

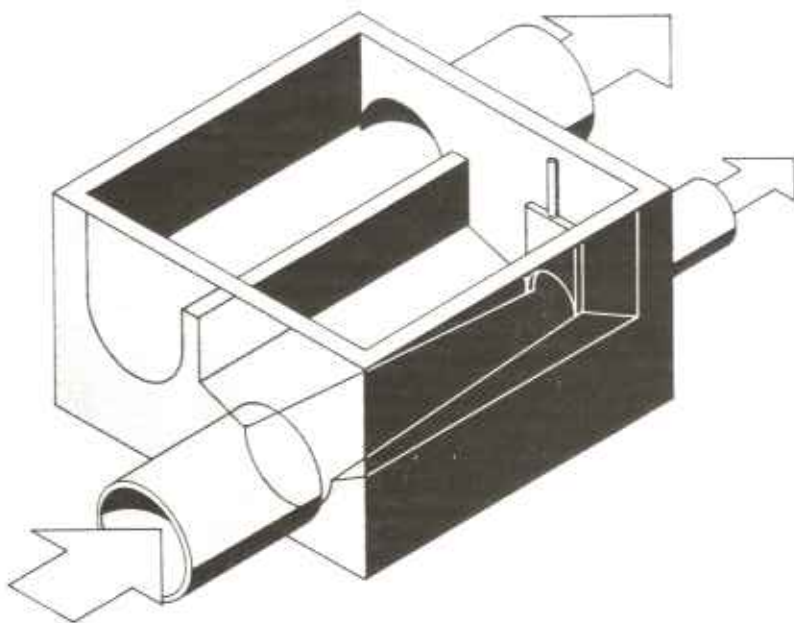
NORVAR

29
1993

Prosjektrapport

Rapport fra SFT-prosjekt

Regnvannsoverløp



Norsk VA-verkforening

NORVAR-rapport

Norsk VA-verkforening

Postadresse: Vangsv. 143, 2300 Hamar
Besøksadresse: Fredvang, Vangsv. 143, Hamar
Telefon: 62 52 86 50

Rapportnummer:

29 - 1993

Dato:

6. desember 1993

Antall sider (inkl. bilag)

83

Tilgjengelighet:

☒ Åpen

☐ Begrenset

Rapportens tittel:

REGNVANNSOVERLØP

Rapport fra SFT-prosjekt.

Forfatter(e):

Lars Aaby - VA-konsult
Odd Atle Tveit, Sveinung Sægrov - SINTEF NHL

Ekstrakt:

Rapporten ble egentlig skrevet for å erstatte SFTs veileder TA574 "Veiledning for bygging og drift av overløp" fra 1982. Siden det er lagt hovedvekt på dimensjonering og mindre vekt på drift og rehabilitering, gis den ikke ut som veileder, men som rapport. NORVAR vil arbeide videre med overløp i en framtidig faggruppe for VA-ledningsnett.

Det er lagt spesiell vekt på overløp med partikkelavskilling i rapporten. Det gis en oversikt over nødvendig bakgrunnsmateriale for planlegging og dimensjonering av overløp. Dimensjoneringsregler for 7 forskjellige typer overløp gjennomgås. Ulike typer vannføringsregulatorer blir presentert. Til slutt gis noen anbefalinger om bygging og drift av overløp.

Emneord, norske:

Avløpsanlegg

Overløp

Emneord, engelske:

Sewer system

Combined sewer overflow

Andre utgaver:

82-414-0037-3

Innhold

DEL 1:

Generelt	7	
1	GENERELT	7
	1.1 Rapportens hensikt og innhold	7
	1.2 Definisjon av overløp	8
	1.3 Overløpets funksjon	9
	1.4 Overløpstyper	11

DEL 2:

Plangrunnlaget og valg av overløpstype		12
2	HVA MÅ VI VITE NÅR OVERLØPET SKAL DIMENSJONERES	12
	2.1 En oversikt	12
	2.2 Systemvalg for overløp	14
	2.3 Overløpets lokalisering	16
	2.4 Valg av overløpstype	18

DEL 3:

Dimensjonering	22	
3	DIMENSJONERENDE BELASTNINGER OG FRAMGANGSMÅTE VED DIMENSJONERING	22
	3.1 Oversikt over dimensjonerende belastninger	22
4	DIMENSJONERING AV INNLØPSLEDNING, OVERLØPSKAMMER OG OVERLØPSTERSKEL	25
	4.1 Overløp med liten grad av partikkelavskilling	25
	4.1.1 Oversikt	25
	4.1.2 Innløpsledning	25
	4.1.3 Avkortet høyt sideoverløp	26
	4.1.4 Sentraloverløpet	28
	4.1.5 Filippi-overløpet	29

4.2	Overløp med stor grad av partikkelavskilling	29
4.2.1	Oversikt	29
4.2.2	Innløpsledning	29
4.2.3	Høyt sideoverløp	31
4.2.4	Tverroverløpet	33
4.2.5	Virveloverløp med åpen virvel	34
4.2.6	Virveloverløp med lukket virvel	35
4.3	Spesielle installasjoner	37
4.3.1	Overløp med rist	37
4.3.2	Sentraloverløp med skumskjerm og rist	39
4.3.3	Overløp med luftregulert hevert	39
5	DIMENSJONERING AV VANNFØRINGS- REGULATOREN	40
5.1	Funksjonskrav	40
5.2	Presentasjon av ulike vannføringsregulatorer	42
5.3	Dimensjonering	43
5.3.1	Strupet utløp	43
5.3.2	Strupeledning	44
5.3.3	Virvelkammer	45
5.3.4	Pumpestasjoner	45
5.3.5	Automatiske ventiler	46
5.3.6	Vannføringsregulatoren er innebygget i overløpet	46
6	KONTROLL FOR OPPSTUVING OG SELVRENSING	48
6.1	Kontroll for oppstuvning	48
6.2	Kontroll for selvrensing	50
7	DIMENSJONERING AV UTLØPSKAMMER, UTLØPSLEDNING OG UTSLIPPSARRANGEMENT FOR OVERLØPSVANNET	51
7.1	Utløpskammer og utløpsledning	51
7.2	Utslippsarrangement	51

DEL 4:

Bygging, drift og overvåking	52
--	----

8	TILRETTELEGGING FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLD . . .	52
	8.1 Innledning	52
	8.2 Bakkenivå	52
	8.3 Nedstigning	53
	8.4 Selve overløpet	53
	8.5 Ledningsnett	54
	8.6 Oppsummering bygging/drift	55
	8.7 Ombyggingsmuligheter for eksisterende overløp	55
9	DRIFT OG OVERVÅKING AV OVERLØP	56
	9.1 Drift	56
	9.2 Overvåking av overløpsutslipp	56

DEL 5

Vedlegg	58
-------------------	----

VEDLEGG A -	MENGDEMÅLING I OVERLØP	58
VEDLEGG B -	BEREGNING OG REDUKSJON AV FORURENSNINGSUTSLIPP	61
VEDLEGG C -	EKSEMPELSAMLING	72
VEDLEGG D -	LITTERATUROVERSIKT	80

FORORD

Statens forurensningstilsyn etablerte høsten 1990 en styringsgruppe for å revidere SFTs "Veiledning for bygging og drift av overløp" fra 1982. Veiledningen ble i hovedsak utarbeidet av Lars Aaby, VA-konsult og er blitt fulgt opp av en arbeidsgruppe bestående av:

- Simon Haraldsen, SFT
- Toril Hofshagen, SFT
- Gunnar Mosevoll, Bergen kommune
- Johan Steffensen, Drammen kommune
- Frode Syversen, MEPEX-Consult
- Bjørn Bringedal, Nøtterøy kommune

Under høringsrunder kom det inn en del kritiske anmerkninger og synspunkter på konsept for veiledningen. Av den grunn er arbeidet med veiledningen blitt sterkt forsinket. En ferdigstillelse av veiledningen med redigering og utarbeidelse av figurer ble utført av SINTEF-NHL. SINTEF-NHL sin rolle i utarbeidelsen av rapporten har primært vært kvalitetssikring av hydrauliske beregninger og å foreta redigering og utforming av rapporten.

I mellomtiden har SFT ut fra sin nye strategi på avløpssektoren begrenset arbeidet med å utgi detaljerte tekniske veiledninger. NORVAR vil på en del felt overta denne veiledningsfunksjonen i avløpssektoren, og det er undertegnet en egen intensjonsavtale om dette mellom SFT og NORVAR. NORVAR er derfor også blitt forespurt om å utgi denne veiledningen om overløp.

NORVAR ser utgivelsen av denne type rapporter som en naturlig del av NORVARs virksomhetsområde. NORVAR anser imidlertid at ordet "veiledning" virker svært offisielt og høytidelig og ønsker derfor å utgi stoffet som en ordinær NORVAR-rapport. Med bakgrunn i diskusjonen som har vært omkring rapporten, ønsket NORVAR å gjennomgå stoffet i en egen arbeidsgruppe før utgivelse. Denne arbeidsgruppen har bestått av:

- Eli Grimsby, OVA
- Tore Nilsen, Sarpsborg kommune
- Kjell Myhr, RA-2
- Kjetil Fevik, Fylkesmannen i Vestfold, miljøvernavdelingen
- Hans Jørgen Haugen, NORVAR

Fra arbeidet med veiledningen ble startet opp i 1990 og til nå, har det skjedd en viss utvikling med hensyn til overløp. Det er også kommet frem en del praktiske erfaringer gjennom senere prosjekter i Norge. Dette er ikke tatt med her.

Rapporten har ikke hatt som mål å vurdere overløp som en del av helheten i avløpssystemet. Rapporten tar i hovedsak for seg dimensjonering og bruk av det enkelte overløp og kommer i liten grad inn på den totalvurderingen som må ligge bak utbygging, rehabilitering eller sanering av overløp.

NORVAR velger å utgi denne rapporten slik den foreligger pr. i dag. Det vil ikke være riktig å bruke mer tid på denne, og det vil heller ikke være mulig innen for den økonomiske ramme. NORVAR ønsker i stedet å arbeide videre med overløp bl.a. i en ny NORVAR-faggruppe for VA-ledningsnett, som sannsynligvis vil bli etablert i 1994.

I og med at foreliggende rapport heller ikke vil få en status som en offentlig veiledning, finner vi det riktig å utgi stoffet slik det nå foreligger.

Hamar, desember 1993

Svein Erik Moen

SYMBOLOVERSIKT

D_{min}	=	minste tillatte innløpsdiameter for overløpet (m)
D	=	diameter for overløpets innløpsledning (m)
H_t	=	terskelhøyden; nivåforskjell mellom bunn ledning ved overløpets innløp og terskelnivå (m)
H_o	=	vannspeilnivå over overløpsterskel (m)
H_v	=	nivåforskjell mellom vannspeil i overløpskammer og senter av utløpsåpning (m)
L_o	=	overløpsterskelens lengde (m)
d	=	diameter for utløpsåpning til virveloverløp med åpen virvel (m)
A	=	strømningstverrsnitt for utløpsåpning (m ²)
Q_{rva}	=	tørrvårsavrenning (m ³ /s)
Q_{selvr}	=	dimensjonerende vannføring for selvrensing (m ³ /s)
$Q_{s,mid}$	=	midlere spillvannstilrenning (m ³ /s)
Q_v	=	videreført vannmengde fra overløpet (m ³ /s)
$Q_{v,dim}$	=	videreført vannmengde når overløpet trer i funksjon (m ³ /s)
$Q_{v,maks}$	=	videreført vannmengde fra overløpet (m ³ /s) ved Q_{maks}
Q	=	tilrenning til overløpet (m ³ /s)
Q_{dim}	=	dimensjonerende tilrenning til overløpet mhp partikkelavskilling (m ³ /s)
Q_{maks}	=	dimensjonerende tilrenning mhp hydraulisk kapasitet (m ³ /s)
Q_o	=	vannføring som avlastes i overløp (m ³ /s)
$Q_{o,maks}$	=	vannføring i overløp (m ³ /s) ved Q_{maks}
n	=	overløpets innstilling
k	=	faktor for beregning av D_{min}
C_o	=	vannføringskoeffisient for overløpsterskel
C_v	=	vannføringskoeffisient for vannføringsregulator

DEL 1:

Generelt

1 GENERELT

1.1 Rapportens hensikt og innhold

Overløp utgjør en viktig del av avløpsanlegg bygd etter fellessystemet. Tidligere feilkoplinger og dårlig ledningskvalitet med innlekking innebærer at overløp også er nødvendig i enkelte områder bygd etter separatsystemet. Et avløpsområde består ofte av en kombinasjon av fellessystem og separatsystem.

Det er ikke kjent hvor mange overløp det finnes i Norge. Tallet er trolig i størrelsesorden 5000. Tilfeldig utforming gjør at god hydraulisk kontroll (se definisjon i kapittel 1.3) ikke er vanlig. Mange små og vanskelig tilgjengelige overløp innebærer stor sannsynlighet for tilstopping og problematisk drift. Opprydding innen kommunale avløp fram mot år 2000 innebærer et stort behov for ombygging/sanering av eksisterende overløp og bygging av nye overløp.

Rapportens viktigste oppgave er å hjelpe brukeren til riktig valg, dimensjonering og bygging av overløp som tilfredsstiller dagens funksjonskrav, og gi driftstekniske råd slik at overløpet på en best mulig måte skal kunne fylle sin funksjon.

Det er flere brukergrupper som vil ha nytte av denne rapporten. For at den enkelte på en rask måte skal finne fram til ønsket informasjon, er rapporten delt opp i fire deler:

Del 1: Generelt (kap 1):

Overløpet defineres og funksjon beskrives. Anbefalte overløpstyper presenteres.

Del 2: Plangrunnlaget (kap 2):

Det gis en orientering om nødvendig bakgrunnsmateriale for dimensjonering av overløp og en kortfattet presentasjon av planprosessen. Lokalisering og kriterier for valg av overløpstype er også inkludert.

Del 3: Dimensjonering (kap 3-7):

Det gis en oversikt over dimensjonerende belastninger og framgangsmåte ved dimensjonering. Dimensjoneringsregler for tilsammen syv ulike overløpstyper (tre med ingen eller mindre god og fire med god partikkelavskilling) presenteres. Dette inkluderer dimensjonering av innløp, selve overløpet, vannførings-regulator og utløpskammer/ utløpsledning, med kontroll for maksimal belastning og selvrensning.

Del 4: Bygging, drift og overvåking (kap 8-9):

Bygningsmessige forhold som er viktige for gode driftsforhold, er beskrevet. Del 4 avsluttes med et kapittel om drift og overvåking av overløputslipp.

