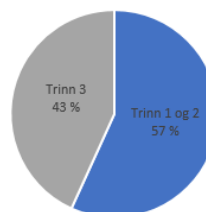
Klimafaktor 40% er benyttet for varigheter opp til 180 minutter. For varigheter over er 180 minutter er det benyttet 30%
 (Kilde: Klimapåslag for dagens intensiteter ved fremtidig nedbør gjeldene fra januar 2020 Hentet 09.10.2020)
 Alle data hentet fra IVF-kurve for målestasjon SN18701, Blindern PLU i Oslo fra Norsk klimaservicesenter (Tilgjengelig fra: <https://www.klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml> Hentet 09.10.2020)

Beregning trinn 3

Beregning av tilrenningsvolum for trinn 3 på hele nedslagsfeltet													
Regnvarighet, minutter		1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	180	360
Nedbørintensitet (l/s/ha)	<i>I</i>	895,4	794,5	731,8	647,5	487,1	420,3	371,4	296,1	239,0	193,9	72,0	38,0
Areal (ha)	<i>A</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Midlere avrenningskoeffisient	φ_{midl}	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
Avrent vannføring fra nedslagsfelt i m ³	<i>V_{inn}</i>	698,4	619,7	570,8	505,1	379,9	327,8	289,7	231,0	186,4	151,2	56,1	29,6

Høyeste tilrenning fra nedslagsfelt ved ekstremnedbør for angitte intensiteter (m ³)	698,4
Volum som håndteres i trinn 1 og 2 ved påslipp på Ø300 overvannsledning (m ³)	396,7
Volum som håndteres i trinn 3 ved påslipp på Ø300 overvannsledning (m ³)	301,7

Fordeling av vann ved ekstremhendelse med 1-minutts varighet og 200-års gjentakelse og klimafaktor på 1,4

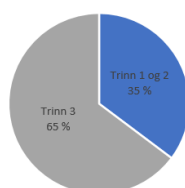


Utregninger for trinn 3 i tre-trinnstrategien ved en hendelse tilsvarende "Københavnregnet"

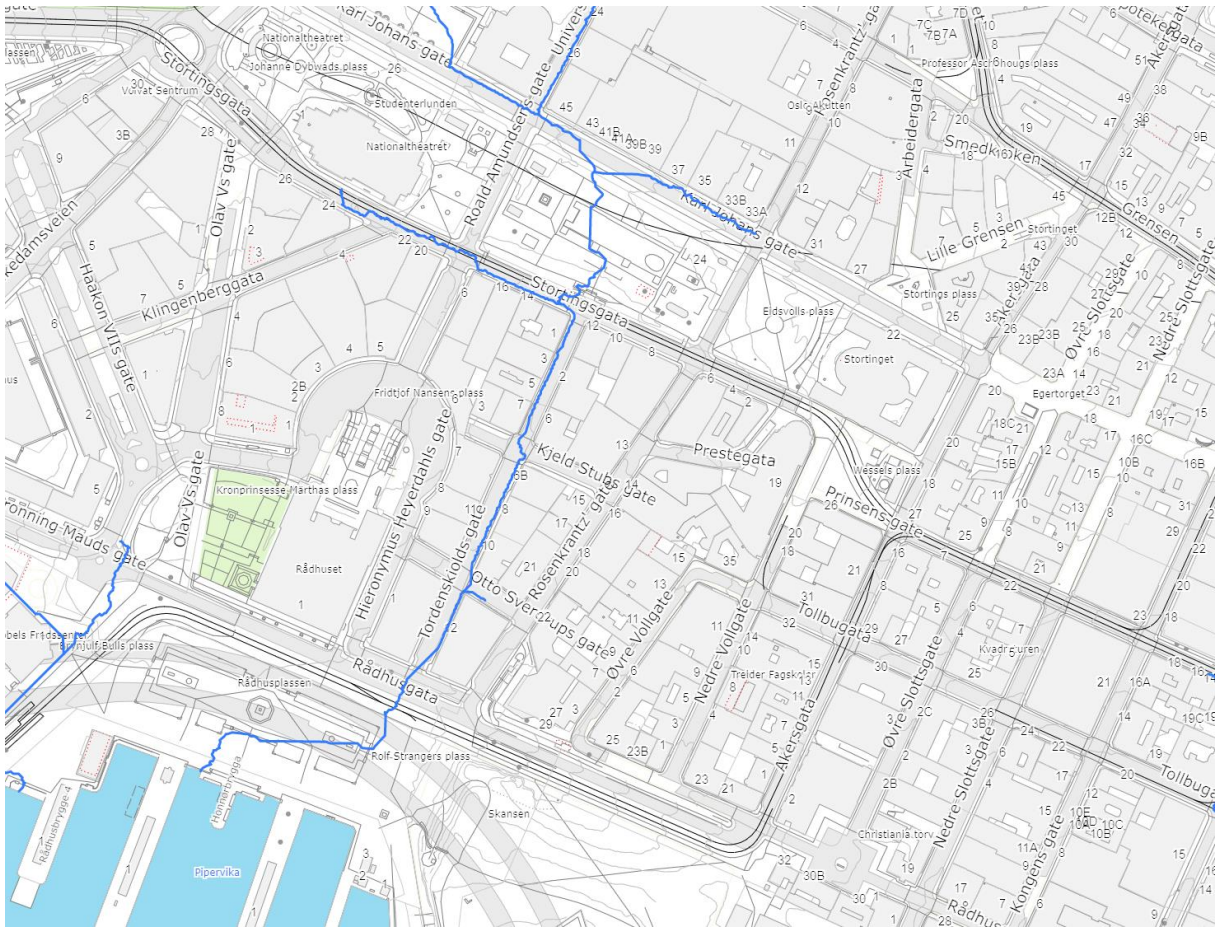
Beregning av tilrenningsvolum for trinn 3 på hele nedslagsfeltet		
Regnvarighet, minutter		180
Nedbørmengde mm	<i>I</i>	135,0
Areal	<i>A</i>	10691
Midlere avrenningskoeffisient	φ_{midl}	0,78
Omregningsfaktor		0,001
Avrent vannføring fra nedslagsfelt i m ³	<i>V_{inn}</i>	1125,8

Høyeste tilrenning fra nedslagsfelt ved ekstremnedbør for angitte intensiteter (m ³)	1125,8
Volum som håndteres i trinn 1 og 2 ved påslipp på Ø300 overvannsledning (m ³)	396,7
Volum som håndteres i trinn 3 ved påslipp på Ø300 overvannsledning (m ³)	729,1

Fordeling av vann ved ekstremhendelse 135 mm på 180 minutter, tilsvarende "Københavnregnet"



Kartlagte flomveier fra Oslo kommune (2020b):



Flomveier fra Eidsvoll plass fra «Scalgo live» (Skjermdump Ingenia as):





