 Trondheim kommune	VA - Norm	
	Beregning av overvannsmengde Dimensjonering av ledning og fordrøyningsvolum.	Vedlegg 5
		Sist revidert 03.02.2020 Side: 1 av 10

1 Beregning av overvannsmengder

Ledningsanlegg dimensjoneres i utgangspunktet for spissavrenning, mens avskjærende ledningssystem, overløp, fordrøyningsanlegg, infiltrasjonsanlegg o.l. dimensjoneres for volumavrenning.

Ved dimensjonering av overvanns- og fellessystem må det blant annet tas høyde for mulige fremtidige endringer i:

- tilknyttede arealer (utvidet nedbørsfelt)
- andel tette flater (økt urbanisering)
- klima (forventet større nedbørsmengder)

Ved planlegging og prosjektering av anlegg skal det alltid vurderes risiko for og konsekvens av hendelser som overstiger dimensjonerende avrenning.

For relativt små og enkle nedbørsfelt kan overvannsmengde beregnes ved bruk av den rasjonelle metode. I denne norm er valgt en øvre grense på 50 ha for bruk av den rasjonelle metode. Dersom feltet/feltene har uregelmessig utforming og/eller vesentlig ulike konsentrasjonstider eller avrenningskoeffisienter, må bruk av alternative metoder vurderes (tid-areal metoden, summasjonskurvemetoden).

For større nedbørsfelt ($A > 50$ ha) skal hydrauliske datamodeller benyttes. Slike modeller må også benyttes for arealer mindre enn 50 ha er hvor en har spesielle forhold, kompliserte nedbørsfelt eller hvor konsekvenser ved feildimensjonering vil være store. Dette må avklares i tidlig planfase gjennom kontakt med fagansvarlig Vann og avløp hos Kommunalteknikk.

Generelt skal overvannssystem og fellessystem dimensjoneres i henhold til NS EN-752. Denne VA-norm gjelder foran NS EN-752.

Alle beregninger skal utføres av personell med tilfredsstillende kompetanse innenfor fagfeltet. Beregninger av vannmengder, magasinvolum, infiltrasjonskapasitet o.l. skal dokumenteres.

Det vises til Norsk Vanns rapport 162/2008, Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering og 193/2012 Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem.

2 Dimensjonering av overvannsledning

Det skilles mellom gjentaksintervall for dimensjonerende vannføring ved hhv. fylt ledning og ved oppstuvning til mark-/gate-/kjellernivå som vist i Tabell 1.

I åpne områder hvor oversvømmelse medfører relativt små konsekvenser kan dimensjonerende regnskyllshyppighet benyttes. Da skal ledningsanlegg dimensjoneres for fylt ledning, dvs. slik at oppstuvning ikke forekommer ved dimensjonerende gjentaksintervall/regnskyll.

I byområder og hvor oversvømmelser vil medføre større konsekvenser skal normalt dimensjonerende oversvømmelseshyppighet benyttes. I slike tilfeller skal beregninger fortrinnsvis utføres med bruk av datamodeller, se pkt 2.2.

Tabell 1: Minimum gjentaksintervall som skal benyttes for regnskyllhyppighet/Oversvømmelseshyppighet.

Dimensjonerende regnskyllhyppighet (gjentaksintervall ¹)	Områdetype	Dimensjonerende oversvømmelseshyppighet (gjentaksintervall ²)
2 år	Ubebygde område	10 år
10 år 20 år	Boligområde Åpent Lukket	20 år 30 år
20 år 30 år	By/sentrumsområde Åpent Lukket	30 år 50 år

¹ Det skal ikke oppstå oppstuvning i ledningsnettet for disse dimensjonerende regnskyll.

² Det skal ikke oppstå oppstuvning til kjellernivå/marknivå for disse gjentaksintervall.

Ovennevnte verdier er minimumsverdier. Høyere gjentaksintervall må benyttes der skadepotensialet er stort. Dersom oversvømmelser vil medføre store kostnader/alvorlige konsekvenser må det vurderes å benytte lengre gjentaksintervall enn vist i Tabell 1. Det samme kan sies dersom kostnaden ved å benytte høyere gjentaksintervall er lav.