Veilederen avsluttes med fire vedlegg. Vedlegg A beskriver overløpet som mengdemåler. I Vedlegg B gis en orientering om beregning av forurensninger i overløp og aktuelle tiltak for å redusere forurensningsutslipp fra overløp. Vedleggssdelen avsluttes med noen regneeksempler som illustrerer bruk av Del 3 (vedlegg C) og en liste over anbefalt litteratur (vedlegg D).

1.2 Definisjon av overløp

Rådet for teknisk terminologi (RTT) gir følgende definisjoner (1):

Regnvannsoverløp

Overløp hovedsakelig benyttet ved fellessystem, for avlastning av nedenforliggende ledning eller renseanlegg ved store nedbørmengder eller snøsmelting. Regnvannsoverløp trer i funksjon når tørrværsvannføringen overskrides et visst antall ganger, vanligvis mellom 1 og 10 ganger.

Nødoverløp

Overløp som skal forhindre oversvømmelser under helt spesielle forhold.

Nødutløp

Utløp som normalt ikke skal brukes, men som er plassert i et anlegg, basseng eller ledning av sikkerhetsmessige grunner.

Denne rapporten omhandler regnvannsoverløp. Av praktiske grunner benyttes betegnelsen overløp.

Veilederen skiller mellom overløp med ulik grad av partikkelavskilling. Overløp med "stor grad av" partikkelavskilling, reduserer utslipp av tunge partikler og flyttestoffer i betydelig grad i forhold til overløp med "liten grad av" partikkelavskilling. Litteraturen gir ingen klar definisjon på "et overløp med partikkelavskilling".

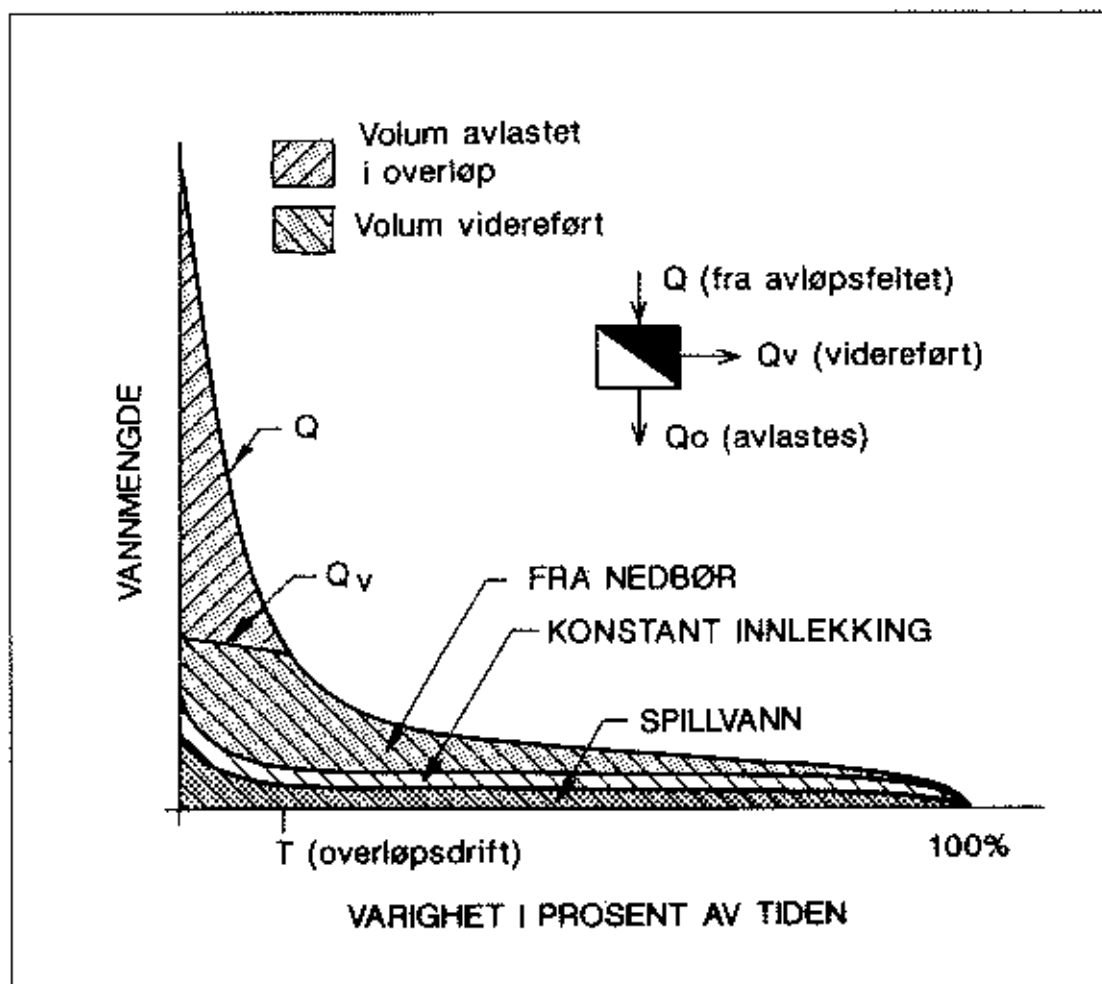
1.3 Overløpets funksjon

For at overløpet skal fylle sin oppgave, kreves:

- Overløpet skal tre i funksjon ved en på forhånd bestemt vannføring.
- Under drift skal videreført vannmengde til avskjærende ledning eller renseanlegg være mest mulig konstant.

Overløp som tilfredsstiller disse to kravene, har god hydraulisk kontroll.

Figur 1.1 viser vannmengde-/varighetskurve for et overløp. Figuren viser også de viktigste symbolene som er benyttet. I avsnitt 3.1 er de ulike belastningene definert.



Figur 1.1 Vannmengde/varighetskurve for et overløp.

Ut fra bl a hensyn til driftssikkerhet og arbeidsmiljø kreves det i tillegg til god hydraulisk kontroll at:

- Overløpet skal tilrettelegges for drift, vedlikehold og overvåking av utslipp.
- Sannsynligheten for tilstopping skal være liten.
- Opprensning skal lett kunne foretas ved en eventuell tilstopping.
- For at faren for ulykker (fall, skling, drukning, forgiftning, eksplosjon) skal være liten, må overløpet være bygd i samsvar med Arbeidstilsynets regler for avløpsanlegg.
- Det skal være mulig på en relativt enkel måte å endre videreført vannmengde.

Ut fra en vurdering av de lokale forhold kan utslippstillatelsen sette krav til at overløpet skal holde tilbake en stor del av overløpsvannets innhold av tyngre partikler og flytestoffer.

1.4 Overløpstyper

Tabell 1.1 gir en oversikt over aktuelle overløp med god hydraulisk kontroll. Overløpene er presentert i figur 2.3 og figur 2.4. For dimensjonering henvises til Del 3.

Tabell 1.1 Aktuelle overløpstyper.

Overløp med liten grad av partikkelavskilling	Overløp med stor grad av partikkelavskilling
Avkortet høyt sideoverløp	Høyt sideoverløp
Sentraloverløpet	Tverroverløp
Filippi-overløpet	Virveloverløp med åpen virvel
	Virveloverløp med lukket virvel

Ved lav innløpshastighet kan både avkortet høyt sideoverløp og sentraloverløpet gi en stor grad av partikkelavskilling.

Normalt vil det være aktuelt å bygge en av de overløpstypene som er vist i tabell 1.1. For spesielle lokaliteter kan det være aktuelt med andre løsninger. For alternative løsninger henvises til avsnitt 4.3.

DEL 2:

Plangrunnlaget og valg av overløpstype

2 HVA MÅ VI VITE NÅR OVERLØPET SKAL DIMENSJONERES

2.1 En oversikt

Før et overløp kan dimensjoneres, må følgende forhold være kjent:

- Overløpets plassering.
- Utslippspunkt for overløpssvannet i vassdrag eller fjord.
- Dimensjonerende videreført vannmengde fra overløpet eller grensevanntilføringen ($Q_{v,dim}$, $Q_{v,maks}$).
- Eventuelle krav til partikkelavskilling.
- Dimensjonerende tilrenning mhp kapasitet (Q_{max}) og dimensjonerende tilrenning mhp selvrensning (Q_{selvr}).
- Tillatt oppstuvingsnivå i oppstrøms ledningsanlegg.
- For overløp med partikkelavskilling; dimensjonerende belastning (Q_{dim}).
- Dimensjonerende høyvannstand i resipienten.

Utslippspunkt, overløpets grensevanntilføring ($Q_{v,dim}$) og eventuelle krav til partikkelavskilling, vil normalt framgå av plangrunnlaget. Plangrunnlaget består av:

- Rammeplan avløp
- Eventuell saneringsplan
- Utslippstillatelsen

Der det skal bygges overløp med partikkelavskilling, vil det også være naturlig at forutsetningene for overløpets dimensjonerende belastning (Q_{dim} , basert på f.eks. gjentakelsesintervall for dimensjonerende vannføring), framgår av utslipps-tillatelsen.

Valg av sted for overløpsutslipp og fastsetting av overløpets grenseyannføring ($Q_{v,dim}$) baseres på analyser som bl.a. omfattes av følgende:

- Vannkvalitet og strømforhold i vassdrag/fjord: muligheter for fortynning og borttransport av overløpsvannets vannkvalitet, andre brukerinteresser.
- Nedbørstatistikk
- Snøsmeltingstatistikk
- Hydrologiske egenskaper for avløpsfeltet.
- Ledningstraseer, fallforhold, diametre.
- Spillvannsbidrag (forurensningsgrad/mengde)
- Overvann (forurensningsgrad/mengde)
- Tørrværsavsetninger

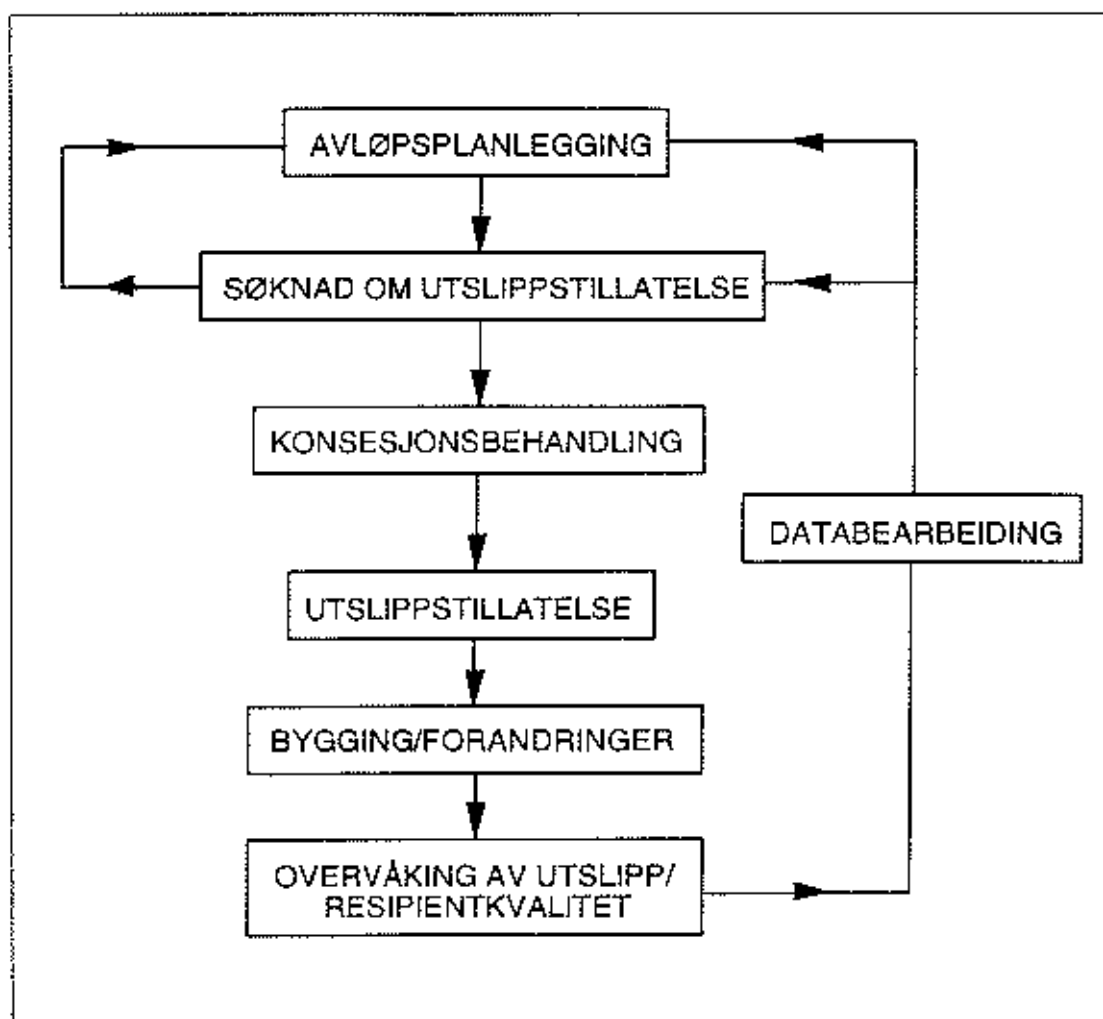
For å komme fram til optimale løsninger i kost/nytte sammenheng, benyttes matematiske modeller for transport av vann og forurensninger i ledningsnett. For å kunne utnytte fordelene ved slike modeller, er bruk av EDB nødvendig. De mest aktuelle EDB-programmene er NIVANETT og MOUSE.

Det er ofte knyttet stor usikkerhet til beregning av overløpsutslipp. Samtidig registrering av nedbør og mengdemålinger i ledningsnett (for kalibrering av modellen) kan ofte være nødvendig.

Overløp bygget etter dagens retningslinjer kan også være egnet som målestasjoner på avløpsnett, og de vil være et nyttig redskap i en seinere optimaliseringsprosess (jfr Vedlegg A).

Avløpsplanlegging, konsesjonsbehandling og overvåking av utslipp og vannkvalitet i resipienten er en kontinuerlig prosess, og den forutsetter et nært samarbeid mellom planlegger og forurensningsmyndighet. Denne prosessen er illustrert i figur 2.1.

Beregning av avrenning i ledningsnettet, forurensninger i overløp og tiltak for å redusere forurensningsutslipp fra overløp er nærmere beskrevet i Vedlegg B. For saneringsplanlegging henvises til SFTs veiledere (2, 3).



Figur 2.1 Avløpsplanlegging er en kontinuerlig prosess.