Spesielle konstruksjoner som flomforebygging, elvekulverter, kritiske underganger og lignende krever normalt høyere gjentaksintervall enn angitt ovenfor. 100 års gjentaksintervall blir ofte benyttet ved dimensjonering av slike anlegg. I spesielle tilfeller der bebyggelse er meget utsatt (f. eks. Ilabekken og Vikelva) er det benyttet 1000 års gjentaksintervall. Valg av gjentaksintervall og dimensjoneringsgrunnlag må ved slike konstruksjoner vurderes spesielt.

Ved dimensjonering av overvannsledninger (og AF-ledninger) skal det legges inn en klimafaktor i forhold til historiske data (IVF kurver etc.) for å ta høyde for fremtidige klimaendringer. Det skal benyttes klimafaktorer basert på anbefalinger i Rapport 5/2019 fra Norsk klimaservicesenter og som vist i Tabell 2.

Tabell 2: Klimafaktorer (K) som skal benyttes for Trondheim som funksjon av varighet og gjentaksintervall på nedbør

Varighet	Returperiode < 50 år	Returperiode ≥ 50 år
≤ 1 time	1.4	1.5
2-3 timer	1.4	1.4
4-6 timer	1.3	1.4
7-24 timer	1.3	1.3

2.1 Areal/nedbørsfelt < 50 ha

2.1.1 Den rasjonelle formel

Den rasjonelle metode kan benyttes ved beregning av overvannsmengder og dimensjonering av overvanns-/fellesledninger for små, homogene nedbørsfelt ($A < 50$ ha).

Rasjonelle formel: $Q = K * \Phi * I * A$

K: klimafaktor

Φ : avrenningskoeffisient

I: nedbørsintensitet (fra relevant IVF kurve)

A: nedbørsfeltets areal

Ved bruk av den rasjonelle metoden blir fremgangsmåten for beregning av overvannsmengder i et punkt som følger:

1. Anslå fornuftig verdi for t_s (3-15 minutter, eller mer for større felt).
2. Anslå fornuftig verdi for vannhastigheten v i ledningen (bruke gjerne Colebrooks formel).
3. Beregn tiden $t_l = l/v$ i ledningen.
4. Beregn konsentrasjonstiden $t_k = t_l + t_s$ og sett denne lik regnvarigheten.
5. Velg gjentakelsesperiode z for eksempel lik 10 år.
6. Gå inn i den valgte IVF kurve med varighet lik t_k og z og les av tilhørende regnintensitet I .
7. Beregn vannmengden $Q = K * \Phi * I * A$.
8. Finn ledningsdiameter vha en friksjonsformel, for eksempel Colebrooks formel. Finn vannhastigheten vha delfyllingsdiagram og sammenlign denne med verdien antatt i pkt. 2.
9. Hvis det er et stort gap mellom antatt og beregnet verdi, gjenta beregningene.

2.1.2 Tilknyttet areal

Nedbørsfeltets areal må bestemmes. Kartstudie må suppleres med feltbefaring, spesielt i områder med lite fall. Plassering av grøfter og sluker kan ofte ha stor innvirkning på nedbørsfeltets grenser. Forhold som kan påvirke arealets størrelse må vurderes, f.eks. tiltak for avskjæring av delarealer, fremtidig tilknytning av nye arealer m.m.

2.1.3 Avrenningskoeffisient

Avrenningskoeffisienten er avhengig av overflatens permeabilitet og beskaffenhet, fallforhold, nedbørsintensitet og nedbørsvarighet.

Avrenningskoeffisienter kan benyttes som angitt i Tabell 3 nedenfor, men må vurderes ut fra lokale forhold. Det må blant annet tas hensyn til deltakende tette flater, arealstørrelse, arealets fallforhold og grunnforhold.

Tabell 3: Retningsgivende verdier for avrenningskoeffisient (Φ).

Type areal	Avrenningskoeffisient Φ
Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger og lignende.)	0,85- 0,95
Bykjerne	0,70 – 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 – 0,80
Eneboligområder	0,50 – 0,70
Grusveier/-plasser	0,60 – 0,80
Industriområder	0,50 – 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 – 0,50

For flate og permeable overflater med stor avstand ned til grunnvannsnivå benyttes de laveste verdiene. For mer bratte og tette overflater eller der grunnvannsspeilet ofte går opp til overflaten benyttes de høyeste verdiene.