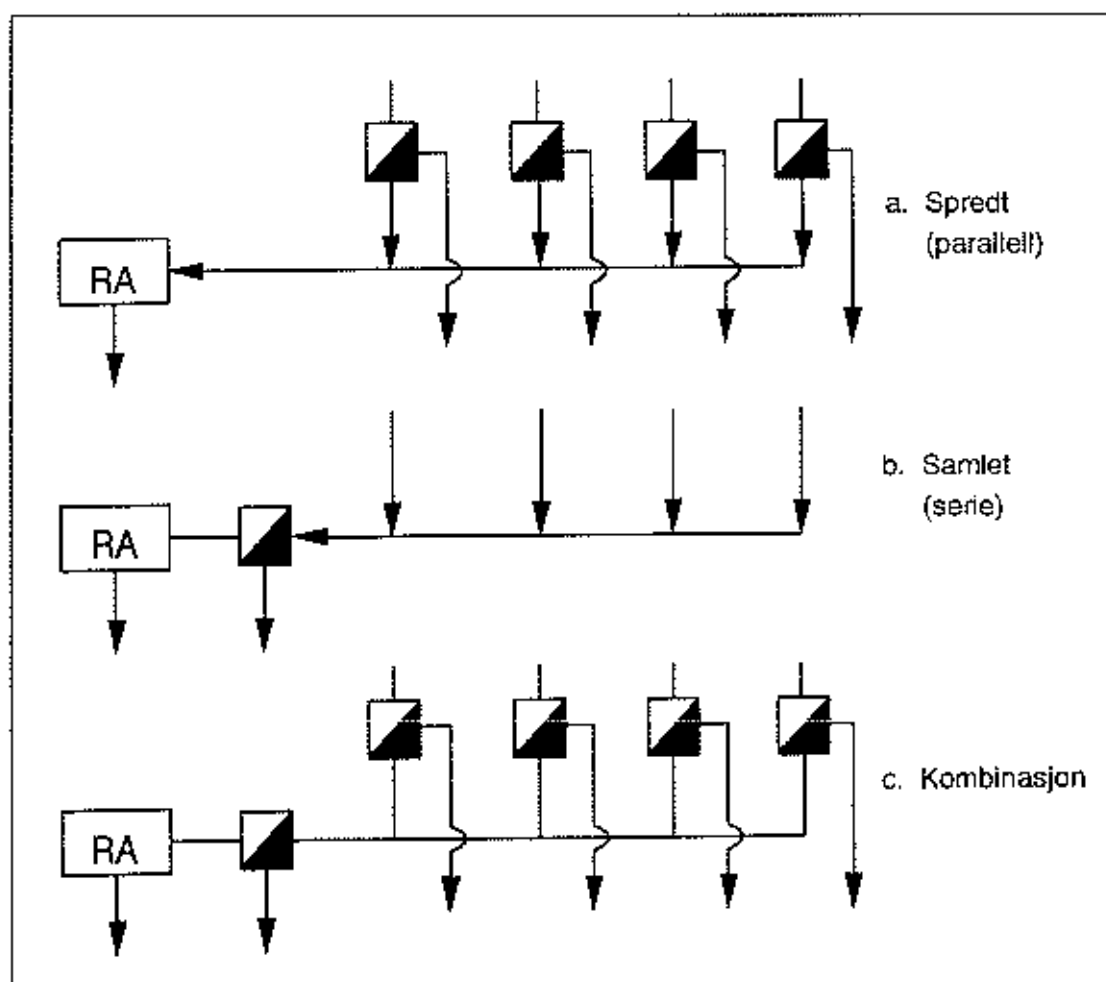
2.2 Systemvalg for overløp

Samling av enkeltutslipp gjennom et avskjærende ledningssystem, kan i prinsippet gjøres på to forskjellige måter:

Spredt løsning (figur 2.2a). Overløp på grenledningene før påkobling på avskjærende ledning (overløp i parallell)

Samlet løsning (figur 2.2b). Samling av avløpsvannet til store overløp på den avskjærende ledningen (overløp i serie).

Ofte vil det være aktuelt med en **kombinert løsning** (figur 2.2c). Dette innebærer at det bygges overløp både på grenledninger og på avskjærende ledningssystem. Ved en kombinert løsning kan en velge å bygge overløp med ingen eller mindre god partikkelavskilling på grenledningene, men partikkelavskillende overløp på avskjærende ledningsanlegg. Løsningen innebærer at overløpene på grenledningene ikke trer i funksjon før belastningen på de øvrige er så stor (over Q_{dim}) at det ikke vil være noen nevneverdig partikkelavskilling ved dem. Figur 2.2 viser ulike systemløsninger.



Figur 2.2 Ulike systemløsninger for overløp i avløpssystemet (fellesystemer).

Et hovedprinsipp ved blanding av separat- og fellessystem er at det konsentrerte spillvannet fra separatsystemet prioriteres videre mot renseanlegg.

Samlet løsning (figur 2.2b) innebærer få, men store framfor mange små overløp. Løsningen krever store ledningsdimensjoner med større investeringskostnader, evt bygging av fordrøyningsbassenger. De høye kostnadene kan oppveies av de mange fordelene i forhold til spredt løsning (figur 2.2a). Fordelene med samlet løsning er:

- Forhindrer utslipp til små bekker.
- Mindre sannsynlighet for tilstopping.
- Lavere kostnader for tilsyn, rengjøring og overvåking.
- For flate områder, stort utjevningsvolum i ledningssystemet (mindre forurensningsutslipp).
- Bedre muligheter for automatisk styring av videreført vannmengde (mindre forurensningsutslipp).
- Lavere kostnader ved eventuell desinfisering/rensing av overløpsvann.

Ved valg av få, men store overløp vil normalt overløpsvannet kunne slippes lenger nede i vassdraget, som ofte er bedre egnet til å motta forurensningene.

Valg av systemløsning for det enkelte avløpsområde må bestemmes ut fra kost/nytte vurderinger. Lokale forhold vil være avgjørende for overløpets plassering og samtidig en viktig faktor ved valg av systemløsning.

2.3 Overløpets lokalisering

Følgende forhold vil normalt være avgjørende for overløpets lokalisering:

- Avløpstekniske forhold
- Anleggstekniske forhold
- Andre virksomheter i området

Avløpstekniske forhold kan være:

- Krav til rettstrekning oppstrøms overløpet (overløp med partikkelavskilling).
- Plassering/nivå o l til eksisterende VA-ledninger.
- Plassering i nærheten av pumpestasjon (styring av videreført vannføring, drift).
- Plassering for best mulig utnyttelse av ledningsnettet mhp fordrøyning.
- Plassering i tilknytning til fordrøyningsbasseng.
- Plassering der lite forurenset avløpsvann tilføres avskjærende ledningsanlegg som fører avløpsvann som er sterkt forurenset.

Disponibelt grunnareal, grunnforhold, grunnvannsnivå og vannstand i fjord/vassdrag er eksempler på anleggstekniske forhold som må vurderes ved lokalisering av overløp.

Ofte er det behov for overløp i områder med høy utnyttelse av grunnen. Passende areal bør derfor reserveres så tidlig som mulig i planprosessen. Bl a følgende forhold kan komme i konflikt med bygging og drift av overløp:

- Trafikkavvikling under bygging.
- Adkomst og parkering under drift.
- Muligheter for overbygg.
- Pass til et eventuelt framtidig utjevningsbasseng.

Planleggingen bør koordineres med:

- Vannverket
- Reguleringsvesen
- Veivesen
- Parkvesen
- Grunneiere
- Televerket
- E-verket

2.4 Valg av overløpstype

Valg av overløpstype bestemmes ut fra:

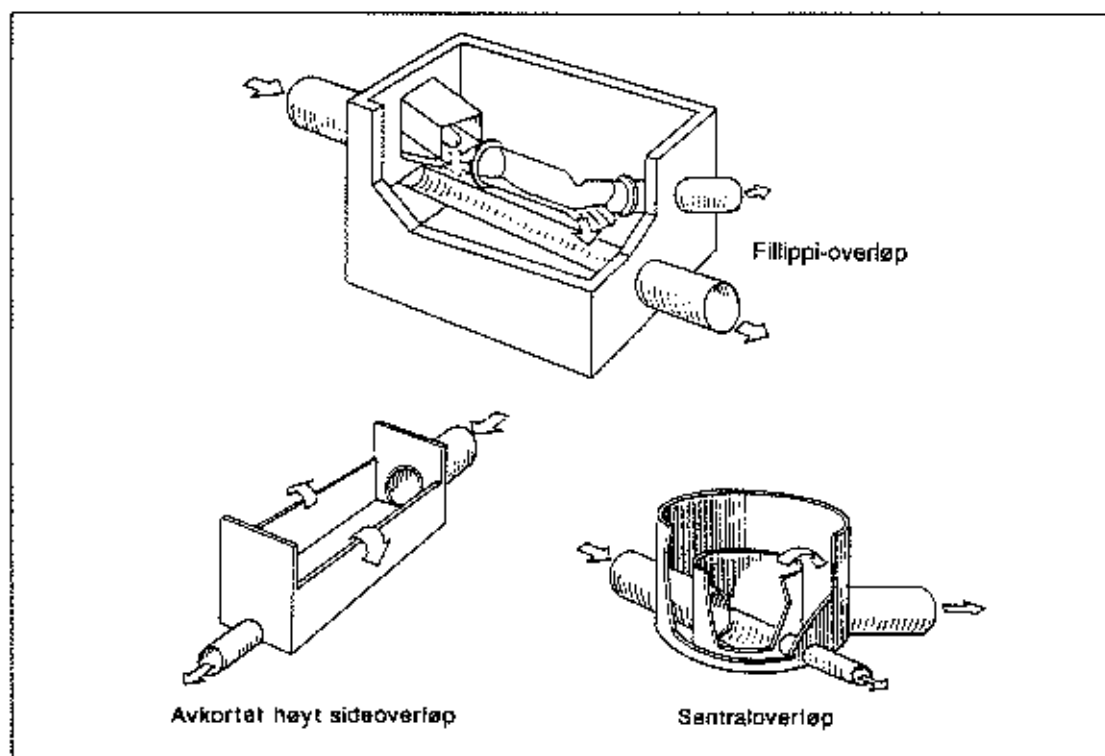
- Vassdragets/fjordens kapasitet til å motta forurensningene
- Kostnader
- Lokale forhold

Overløp med liten grad av partikkelavskilling kan være aktuelt når:

- Overløpet sjelden er i drift.
- Overløpet ligger nedstrøms avløpsområder med slamavskillere o.l.
- Overløpet er i tilknytning til utjevningsbassenger eller silarrangementet.

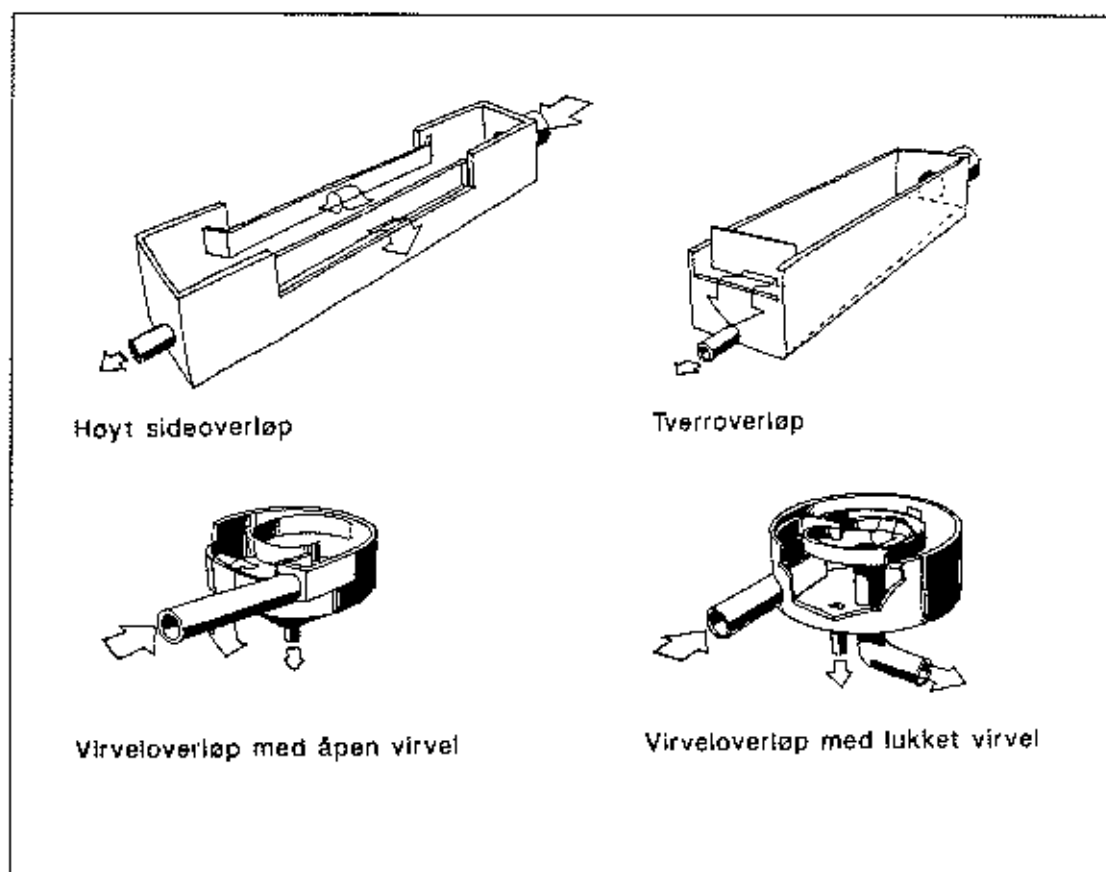
For små overløp er god driftssikkerhet viktigere enn partikkelavskilling. Overløp med liten grad av partikkelavskilling gir generelt mindre fare for tilstopping enn overløp med partikkelavskilling.

Anbefalte overløp med liten grad av partikkelavskilling er vist i figur 2.3.



Figur 2.3 Anbefalte overløp med liten grad av partikkelavskilling (skumskjerm er ikke tegnet på for avkortet høyt sideoverløp og sentraloverløp).

Anbefalte overløp med stor grad av partikkelavskilling er vist i figur 2.4.



Figur 2.4 Anbefalte overløp med stor grad av partikkelavskilling (14).

Ved sammenligning av kostnadene for ulike overløpstyper, er det viktig at de samme forutsetninger legges til grunn:

- Samme arbeidsmiljømessige standard (ventilasjon, sanitærtekniske installasjoner, belysning, gangbaner m m).
- Samme grad av tilgjengelighet mhp vedlikehold.
- Samme muligheter for overvåking av overløpsutslipp og styring av vannføringen.
- Byggetid
- Samme levetid og krav til vedlikehold på de ulike bygningsmessige konstruksjoner.

Spesielt for små overløp vil kostnader forbundet med bygging av selve overløpet være relativt små. Kostnader for tilrigging, omlegging av ledningsnett, eventuelt behov for spunting, isolert overbygg, sanitærteknisk standard m m vil dominere i kostnadsbildet.

Lokale forhold som bl a trasé, fall for eksisterende ledningsanlegg og tilgjengelig areal vil påvirke valg av overløpstype. Tabell 2.1 og tabell 2.2 gir anbefalinger om valg ved ulike lokale forhold.

En forutsetning for at overløpet skal kunne fungere tilfredsstillende er nøyaktig og korrekt utførelse ved bygging/ombygging. Feil og unøyaktigheter som f eks at overløpsterskel ikke er i vater resulterer ofte i dårlig hydraulisk kontroll og redusert partikkelavskilling.

Tabell 2.1 Anbefalinger ved valg av overløp med liten grad av partikkelavskilling.

Typiske forhold	Egnet overløp
Krav til mengdemåling av overløpsutslipp	Sentraloverløpet Avkortet høyt Sideoverløp
Ingen oppstuvning, lite tilgjengelig areal	Filippi-overløp

Tabell 2.2 Anbefalinger ved valg av overløp med større grad av partikkelavskilling.

Typiske forhold	Egnet overløp
Krav til mengdemåling av overløpsutslipp	Høyt sideoverløp Tverroverløp Virveloverløp med åpen virvel Virveloverløp med lukket virvel
Lite fall og liten tilgjengelig høyde til avskjærende ledning*	Høyt sideoverløp Tverroverløp Virveloverløp med lukket virvel
Liten tillatt oppstuvning oppstrøms	Høyt sideoverløp
Lite tilgjengelig areal utenfor ledningstraseen	Høyt sideoverløp
Lite tilgjengelig areal	Virveloverløp med åpen virvel Tverroverløp
Dype grøfter og dårlige grunnforhold **	Virveloverløp (begge typer)

* På steder med lite fall på avløpsledningen, men uten problemer med oppstuvning oppstrøms, kan overløpet bygges parallelt med ledningstraseen, men på et høyere nivå i bakken. Løsningen kan også velges der ledningsanlegget ligger dypt, og man ønsker en grunn konstruksjon.

** Ved vanskelige grunnforhold der senkebrønn-prinsippet (runde overløp) er aktuell, kan store besparelser oppnås. Metoden har vært benyttet ved anlegg med rørtrykking; runde overløp har vært plassert i sjaktene som har vært nødvendig å bygge i forbindelse med rørtrykking. Der det i tillegg er dårlige fallforhold, henvises til avsnitt 4.3.2. Spuntes ledningsgrøfta, bør også høyt sideoverløp og tverroverløp vurderes.

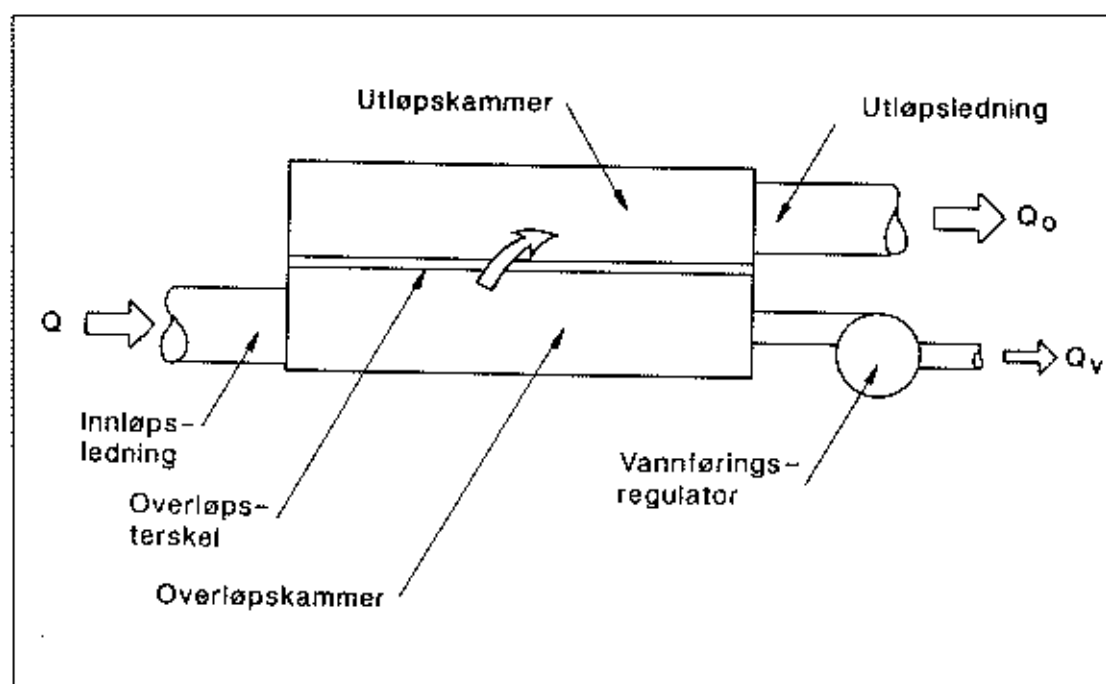
DEL 3:

Dimensjonering

3 DIMENSJONERENDE BELASTNINGER OG FRAMGANGSMÅTE VED DIMENSJONERING

3.1 Oversikt over dimensjonerende belastninger

Figur 3.1 viser skjematisk overløpets ulike deler.



Figur 3.1 Overløpets ulike deler som skal dimensjoneres.

Tabell 3.1 viser aktuelle belastningsområder og grensebelastninger ved dimensjonering av overløp. Disse belastningene er forklart i det følgende:

$Q_{selvr} = Q_{v,selvr}$; **minste vannføring for selvrensing**. Minste vannføring for selvrensning defineres som den vannføringen som overskrides 10% av tida for min døgnet (19).

$Q_{v,dim}$; dimensjonerende videreført vannmengde. Når tilrenningen overstiger $Q_{v,dim}$, starter overløpet å avlaste vann (overløpet trer i funksjon). For en gitt varighetskurve for tilrenningen (jfr figur 1.1), er $Q_{v,dim}$ bestemmende for overløps-hyppighet, driftstid, mengde og forurensningsutslipp.

For spesielt små avløpsområder kan støtutslipp fra bl a næringsvirksomhet innebære at maksimal spillvannsavrenning er 3-10 ganger høyere enn midlere spillvannstilrenning. Dette kan det være nødvendig å ta hensyn til ved fastlegging av $Q_{v,dim}$.

Det understrekes at i utgangspunktet fastlegges $Q_{v,dim}$ ut fra forurensningsmessige kriterier. Dersom det er ønskelig å sammenligne overløpets "innstilling" med andre overløp, kan følgende sammenheng benyttes:

$$\begin{aligned} n &= Q_{v,dim} / Q_{s,mid}, \text{ der} \\ n &= \text{overløpets innstilling} \\ Q_{s,mid} &= \text{midlere spillvannstilrenning} \end{aligned}$$

Q_{dim} ; dimensjonerende vannmengde for partikkelavskilling. Q_{dim} forteller hvor høyt et overløp med partikkelavskilling kan belastes uten at det går vesentlig utover avskillingsegenskapene. Q_{dim} kan sammenlignes med Q_{dim} for et renseanlegg/ sedimenteringsbasseng. Øker tilrenningen utover Q_{dim} , avtar avskillingseffekten raskt. Q_{dim} sier noe om hvor ofte og hvor lenge det kan aksepteres at resipienten tilføres tyngre partikler og flytestoffer, og vil derfor normalt fastsettes av forurensningsmyndighetene.

Q_{dim} vil normalt knyttes til gjentakintervall basert på nedbørstatistikk. Dimensjonerende vannføring vil normalt ha et gjentakintervall på fra et halvt til to år. For å få en ensartet dimensjoneringsprosedyre, legges også Q_{dim} til grunn ved dimensjonering av overløp med liten grad av partikkelavskilling.

Q_{max} maksimal tilrenning. Maksimal tilrenning baseres normalt på et gjentakintervall for dimensjonerende vannføring på 10-25 år.

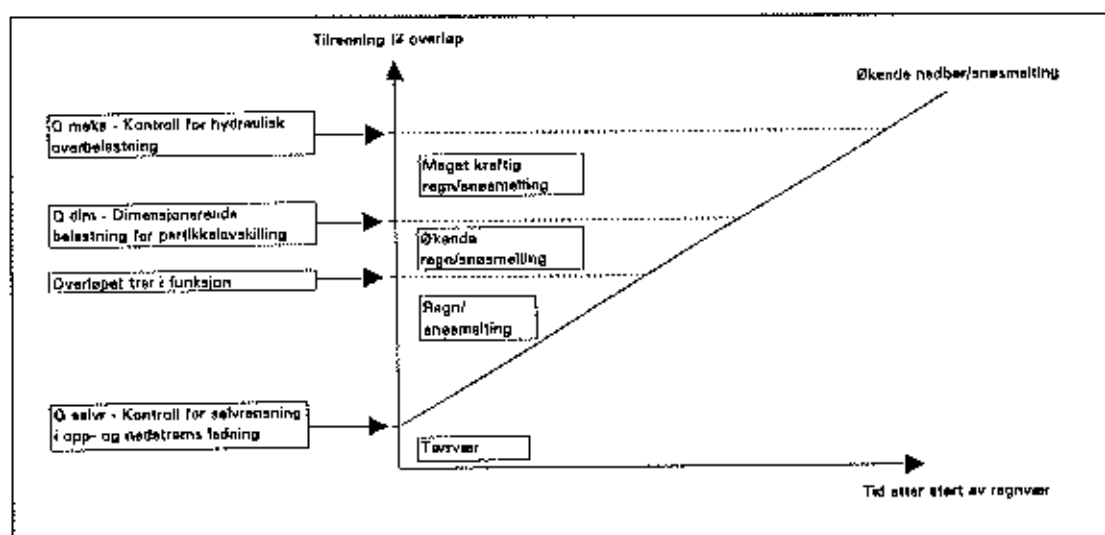
$Q_{v,max}$ maksimal videreført vannmengde. Dette er den vannmengden som videreføres til avskjærende ledning/reseanlegg ved maksimal tilrenning til overløpet.

Tabell 3.1. Oversikt dimensjonerende belastninger ved stigende tilrenning. Se illustrasjon figur 3.2

Tilrenning/ grensebelastninger (stigende vannmengder)	Tilrenning Q	Videreført Q_v	Anmerkninger
1 Tørrværsavrenning			Overløpet er ikke i drift
2 Grensebelastning	Q_{selvr}	$Q_{v,selvr}$	Kontroll for selvrensning i opp- og nedstrøms ledning
3 Regn/snøsmelting			
4 Grensebelastning		$Q_{v,dim}$	Overløpet trer i funksjon
5 Økende regn/snøsmelting			Overløpets normale driftsområde
6 Grensebelastning	Q_{dim}^*		Dimensjonerende belastning for partikkelavskilling
7 Meget kraftig regn/snøsmelting			Urolige hydrauliske forhold i overløpet
8 Grensebelastning	Q_{maks}	$Q_{v,maks}$	Kontroll for hydraulisk overbelastning

* For overløp med liten grad av partikkelavskilling forutsettes en tenkt Q_{dim} .

Figur 3.2 Eksempel på tilrenning ved regnvær.



4 DIMENSJONERING AV INNLØPS- LEDNING, OVERLØPSKAMMER OG OVERLØPSTERSKEL

For alle overløpstyper beregnes minimums innløpsdiameter D_{min} ut fra Q_{dim} . I praksis velges en standarddimensjon på innløpsledningen $D \geq D_{min}$.

4.1 Overløp med liten grad av partikkelavskilling

4.1.1 Oversikt

Overløp med liten grad av partikkelavskilling må tilfredsstille funksjonskravene som er beskrevet i avsnitt 1.3; "Overløpets funksjonskrav". Ellers står man fritt når det gjelder utformingen av selve overløpet.

Dimensjoneringsregler for to overløp med liten grad av partikkelavskilling; avkortet høyt sideoverløp og sentraloverløpet, er tatt med i det følgende. I tillegg er Filippi-overløpet kort presentert.

Dimensjonering av avkortet høyt sideoverløp og sentraloverløpet følger samme prosedyre som ved dimensjonering av overløp med stor grad av partikkelavskilling. For dimensjonering av Filippi-overløpet, henvises til avsnitt 4.1.5.

4.1.2 Innløpsledning

Overløpets minste tillatte innløpsdiameter (D_{min}) beregnes ut fra dimensjonerende tilrenning(Q_{dim}):

$$D_{min} = k Q_{dim}^{0.4} \quad (4.1)$$

der:

$D_{\min}$ = minste tillatte diameter på innløpsledningen (m)

k = 0.8 for avkortet høyt sideoverløp

k = 1.1 for sentraloverløpet (16)

$Q_{\dim}$ = dimensjonerende tilrenning (m^3/s)

Innløpsledningen må anlegges på en slik måte (avstand til dimensjonsendring, bend og vannstandssprang) at det er rolige hydrauliske forhold i overløpskammeret under drift når tilrenningen er mellom $Q_{v,\dim}$ og $Q_{\dim}$.