Det må også tas hensyn til at en ved vinterforhold kan ha frosset eller isdekket overflate som gir avrenning tilsvarende tette flater. Ved ikke å anvende avrenningskoeffisienter lavere enn 0,3 – 0,5 vil en normalt også ta høyde for vintersituasjonen.

Dersom feltet har ulik avrenningskoeffisient kan midlere avrenningskoeffisient beregnes etter formelen:

$$\Phi_{\text{midl}} = (\Phi_1 A_1 + \Phi_2 A_2 + \dots + \Phi_n A_n) / (A_1 + A_2 + \dots + A_n)$$

Valg av avrenningskoeffisient må ta høyde for en eventuell fremtidig endring i arealets overflatetype. En fremtidig utbygging kan medføre økt andel tette flater og dermed høyere avrenningskoeffisient.

Avrenningskoeffisient mindre enn 0,3 må ikke benyttes. Midlere avrenningskoeffisient mindre enn 0,4 kan være problematisk.

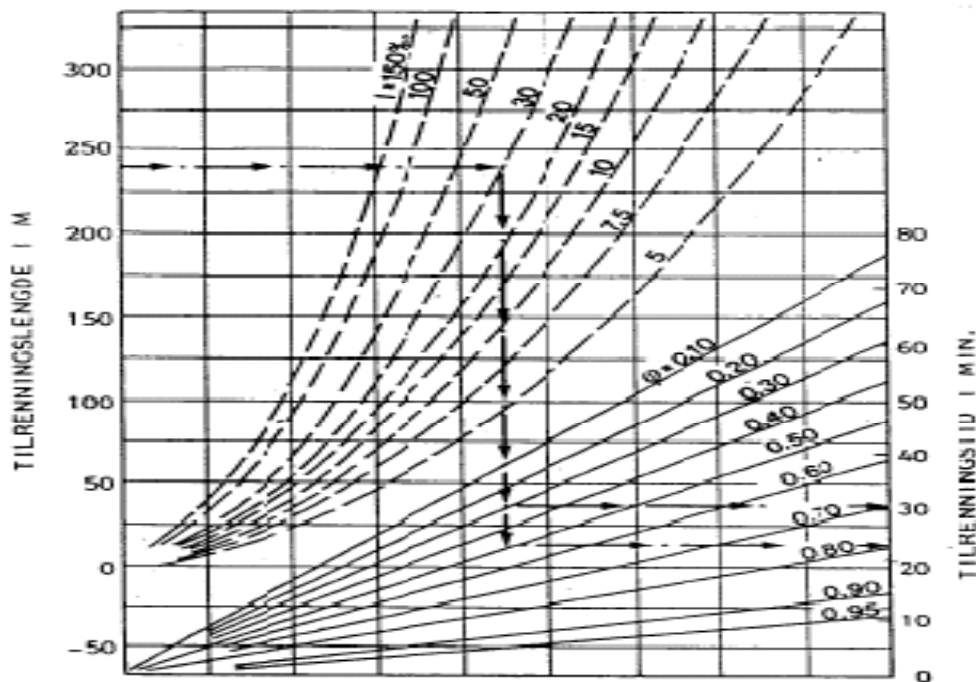
2.1.4 Konsentrasjonstid

Varighet for regnskyll settes normalt lik konsentrasjonstid for nedbørsfeltet:

”Den største vannføring oppstår normalt for det regnskyll som har varighet lik hele feltets konsentrasjonstid”.

Konsentrasjonstid er den lengste tiden det tar for vann som faller på bakken i nedbørsfeltets fjerneste punkt å nå fram til det punkt hvor vannmengde skal beregnes. Konsentrasjonstiden (t_k) består av avrenningstid på markoverflaten (t_s) og strømmingstid i ledninger, kanaler, grøfter o.l. ($t_l = l/v$).

Konsentrasjonstid (t_k) kan bestemmes med bruk av nomogrammer og/eller formler. Figur 1 viser diagram for beregning av tilrenningstid for avrenning på overflaten.



Eksempel: Tilrenningslengde 240 m, fall $I=30\%$, Φ er 0,30 og 0,50.
Tilrenningstiden blir hhv. 30 og 25 min.

Figur 1: Diagram for beregning av tilrenningstid for avrenning på overflaten

Tilrenningstid for et areal velges aldri mindre enn 3 minutter. I områder med blanding av tette og permeable flater kan tilrenningstiden for permeable randområder være uinteressant.