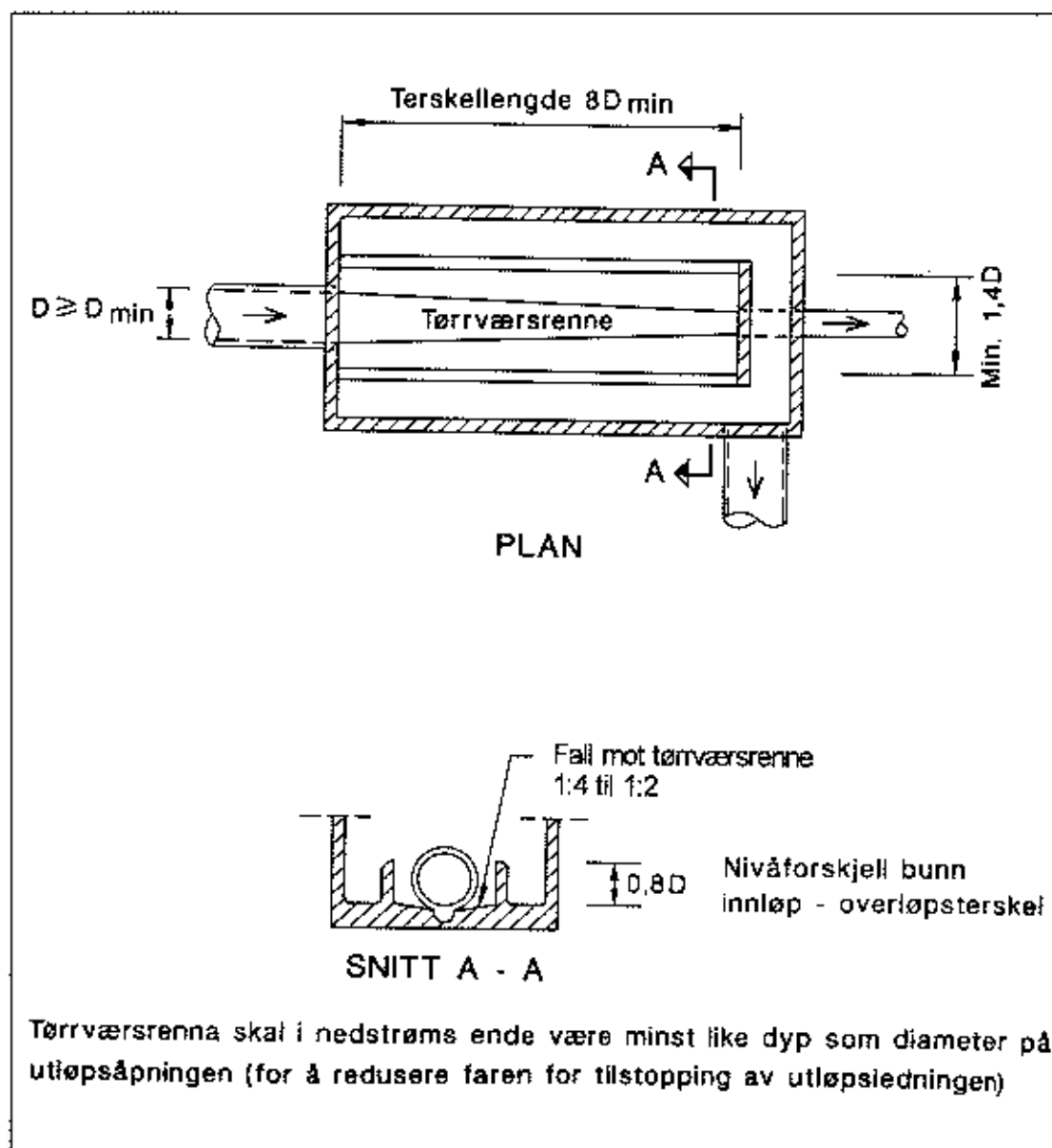
4.1.3 Avkortet høyt sideoverløp

Overløpet dimensjoneres som høyt sideoverløp uten innløpssone, flyteslamlager og skumskjerm (jfr avsnitt 4.2.3).

Ut fra ligning (4.1) beregnes $D_{\min}$ som videre legges til grunn ved dimensjonering av overløpet. Dimensjonering av avkortet høyt sideoverløp er vist i figur 4.1.

Høyt sideoverløp med overløpsterskel langs den ene siden, dimensjoneres med en terskellengde tilsvarende $16D_{\min}$.

Overløpets bredde bør ligge i området 1.4D-2.5D, og terskelhøyden i området 0.8D-1.2D.

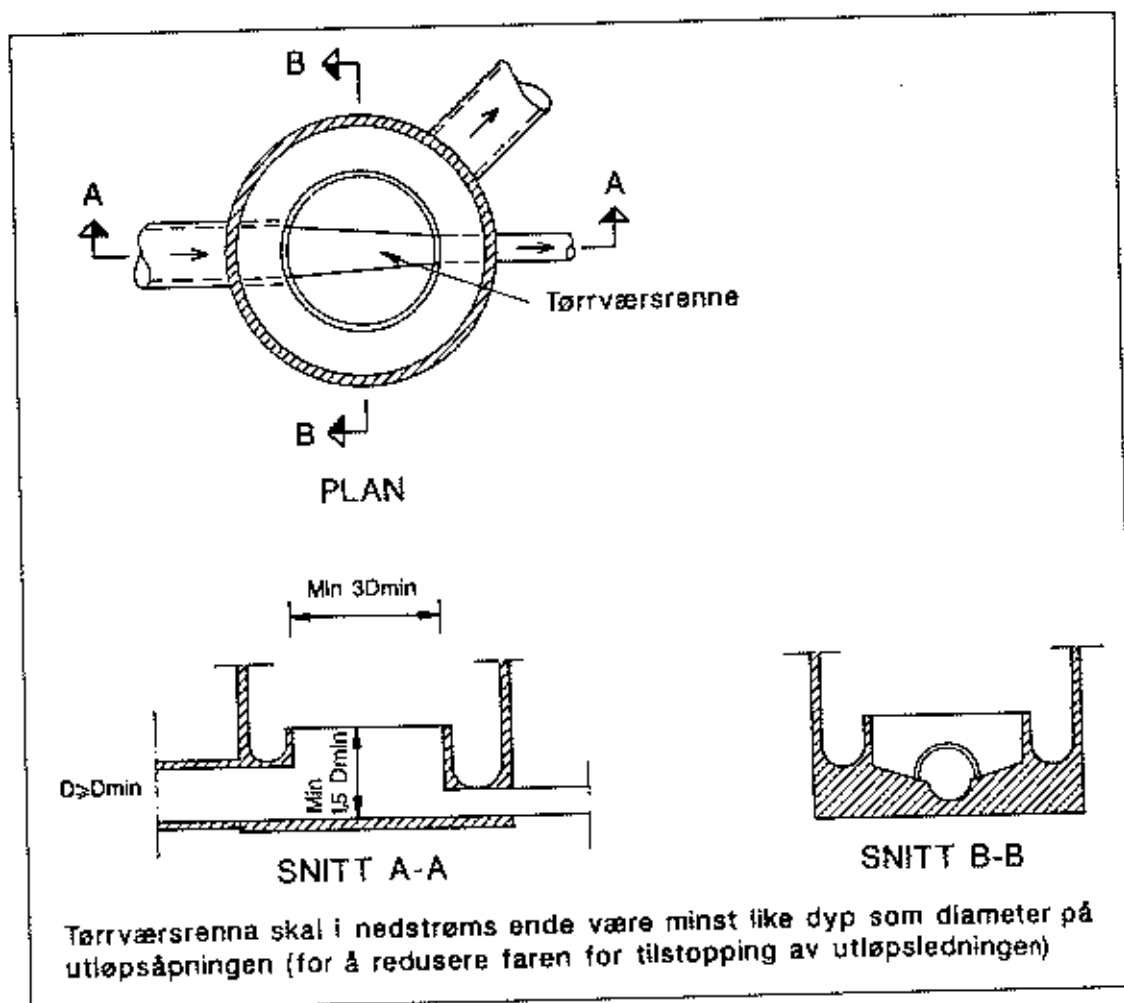


Figur 4.1 Dimensjonering av avkortet høyt sideoverløp.

Når overløpets dimensjoner er beregnet, foretas kontroll for oppstuvning ved maksimal tilrenning (Q_{maks}). Dersom større oppstaving kan aksepteres (overløpet er overdimensjonert), gjentas beregningen med en lavere Q_{dim} . Prosedyren gjentas inntil man har kommet fram til et overløp som gir ønsket oppstuvning. Deretter foretas kontroll for selvrensning.

4.1.4 Sentraloverløpet

$D_{\min}$ (jfr. avsnitt 4.1.2) legges til grunn ved dimensjonering av overløpet. Dimensjonering av sentraloverløpet er vist i figur 4.2.



Figur 4.2 Dimensjonering av sentraloverløpet (27).

Når overløpets dimensjoner er beregnet, foretas kontroll for oppstuvning ved maksimal tilrenning ($Q_{\max}$). Dersom større oppstuvning kan aksepteres (overløpet er overdimensjonert), gjentas beregningen med en lavere $Q_{\dim}$. Prosedyren gjentas inn-til man har kommet fram til et overløp som gir ønsket oppstuvning. Deretter foretas kontroll for selvrensning.

4.1.5 Filippi-overløpet

Det henvises til figur 2.3. Overløpet er patentert og leveres prefabrikkert. Det er utarbeidet kurver for valg av overløpsstørrelse. Vannføringsregulatoren inngår i konstruksjonen til selve overløpet og er fast for hver standard størrelse. Overløpet har ikke skumskjerm. Det henvises til leverandør for dimensjonering.

4.2 Overløp med stor grad av partikkelavskilling

4.2.1 Oversikt

Dimensjoneringsregler for 3 av de 4 overløpene med stor grad av partikkelavskilling er basert på forskning ledet av Water Research Centre (11). Dimensjoneringsregler for virveloverløp med lukket virvel er utviklet i USA (13).

Dimensjoneringsanvisningene for overløp med stor grad av partikkelfjerning må nøye følges. Selv tilsynelatende små endringer kan gi negative konsekvenser for avskillingsegenskapene. Der valgmuligheter foreligger, er dette angitt i teksten.

Overløpets dimensjoner bestemmes av minste tillatte diameter på innløpsledningen. Figur 4.3, 4.5, 4.6 og 4.7 angir standard dimensjoneringsprosedyre for overløpene.

4.2.2 Innløpsledning

Overløpets minste tillatte innløpsdiameter (D_{min}) beregnes ut fra dimensjonerende tilrenning (Q_{dim}):

$$D_{min} = k Q_{dim}^{0.4} \quad (4.2)$$

der:

D_{min} = minste tillatte diameter på innløpsledningen (m)

k = 1.0 for virveloverløp med lukket virvel

$k = 0.815$ for høyt sideoverløp, tverroverløp og virveloverløp med åpen virvel

$Q_{dim} =$ Dimensjonerende tilrenning(m^3/s)

Overløpets dimensjoner bestemmes av minste tillatte innløpsdiameter, D_{min} . Ved å velge D større eller lik D_{min} , vil vannhastigheten inn i overløpet ved en belastning mindre eller lik Q_{dim} , være så lav at avskillingen blir god.

Krav til D_{min} gjelder for høyt sideoverløp, tverroverløp og virveloverløp med lukket virvel. For virveloverløp med åpen virvel, kan en reduksjon av D_{min} på inntil 25 prosent aksepteres.

For optimal partikkelavskilling settes krav til rettstrekning oppstrøms overløpet. Tabell 4.1 viser krav til rettstrekning.

*Tabell 4.1 Krav til rettstrekning oppstrøms overløpet (27).
(Grove anslag basert på forarbeidene til (16).)*

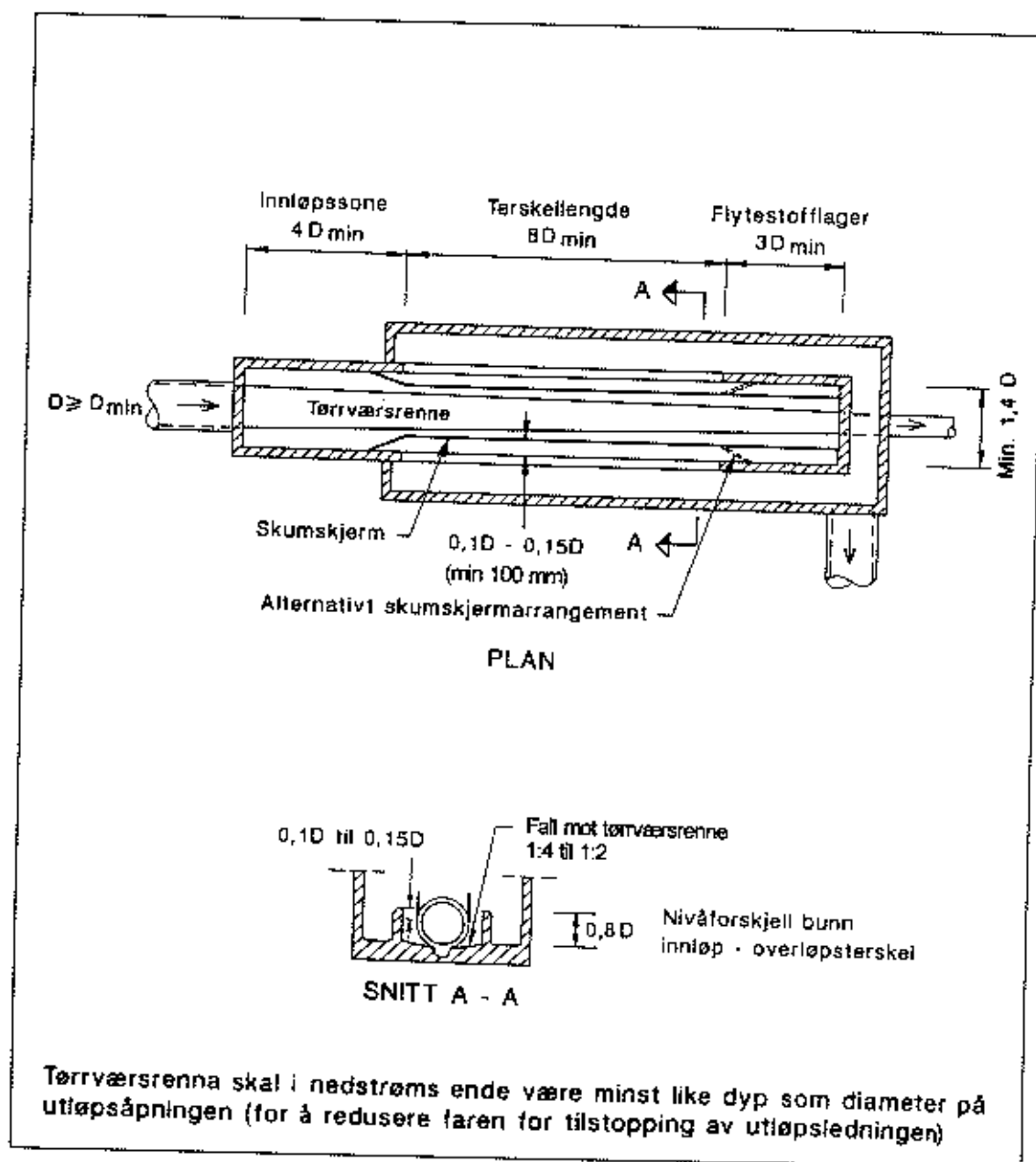
Årsak til rettstrekning	Rettstrekning
45° - 90° bend	25D
15° - 45° bend	15D
5° - 15° bend	10D
Vannstandssprang*	20 - 25D
Dimensjonsøkning	25D

* Vannstandssprangets lokalisering kan antas å tilsvare oppstuvingsnivå i oppstrøms ledningsanlegg.

Avskillingsprosessen starter i den rette innløpsledningen og avsluttes i overløpskammeret. Dersom ikke kravene til D_{min} og rettstrekning oppstrøms overholdes, blir avskillingen av partikler dårligere. I denne sammenheng er virveloverløpene de minst følsomme.

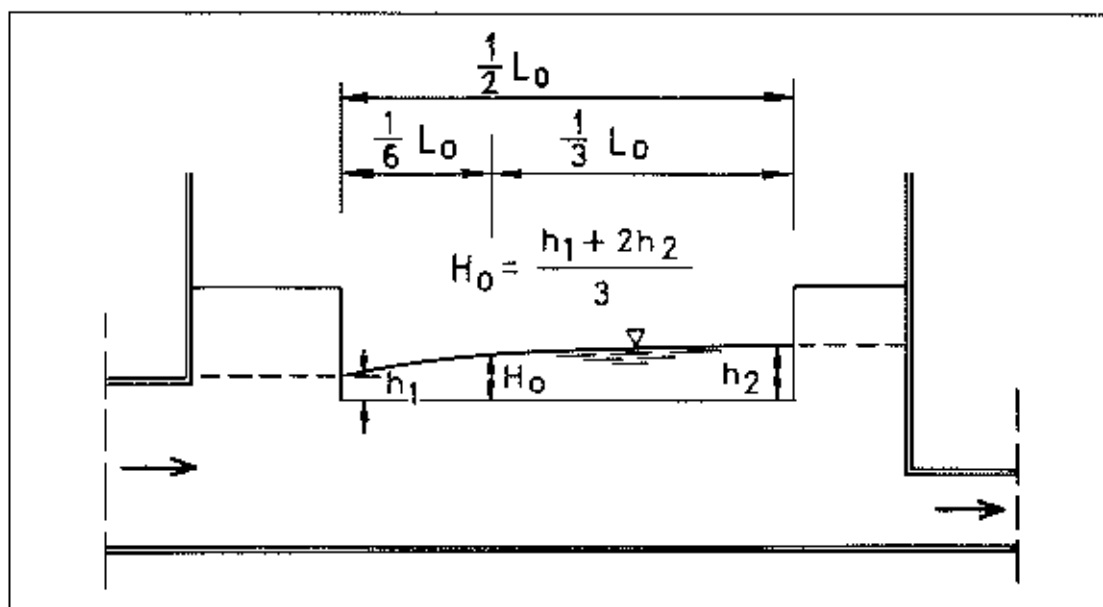
4.2.3 Høyt sideoverløp

Det henvises til avsnitt 4.2.2 for dimensjonering av innløpsledning. Kammerets dimensjoner framgår av figur 4.3.



Figur 4.3. Dimensjonering av høyt sideoverløp (11).

Vannspeilnivå for et høyt sideoverløp i drift er vist i figur 4.4. Strømningen i overløpskammeret er underkritisk og vannstanden stiger svakt mot utløpet.



Figur 4.4 Høyt tosidig sideoverløp. Vannspeilnivå. (Stigningen er overdrevet på figuren.)

Overløpskammeret består av en innløpssone der flytestoffer får anledning til å flyte opp til overflaten og sand o.l. synke til bunnen. Nedstrøms overløpstorskelen er det avsatt plass for lagring av flytestoffer.

Høyt sidcoverløp med overløpstorskelen langs den ene siden, dimensjoneres som vist i figur 4.3, med en terskellengde tilsvarende $16D_{\min}$. Dersom den angitte terskellengden ikke har tilstrekkelig kapasitet ved en belastning på $Q_{\max}$, kan lengden økes etter behov.

Overløpets bredde bør ligge i området $1.4D$ - $2.5D$. Bredden må avpasses slik at skumskjermens "forlengelse" i lengderetningen kommer på utsiden av innløpsrørets vegger.

For å redusere sannsynligheten for blokkering, bør avstanden mellom skumskjermen og overløpstorskelen ikke være for liten (100-200 mm, avhengig av lokale forhold).

Terskelhøyden bør ligge i området $0.8D$ - $1.2D$, men kan også være høyere om ønskelig.

Flytestofflageret kan forlenges utover $3D$ for avløpsområder med store flyteslam-

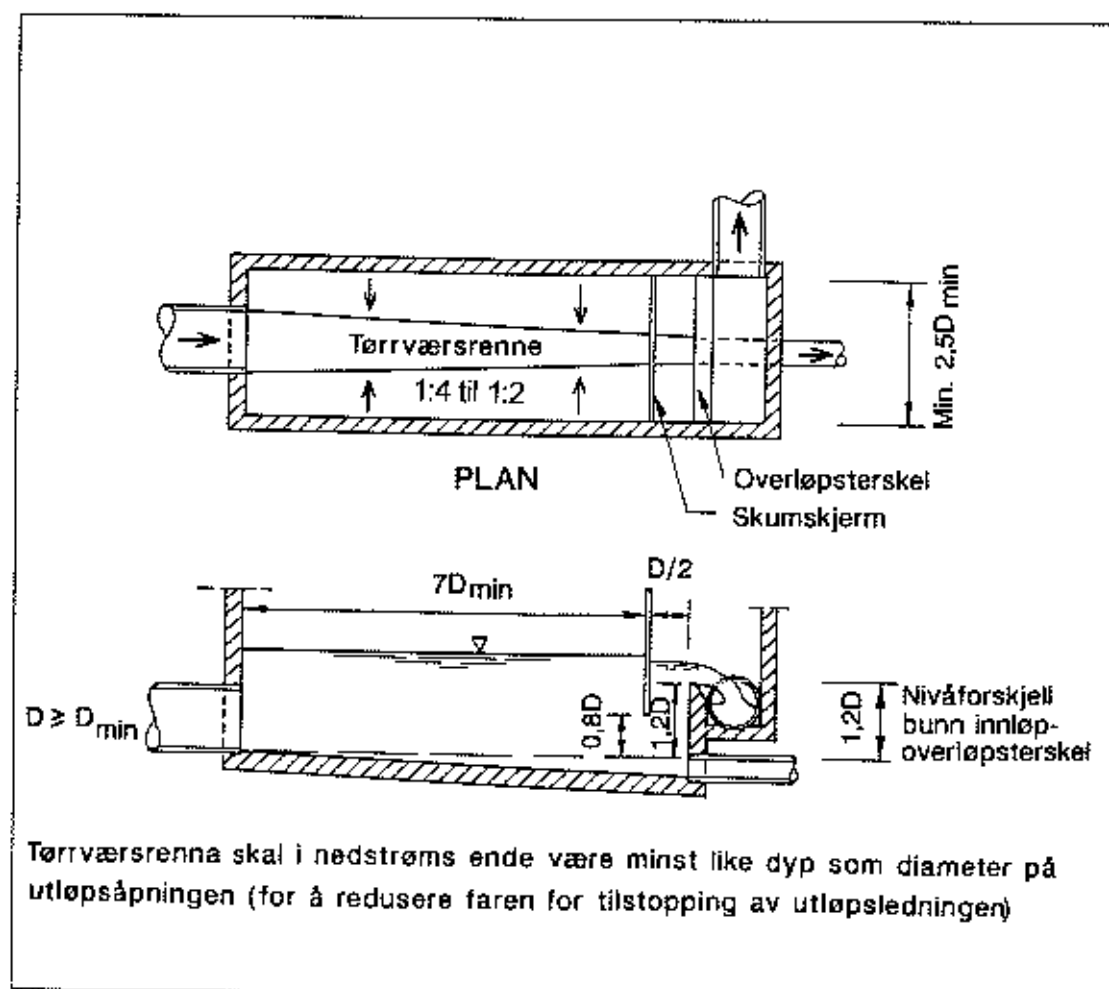
mengder. Forlenging av innløpssonen utover $4D$ vil ha en positiv effekt mhp. avskilling.

Det er utviklet dimensjoneringskurver for høyt sideoverløp (25).

4.2.4 Tverroverløpet

Det henvises til avsnitt 4.2.2 for dimensjonering av innløpsledning. Kammerets dimensjoner framgår av figur 4.5.

Dersom oppstuvingsproblemer forventes ved en terskelhøyde på $1.2D$, kan terskelhøyden reduseres til minimum $0.8D$. Reduseres terskelhøyden til under $1.2D$, vil avskillingseffekten avta.



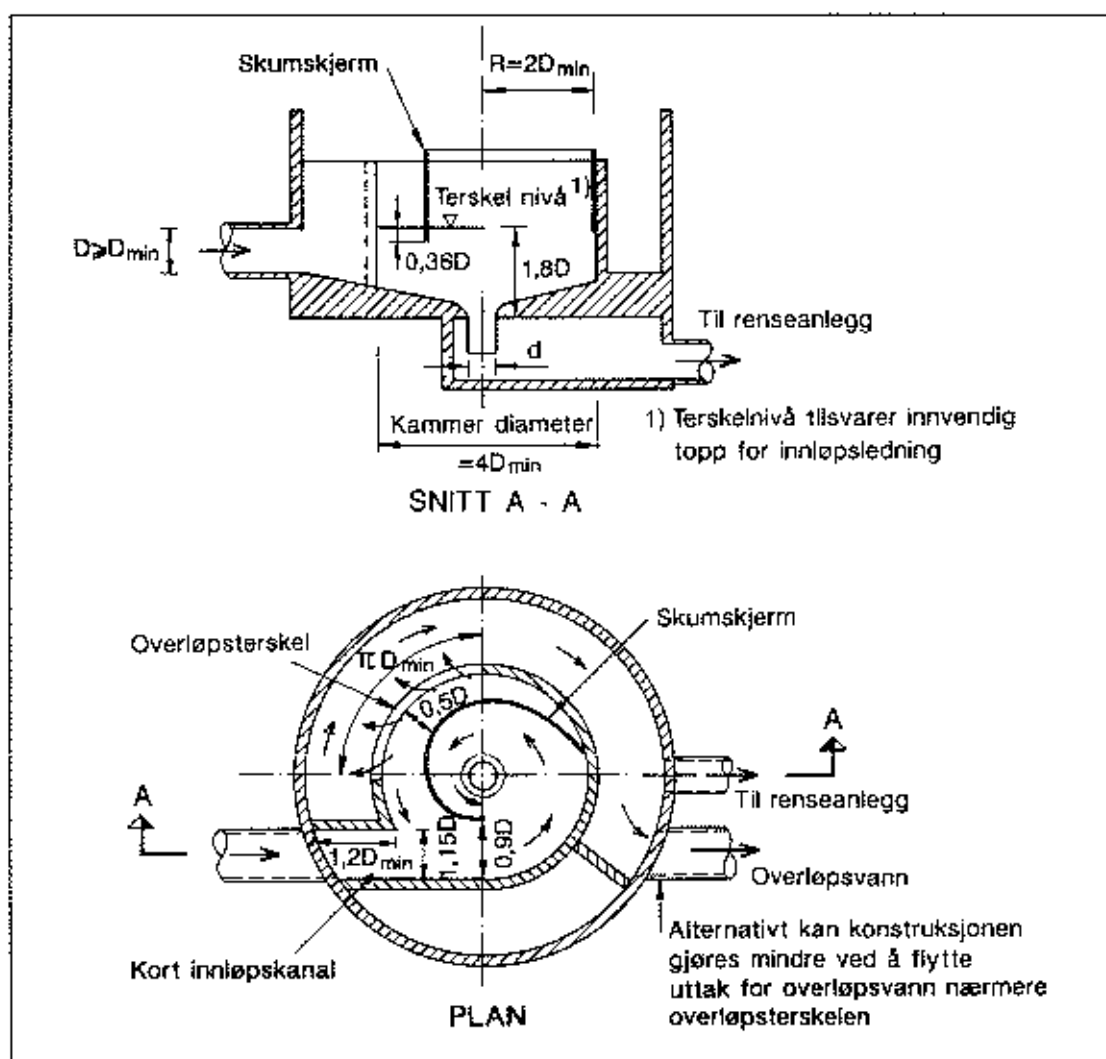
Figur 4.5 Dimensjonering av tverroverløpet (11).

4.2.5 Virveloverløp med åpen virvel

Det henvises til avsnitt 4.2.2 for dimensjonering av innløpsledning. Kammerets dimensjoner framgår av figur 4.6.

Avskillingsegenskapene til virveloverløpet er mindre følsomme overfor høye innløpshastigheter enn høyt sidcoverløp, tverroverløp og virveloverløp med lukket virvel. Det kan derfor aksepteres en innløpsdiameter på inntil 25% mindre enn D_{min} . Det forutsettes at kammeret dimensjoneres etter D_{min} som beregnet fra ligning 4.2.

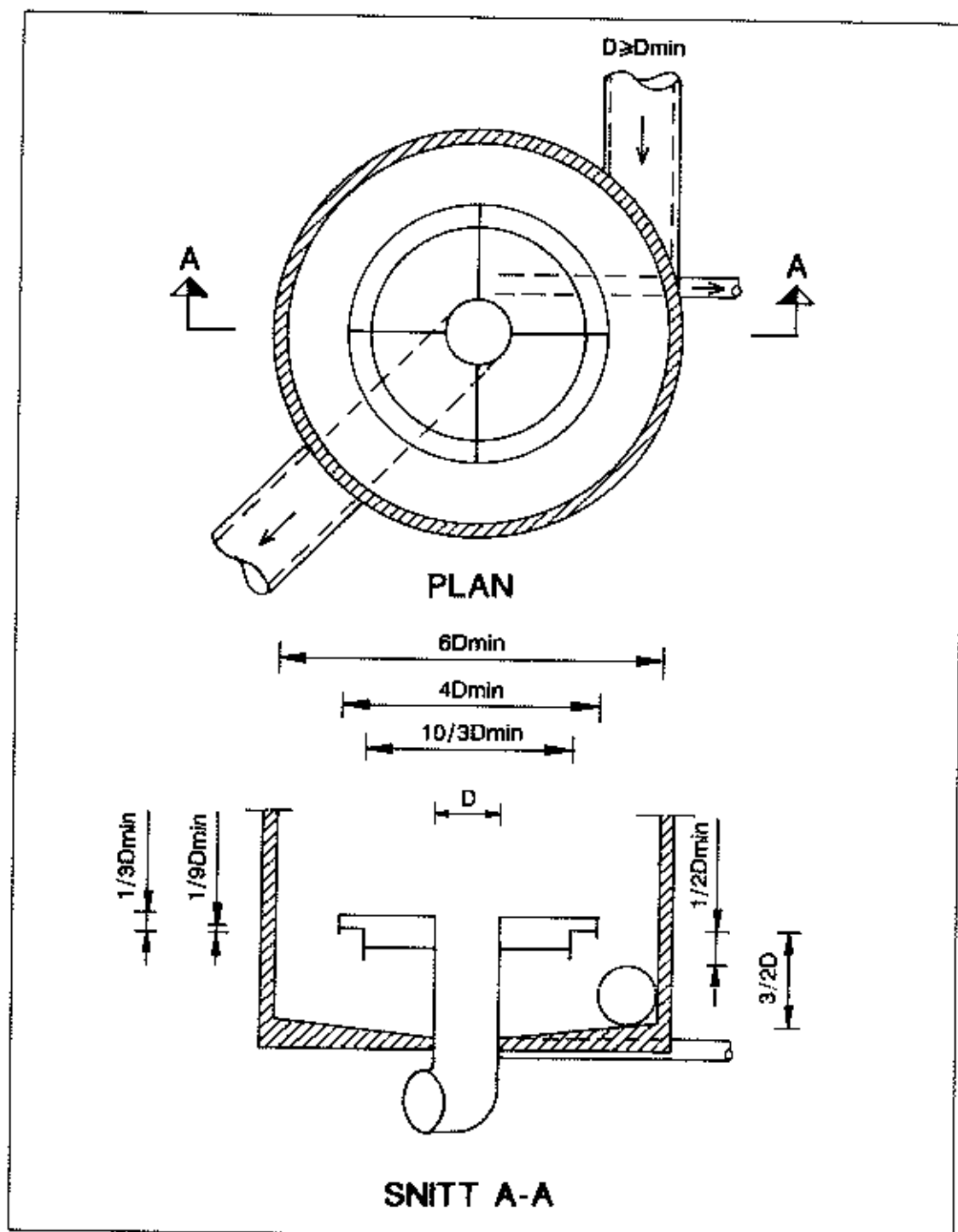
Flytestoffene som fanges opp av skumskjermen, føres kontinuerlig til åpningen i virvelen og videre til avskjærende ledning.