Ved vurdering og valg av konsentrasjonstid eller dimensjonerende regnskyllvarighet, må det også tas i betraktning feltets utforming og størrelse. For enkelte felt kan dimensjonerende regnvarighet være kortere enn konsentrasjonstiden.

2.2 Areal/nedbørsfelt > 50 ha

For nedbørsfelt større enn 50 ha og for mindre nedbørsfelt med kompliserte avrenningsforhold eller der konsekvenser ved feildimensjonering er store, skal det benyttes data baserte simuleringsmodeller ved beregning av overvannsmengder og dimensjonering av overvannsanlegg.

For større terrengområder/vassdrag kreves spesielle vassdragsmodeller. For urbane områder kan benyttes avløpsmodeller av typen MOUSE eller tilsvarende.

NS-EN 752 anbefaler at nivå av sikring mot oversvømmelse vurderes særskilt. Ledningssystem dimensjoneres først som for mindre anlegg, deretter benyttes simuleringsmodell for å kontrollere at sikring mot oversvømmelse er i henhold til gjentakintervall for dimensjonerende oversvømmelseshyppighet.

Påskeflommen 30-31 mars 1997 i Trondheim (langvarig regn i kombinasjon med snøsmelting) hadde et gjentakintervall på 30 – 50 år. Data for nedbør, temperatur og snøforhold under denne hendelsen er blitt benyttet for dimensjoneringskontroll i større felt.

2.3 Areal/nedbørsfelt >150 ha

For store felt (1,5 – 10 km²) vil det være nyttig å kontrollere beregningsresultater mot avrenningsdata for Sagelva hydrologiske forsøksfelt ved Jonsvatnet.

Nedslagsfeltet består av skog og myr men ved store flomhendelser er avrenningskoeffisienten beregnet til ca. 0,5. Avløpsdataene viser at spesifikk flom avtar med økende feltstørrelse. Våre erfaringer er at for felt i denne størrelsesorden gir dette mye sikrere flomverdier enn andre metoder.

Det vises for øvrig til SINTEF – rapport (STF 60 A92101) Flomberegning og kulvertdimensjonering (1992).

3 Lokal håndtering av overvann

3.1 Generelt

Løsninger for lokal håndtering av overvann skal avklares med VA-ansvarlig, Kommunalteknikk. Lokal håndtering av overvannet (infiltrasjon, lokale utslipp, fordrøyning) kan være gunstig av flere grunner; økonomiske, miljømessige og tekniske. Spesielt i områder med fellessystem skal lokale resipienter foretrekkes hvis mulig. I bestemte områder kan kommunen bestemme at overvann ikke skal føres til kommunal ledning. Dette er for eksempel aktuelt i områder med for liten kapasitet på kommunal ledning.

Infiltrasjon av overvann er ofte vanskelig i Trondheim på grunn av leire i grunnen. Eventuelt infiltrasjonsanlegg må vurderes av geoteknisk/hydrogeologisk sakkyndig.