Figur 4.6 Dimensjonering av virveloverløp med åpen virvel (11).

4.2.6 Virveloverløp med lukket virvel

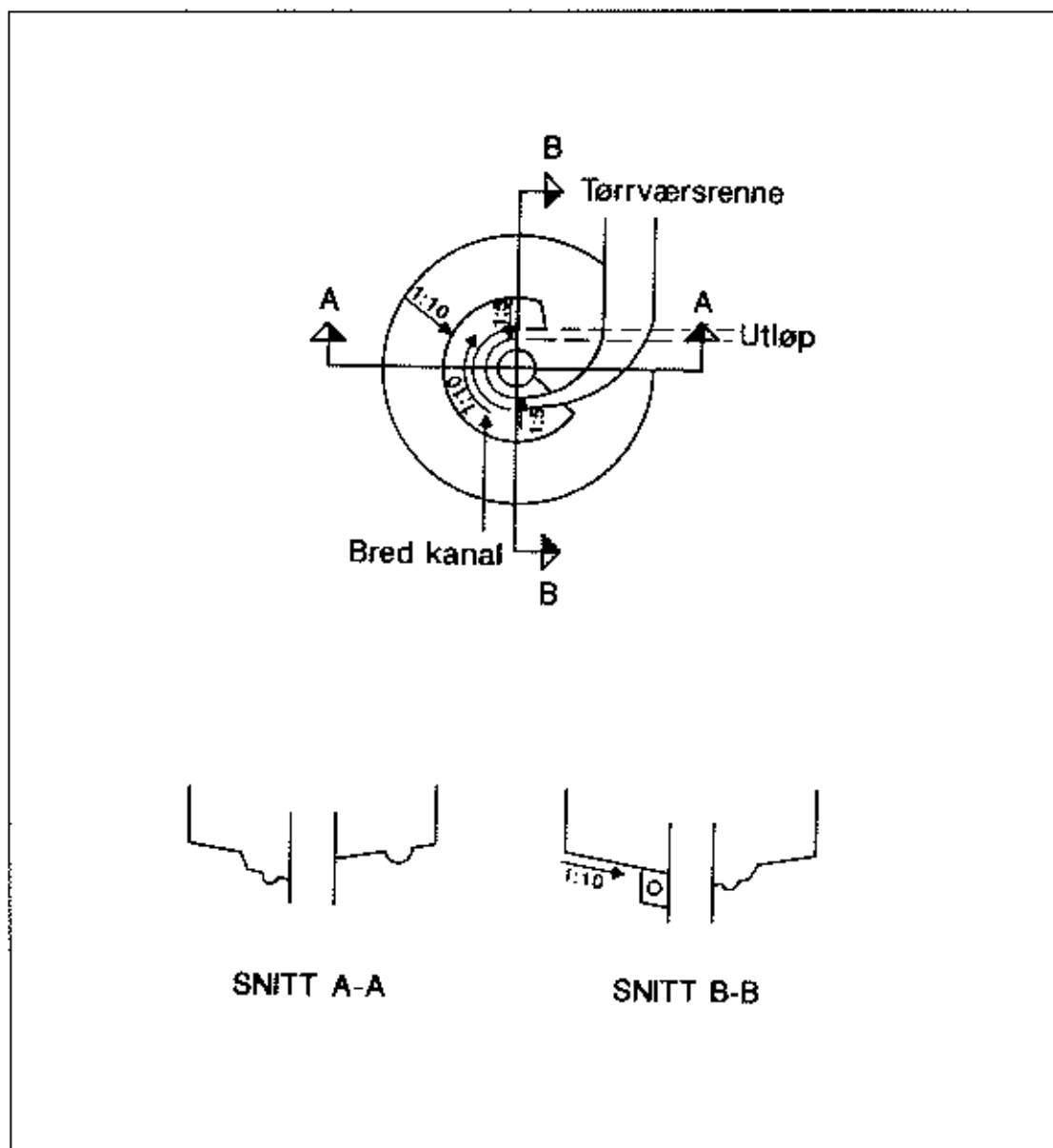
Det henvises til avsnitt 4.2.2 for dimensjonering av innløpsledning. Kammerets dimensjoner framgår av figur 4.7.



Figur 4.7 Dimensjonering av virveloverløp med lukket virvel (13).

Normal dimensjoneringsprosedyre forutsetter et fast forhold mellom kammerdiameteren og innløpsdiameteren ($D_k = 6D_{\text{innt}}$), samt mellom terskelhøyden og innløpsdiameteren ($H = 1.5D$).

Utforming av tørrværsrenne i overløpets bunn er vist på figur 4.8 (26).



Figur 4.8 Tørrværsrenne for virveloverløp med lukket virvel (26).

4.3 Spesielle installasjoner

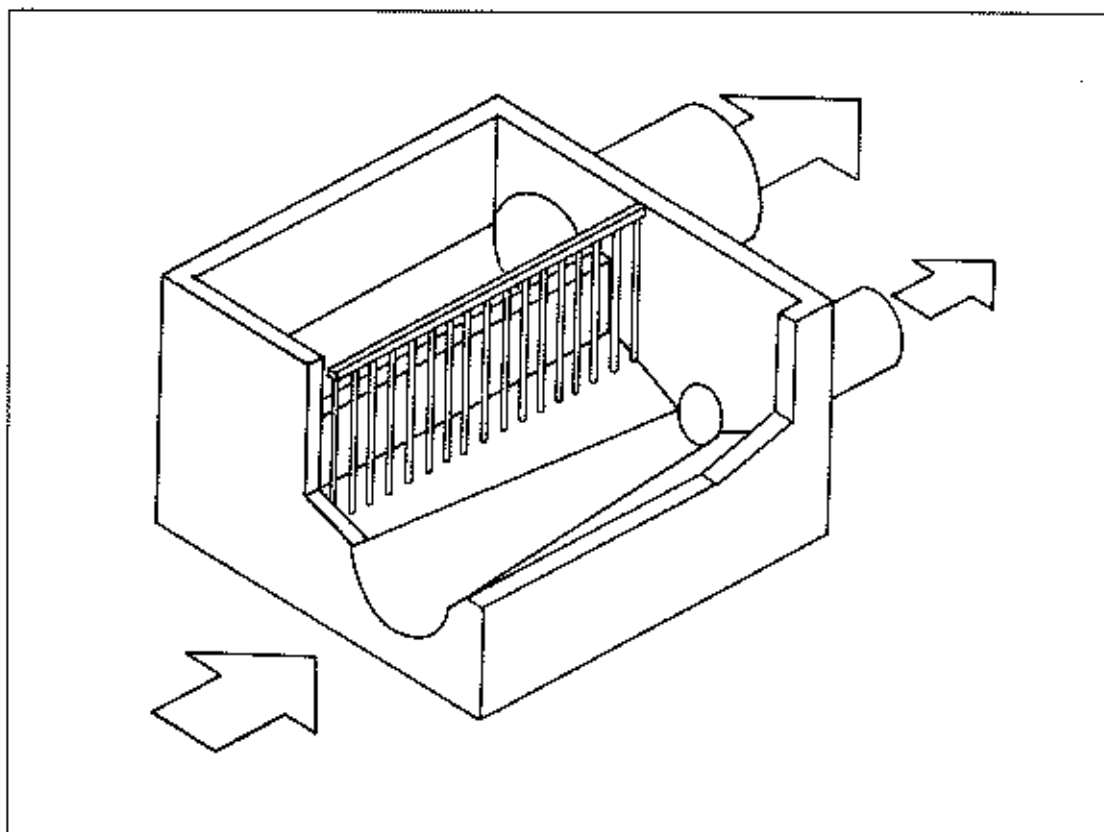
4.3.1 Overløp med rist

Noe av partikkelinnholdet i avløpsvann har en egenvekt nær 1.0 (papir o.l.). Selv for overløp med stor grad av partikkelavskilling vil mye av dette gå i overløp. For enkelte resipienter kan det være behov for at en større andel av papir, plast, tyngre partikler og flytestoffer holdes tilbake. Bygging av håndrenset rist, maskinrenset rist eller maskinrenset sil bør vurderes. Ved bygging av maskinrenset rist og sil vil investerings- og driftskostnader for overløpet øke radikalt. For bygging av maskinrenset rist henvises til (14).

Velges en løsning med håndrenset rist, anbefales:

- Overløpskammeret tilpasses de lokale forhold, men gis en utforming slik at funksjonskravene i avsnitt 1.3 tilfredsstilles.
- Lysåpning mellom stavene i risten bør kunne reguleres, eventuelt bør ny rist med annen stavavstand enkelt kunne monteres. Normal stavavstand; 30-50 mm (4).
- Risten bør dekke mest mulig av strømningsstverrsnittet og føres ned til noen cm over bunnen.
- Gjentetting av risten må ikke føre til problemer oppstrøms.
- Risten må enkelt kunne rengjøres (gaffelrist) og vedlikeholdes.
- Det må legges tilrette for eventuell justering av ristens plassering i forhold til overløpsterskelen.

Figur 4.9 viser et overløp med håndrenset rist.



Figur 4.9 Overløp med håndrenset rist.

Montering av rist i et overløp med partikkelavskilling gjør det nødvendig å avvike noe fra dimensjoneringsregelene. Dette vil endre de hydrauliske forholdene i overløpet noe. Selve risten i seg selv vil også endre strømningsforholdene, for eks ved ujevn ansamling av papir o l på risten. Bruk av håndrenset rist i overløp med partikkelavskilling er omdiskutert.

Dersom håndrenset rist monteres i overløp med partikkelavskilling, anbefales følgende (16):

- Rist bør ikke monteres i virveloverløpene.
- Avstand mellom skumskjerm og overløpskant fordobles.
- Risten monteres midt mellom skumskjerm og overløpstærskel.
- Risten føres ned til noen cm over bunnen (gaffelrist).

Bruk av håndrenset rist vil normalt medføre økte driftskostnader.

4.3.2 Sentraloverløp med skumskjerm og rist

For dype konstruksjoner, dårlige grunn- og fallforhold kan sentraloverløpet være aktuelt.

Sentraloverløpet er ikke utviklet for partikkelavskilling. Utstyres sentraloverløpet med skumskjerm, vil noe av flytestoffene forhindres fra å gå i overløp. Innløpsrøret bør eventuelt forlenges inn til skumskjermen. Skumskjermens plassering og dimensjoner (16) bestemmes ut fra vannspeilnivå over overløpsterskel ($H_{u,maks}$) ved maksimal tilrenning (Q_{maks}):

Avstand skumskjerm - overløpsterskel	$= H_{u,maks}$ (min 100 mm)
Nivåforskjell topp skumskjerm - overløpsterskel	$= 1.25H_{u,maks}$
Nivåforskjell bunn skumskjerm - overløpsterskel	$= 0.25H_{u,maks}$ (min 20 mm)

For å redusere utslipp av papir o.l. kan det være aktuelt å montere rist i overløpet. Risten monteres vannrett og i underkant av skumskjermen slik at den dekker åpningen mellom overløpsterskel og skumskjerm.

4.3.3 Overløp med luftregulert hevert

Hevertprinsippet kan også benyttes i overløp. Heverten erstatter overløpsterskelen. Moderne luftregulerte heverter er i bruk enkelte steder i utlandet (12). Disse fungerer på følgende måte: Ved lave vannføringer suges luft inn i heverten slik at kapasiteten blir lav. Luftmengden som suges inn, minker etterhvert som tilrenningen øker, og dermed øker hevertens kapasitet. Til forskjell fra den tradisjonelle heverten, som "suger tomt og stopper" ved liten og middels stor tilrenning, endrer kapasiteten til den luftregulerte heverten seg i takt med tilrenningen. Den luftregulerte heverten gir god hydraulisk kontroll, har stor kapasitet og er derfor lite plasskrevende. Dette innebærer også god sikring mot oppstuvning i ledningsnett.