3.2 Fordrøyning, beregning av fordrøyningsvolum og videreført vannmengde

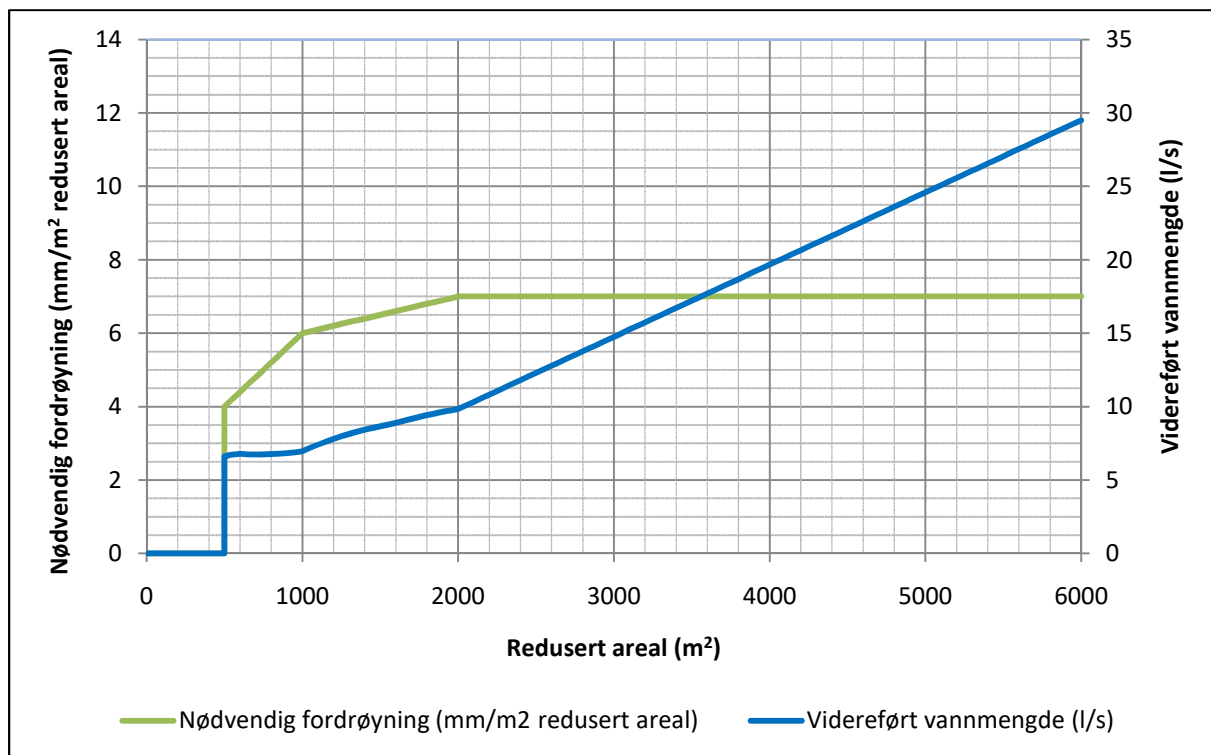
Fortetting av bebyggelse og fremtidige klimaendringer gir kapasitetsproblemer på store deler av avløpsnett. Hovedregelen er derfor at ved nye prosjekter skal overvann fra eiendommen fordrøyes før tilknytning til kommunalt nett. Det kan gjøres unntak der det kan dokumenteres at det ikke er kapasitetsproblemer på det kommunale nettet eller ved utslipp til større resipienter.

Minimums krav til volum er satt som en gitt vanndybde multiplisert med redusert areal, se Figur 2 og 3 for henholdsvis separatsystem og fellessystem. Figurene angir også krav til maksimal videreført vannmengde. Merk at noen områder vil ha eller kan få forhøyede krav til fordrøyning. Områder med separatsystem som per i dag har forhøyede krav er vist i Tabell 4.

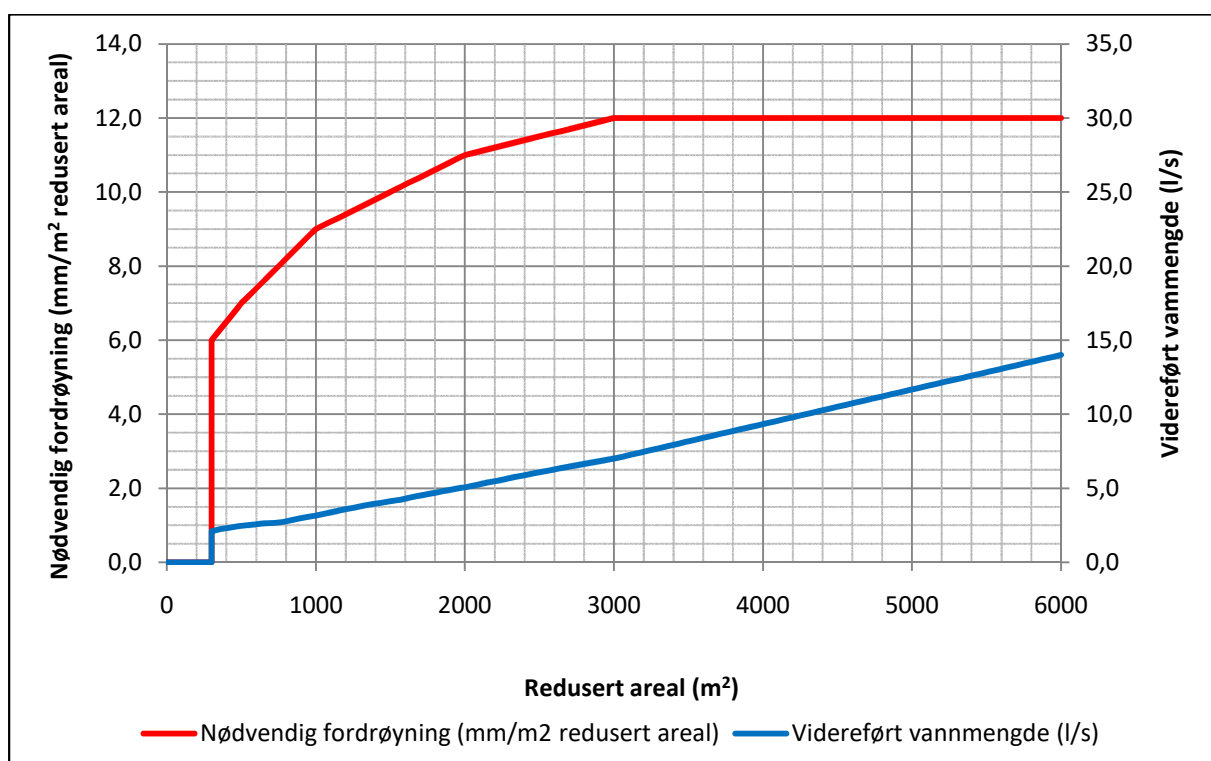
Tabell 4: Områder med forhøyede krav til fordrøyning.

Steindalsbakkens nedbørsfelt oppstrøms Bratsbergvegen	Krav 10 mm
Tillerbyen med avløp mot Nidelva	Krav 10 mm

Med redusert areal menes beregnet gjennomsnittlig avrenningskoeffisient multiplisert med totalt areal. Ved de fleste utbyggingsprosjekt vil dette være tilnærmet arealet med tette flater. Dersom det er store permeable flater vil det være nødvendig å inkludere bidrag fra disse.



Figur2: Separatsystem. Minimumskrav til fordrøyning og maks videreført vannmengde.



Figur3: Fellessystem/ ikke virksomt separatsystem. Minimumskrav til fordrøyning og maks videreført vannmengde

Kravet som gjelder fordrøyning ved tilknytning til fellessystemet er satt betydelig strengere enn ved tilknytning til et overvannsystem som har utslipp til resipient. Dersom separatsystemet ikke er virksomt nedstrøms, anvendes samme krav som ved fellessystem. Kravet til fordrøyning starter ved et redusert areal på 300 m² ved tilknytning til fellessystem og tilsvarende ved 500 m² ved tilknytning til virksomt separatsystem. Kravet til fordrøyningsvolum er satt som en gitt vanddybde multiplisert med redusert areal (beregnet gjennomsnittlig avrenningskoeffisient multiplisert med totalt areal).

Med utgangspunkt i gitt fordrøyningsvolum og et regn med gjentakintervall 20 år samt en sikkerhetsfaktor på 1,2, kan fordrøyningsvolum og videreført vannmengde beregnes. Kurvene i Figur 2 og 3 er ikke korrigert for oppdatert nedbørsstatistikk og klimafaktor (2020). Bakgrunnen for dette er at Trondheim kommune jobber med utarbeidelse av nye retningslinjer for planlegging og dimensjonering av lokal overvannshåndtering, som vil bli inkludert i denne norm når disse er klare. I påvente av dette dimensjoneres fordrøyningsvolum etter Figur 2 og 3. Vannføringen ut i fra bassenget må kontrolleres vha en regulator, primært et virvelkammer. Regulatoren eller virvelkammerets effektivitetsfaktor påvirker samspillet mellom volum og videreført vannmengde. I våre beregninger jf. Figur 2 og 3, er denne satt til 0,7. Dersom det kan fremlegges god dokumentasjon på at effektivitetsfaktoren til virvelkammeret er høyere enn dette kan fordrøyningsvolumet optimaliseres.

Tekniske løsninger for fordrøyning kan variere. Mest aktuelt er kassetter av plast eller store rør av betong eller plast. Det må legges vekt på at anleggene kan driftes (rengjøres vha spyling). Anlegget skal ha like lang levetid som ledningsanlegget for øvrig, dvs. minst 100 år. Bruk av magasiner av stein eller pukk godkjennes i regelen ikke.

Det tillates ikke å føre overløpsledning fra fordrøyningsanlegg eller utløpskum inn på kommunalt ledningsnett. Plassering av fordrøyningsanlegg må ses i sammenheng med løsninger for flomveg for å forhindre vannskader ved eventuell oversvømmelse av fordrøyningsanlegget.

For mindre utbyggingsprosjekter (hhv under 300 eller 500m²) er det også ønskelig med kvalitative tiltak som fordrøyer regnvannet. Dette kan være bruk av grønne tak, regnbed, åpne grøfter, takvann til terreng eller rennestein etc. Denne type tiltak kan også redusere behovet for fordrøyningsvolumer ved større prosjekter som beskrevet tidligere.

3.4 Eksisterende vannveier

Eksisterende vannveier skal normalt opprettholdes. Bekkelukking skal godkjennes av NVE. Dette er hjemlet i Lov om vassdrag og grunnvann (vassdragsloven). Som vassdrag regnes her bekker med årssikker vannføring (kfr. § 2). Bekkelukking regnes som vassdragsatiltak (kfr. § 8). Gjenlagte bekker bør vurderes åpnet der det er hensiktsmessig.

3.5 Alternative flomveier

Overvannshåndtering må vurderes med hensyn til både normal nedbørssituasjon og flom. Når ledningssystemet blir overbelastet eller inntakene tette, skal det finnes et avrenningssystem på overflaten der overvannet kan renne bort uten å gjøre større skader. Veger, gater, grøntområder og lignende kan inngå som del av flomvegen. Flomvegen bør ha kapasitet minst lik 100-års flom.

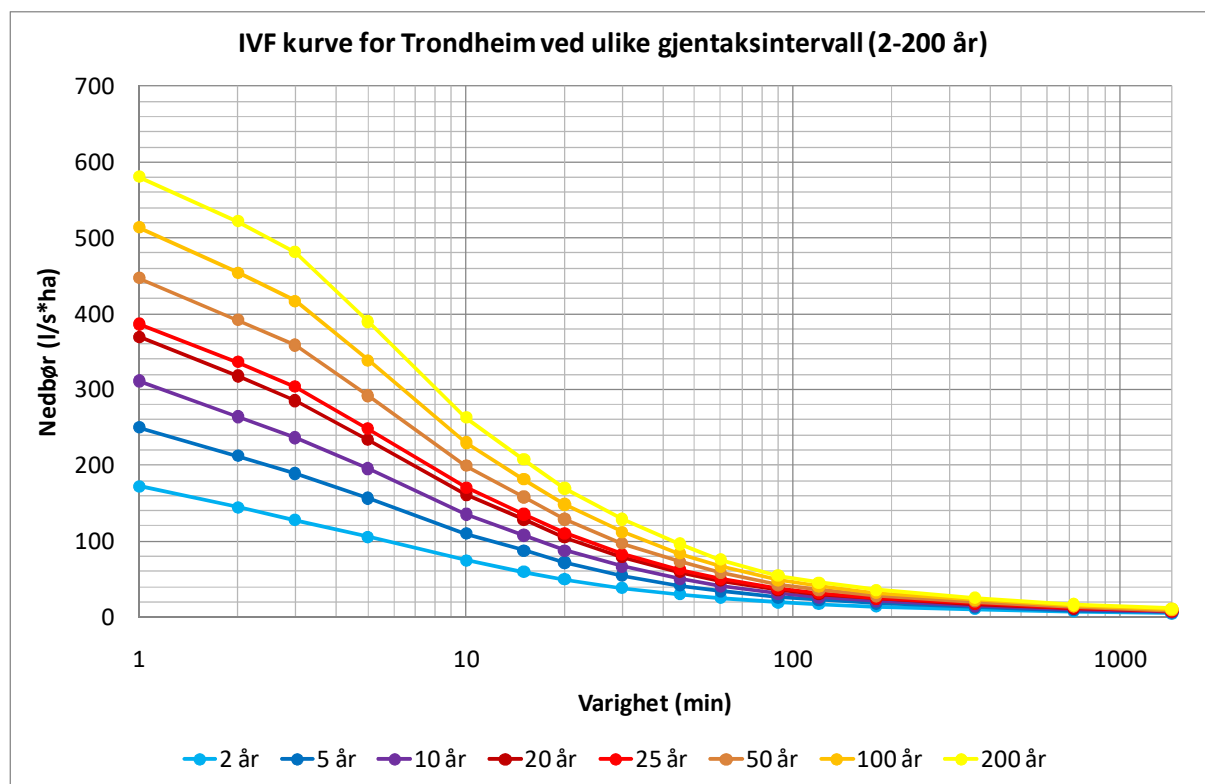
4 Nedbør

I Trondheim er det utplassert 7 målestasjoner for korttidsnedbør. Tyholt ble etablert i 1965 og har vært flyttet to ganger, først til Moholt i 1993 og siden til Voll i 2002. Risvollan har vært i drift siden 1986. Lade, Ranheim, Sverresborg og Saupstad har vært i drift siden 2004, mens målestasjonen i Klæbu ble etablert i 2019.

Oppdaterte IVF kurver for alle 6 stasjoner med 15 år eller mer driftstid ble utarbeidet av Meteorologisk institutt på vegne av Trondheim kommune i 2019. Det var små forskjeller mellom kurvene fra de ulike stasjonene, og kurvene viste ingen klare forskjeller mellom stasjonene som kunne forklares med høyde over havet eller geografisk plassering. Ny IVF-kurve som skal brukes til dimensjonering i Trondheim kommune ved hjelp av den rasjonelle metoden er basert på de 6 nye individuelle IVF-kurvene og er vist i Figur 4, Tabell 5 og Tabell 6. Kurven er basert på et gjennomsnitt av stasjonene (og periodene): Voll (2002-2018); Risvollan (1987-2018); Lade (2004-2018); Ranheim (2004-2018); Saupstad (2004-2018) og Sverresborg (2004-2018).

Meteorologisk institutt vil kunne levere historiske regndata for alle målestasjoner.

4.1 IVF kurver



Figur 4: IVF-kurver for Trondheim. Kurven er basert på et snitt av utarbeidede IVF-kurver for stasjonene Voll (2002-2018), Risvollan (1987-2018), Lade (2004-2018), Ranheim (2004-2018), Saupstad (2004-2018) og Sverresborg (2004-2018)

Tabell 5: Nedbørintensitet (l/s*ha) ved ulike regnvarigheter (1-1440 min) og gjentaksintervall (2-200 år)

	Varighet (min)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2 år	172	144	128	106	75	59	49	38	30	25	20	17	14	10	7	5
5 år	250	213	189	157	110	87	72	54	41	34	26	22	18	13	9	6
10 år	311	264	236	196	136	108	88	66	50	41	31	26	21	15	10	7
20 år	369	318	285	234	162	128	105	79	59	48	36	30	24	17	12	8
25 år	386	336	304	248	171	135	110	83	62	50	37	31	25	18	12	8
50 år	447	392	358	292	199	158	129	97	73	58	43	36	28	20	13	9
100 år	514	454	417	338	230	181	148	112	84	66	48	40	31	23	15	10
200 år	581	522	481	389	263	207	170	129	96	76	55	45	35	25	17	11

Tabell 6: Nedbørsum (mm) ved ulike varigheter(1-1440 min) og gjentaksintervall (2-200 år)

	Varighet (min)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2 år	1.0	1.7	2.3	3.2	4.5	5.4	5.9	6.8	8.1	9.0	10.7	12.4	15.0	22.0	31.0	40.8
5 år	1.5	2.6	3.4	4.7	6.6	7.9	8.6	9.8	11.2	12.3	14.1	16.1	19.3	27.8	38.6	51.2
10 år	1.9	3.2	4.3	5.9	8.1	9.7	10.5	11.9	13.5	14.7	16.6	18.8	22.4	32.1	44.1	58.7
20 år	2.2	3.8	5.1	7.0	9.7	11.5	12.6	14.2	16.0	17.2	19.2	21.7	25.6	36.7	49.8	66.3
25 år	2.3	4.0	5.5	7.5	10.3	12.2	13.2	14.9	16.9	18.1	20.1	22.6	26.7	38.2	51.7	68.9
50 år	2.7	4.7	6.5	8.8	12.0	14.2	15.4	17.4	19.6	20.9	23.0	25.7	30.2	43.2	57.9	77.1
100 år	3.1	5.5	7.5	10.2	13.8	16.3	17.8	20.2	22.7	23.9	26.1	29.1	34.0	48.6	64.6	85.7
200 år	3.5	6.3	8.7	11.7	15.8	18.7	20.4	23.2	26.0	27.3	29.5	32.7	38.1	54.7	71.8	94.9