5 DIMENSJONERING AV VANNFØRINGS- REGULATOREN

5.1 Funksjonskrav

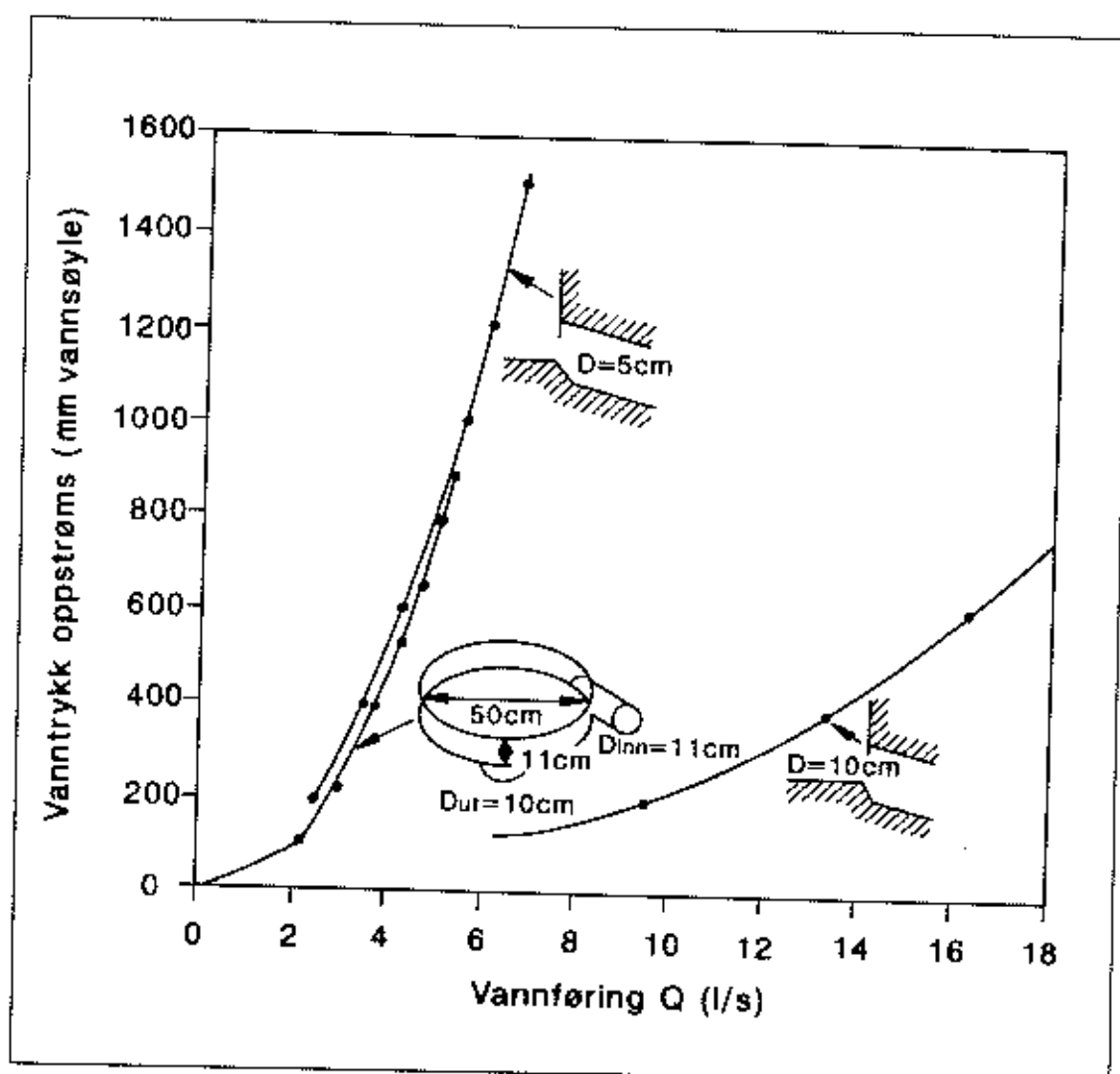
Det er i forbindelse med vannføringsregulatorens sannsynligheten for blokkering eller tilstopping er størst. Riktig valg og dimensjonering av vannføringsregulatorens er derfor særdeles viktig i forurensningssammenheng.

Vannføringsregulatorens bestemmer videreført vannmengde fra overløpet. Samtlige funksjonskrav som er satt for overløpet (jfr avsnitt 1.3), har direkte eller indirekte tilknytning til vannføringsregulatorens.

Under drift skal videreført vannmengde være mest mulig konstant. Videreført vannmengde bestemmes av vannføringsregulatorens hydrauliske egenskaper og vannivået oppstrøms vannføringsregulatorens (evt også av vannstanden nedstrøms). Videreført vannmengde skal være mest mulig uavhengig av vannivå oppstrøms vannføringsregulatorens og helst helt uavhengig av vannstanden nedstrøms. Dette innebærer at Q/H-kurven for regulatorens bør være bratt. Dette er spesielt viktig for overløp med kort overløpstørrelse. Virvelkammeret i figur 5.1 har en brattere Q/H-kurve enn den sirkulære utløpsdysen.

Sannsynligheten for tilstopping skal være liten. I utgangspunktet bør minste strømmingstverrsnitt for vannføringsregulatorens ikke være mindre enn minste tillatte strømmingstverrsnitt for ledningsnettet.

Driftserfaringene fra bruk av små strømmingstverrsnitt (mindre enn 150 mm) er variable (15). Noe av forklaringen til dette er forskjell i oppstrøms avløpsforhold. Gjentetting skyldes ofte korte transportavstander der f.eks. toalettpapir o.l. ikke blir tilstrekkelig "malt opp". Ved dårlig fall avsettes lett papir o.l. ved rørskjøter eller der ledningen er av dårlig kvalitet. Under nedbør spyles dette ut og kan skape gjentettingsproblemer. Enkelte kommuner vurderer derfor fallforhold ved bruk av regulatorer med strømmingstverrsnitt under 200 mm. Videre fører byggeaktivitet i avløpsfeltet normalt til øket mengde med grove gjenstander i ledningsnettet.



Figur 5.1 Q/H -kurve for virvelkammer og strupet utløp (26).

Selv om erfaringen med strømningsstverrsnitt ned til 70 mm i enkelte avløpsområder er gode, kan bruk av dyser under 150 mm og spesielt under 100 mm ofte innebære tilstoppingsproblemer. En konsekvensvurdering av eventuelle flomskader og økte forurensningsutslipp, bør gjennomføres før endelig beslutning fattes.

Sanering av slamavskillere i et avløpsområde vil øke sannsynligheten for tilstopping.

Det skal være mulig på en relativt enkel måte å endre videreført vannmengde.
Endring av videreført vannmengde kan være aktuelt av flere grunner:

- Kontrollmålinger viser at det er for stor forskjell mellom virkelig mengde og de beregninger som er lagt til grunn ved dimensjonering av regulatoren.
- Eventuell framtidig bruksendring, fortetting, tiltak (lokal overvannsdiskonering, rehabilitering) i avløpsområdet, forfall på ledningsnett, kan endre tilrenningen oppstrøms og nedstrøms overløpet.
- Forurensningsmyndighetene vil kunne endre krav til utslipp.
- Ønske om å redusere risikoen for flomskader.

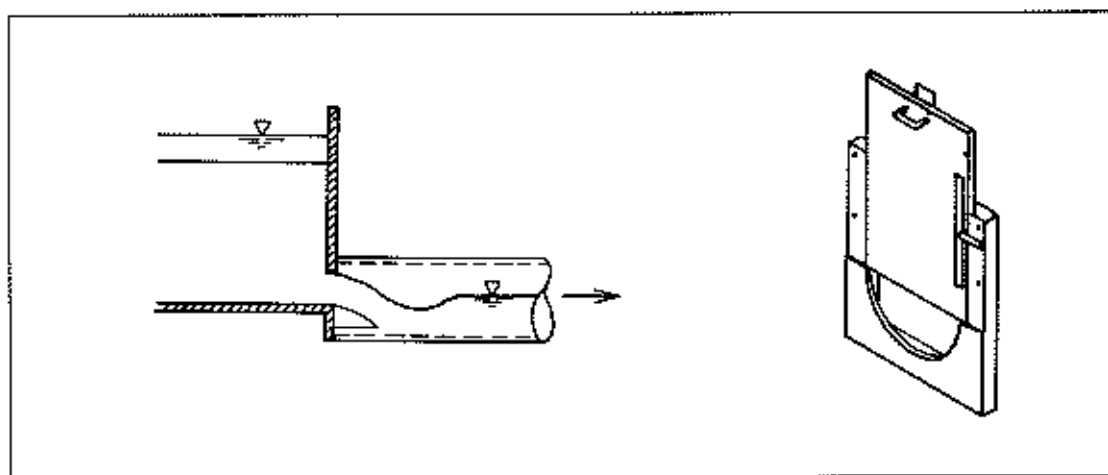
5.2 Presentasjon av ulike vannføringsregulatorer

Følgende vannføringsregulatorer er aktuelle:

- Strupet utløp; sirkulære dyser, stengeluker, ulike ventiler
- Strupeledning
- Ulike typer virvelkammer
- Pumpestasjoner
- Automatiske ventiler (små vannmengder)
- Regulatoren er innebygget i selve overløpet

Sirkulære dyser kan være utskiftbare, og stengeluker justerbare. Ventiler krever regelmessig vedlikehold dersom de ikke skal ruste fast.

Figur 5.2 viser strupet utløp og eksempel på regulerbar stengeluke.



Figur 5.2 Strupet utløp og stengeluke som vannføringsregulator.

Ved bruk av strupet utløp o l skal vannstanden i utløpsledningen nedstrøms regulatoren ikke påvirke vannstanden i overløpskammeret.

Ved å redusere dimensjonen på utløpsledningen, slik at denne står under trykk, vil videreført vannmengde reduseres. Utløpsledningen eller strupeledningen fungerer da som vannføringsregulator. Strupeledningens diameter kan altså være større enn for en utløpsdyse med samme $Q_{v,dim}$.

Følgende ulemper er knyttet til bruk av strupeledning som vannføringsregulator:

- Følsom mhp beregning av rørfriksjon (konsekvenser ved ulike ruhetsverdier bør undersøkes, lite egnet for måling av Q_v).
- Standard ledningsdimensjon må velges.
- Videreført vannmengde kan ikke økes ved en senere anledning.

Virvelkammer eller andre installasjoner som bygger på samme prinsipp, er gunstige ved små vannføringer. Stor strømningsmotstand gjør det mulig med et relativt stort strømningsstverrsnitt. Eksempelvis vil for samme videreførte vannmengde, minste strømningsareal for virvelkammeret være 3 til 4 ganger større enn for strupet utløp, kfr figur 5.1.

5.3 Dimensjonering

5.3.1 Strupet utløp

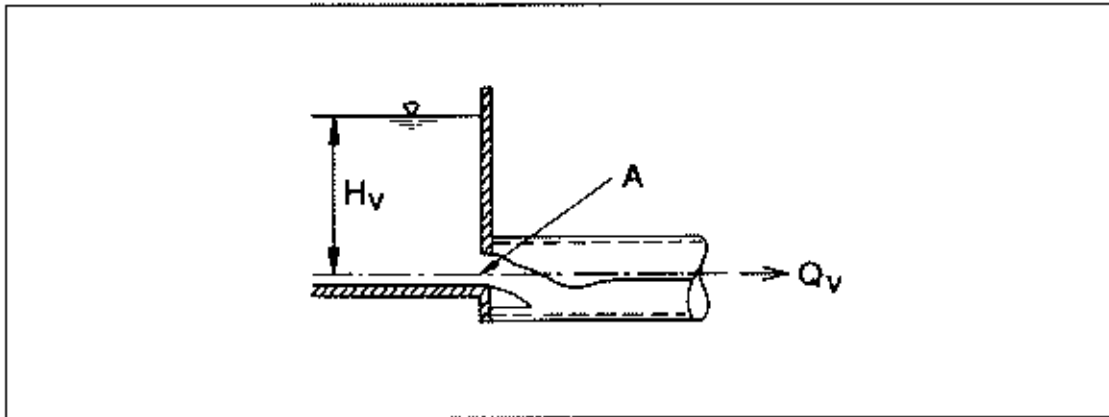
Videreført vannmengde for strupet utløp beregnes etter følgende formel (jfr. figur 5.3 :

$$Q_v = C_v \cdot A(2g \cdot H_v)^{1/2} \quad (5.1)$$

der:

- Q_v = videreført vannmengde (m^3/s)
- C_v = vannføringskoeffisient
- A = strømningsstverrsnitt (m^2)

H_v = nivåforskjell mellom senterlinje av utløpsdyse og vannivå i overløpskammeret (m).



Figur 5.3. Strupet utløp.

Typisk verdi for en skarpkantet sirkulær utløpsdyse er $C_v = 0.60$.

Fri utstrømning gjennom utløpsdysen oppnås på følgende måte:

- Beregn vannstanden i nedstrøms ledning ved normalstrømning.
- Senk nedstrøms ledning så mye at vannstanden ligger lavere enn utløpsåpningens sentrum.

5.3.2 Strupeledning

Dimensjonering av strupeledninger bygger på generelle hydrauliske prinsipper. For å være sikker på at ledningen fungerer etter hensikten, dvs at den går full, bør strupeledningen ikke være for kort. Anbefalt minimum lengde (i forhold til strupeledningens diameter D) er vist i tabell 5.1.

Tabell 5.1 Anbefalt minste lengde på strupeledning (11).

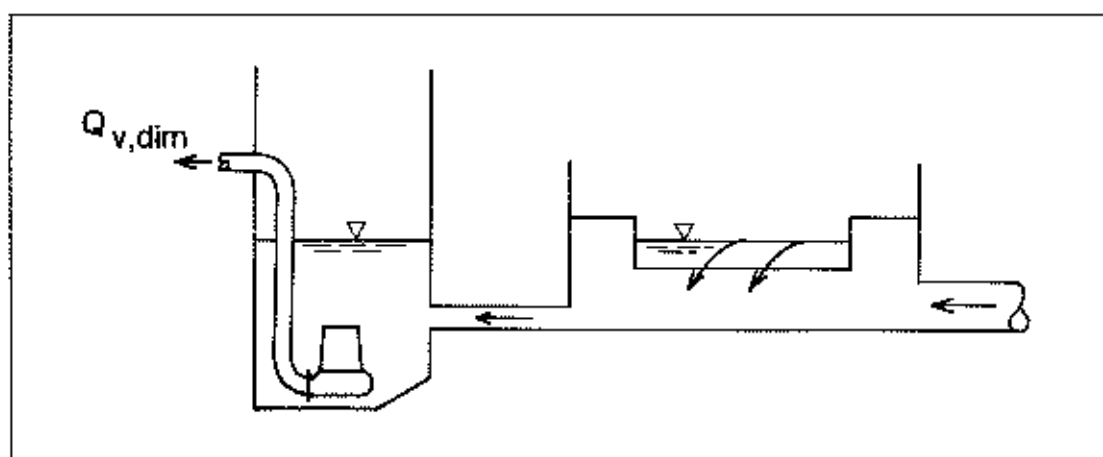
Strupeledning fall (‰)	Minimum lengde
0	10D
2	16D
4	25D
6	35D

5.3.3 Virvelkammer

Virvelkammerene prefabrikkeres. Ved dimensjonering henvises til leverandørens spesifikasjon.

5.3.4 Pumpestasjoner

Overløp i tilknytning til pumpestasjoner vil tre i funksjon når tilrenningen overstiger pumpekapasiteten (og ved driftstopp). Pumpestasjonen fungerer som vannføringsregulator og pumpestasjonens kapasitet tilsvarer $Q_{v,dim}$. Figur 5.5 viser prinsipptegning av pumpestasjon benyttet som vannføringsregulator. For små vannmengder henvises til avsnitt 5.3.5.



Figur 5.4 Pumpestasjon benyttet som vannføringsregulator.

5.3.5 Automatiske ventiler

Risiko for gjentetting gjør at man normalt ikke ønsker å ha mindre gjennomstrømningsåpning i systemet enn $D = 150\text{mm}$. Settes en nedre grense for strømnings-tverrsnitt på $D = 150\text{ mm}$, blir minste aktuelle Q_{dim} i området 10 l/s (gjelder virvelkammer). Dersom det er behov for å gå ytterligere ned i videreført vannmengde, kan dette gjøres på følgende måter:

Alternativ 1

Utløpsdysen dimensjoneres på vanlig måte. Til vannføringsregulator benyttes en ventil som normalt har en åpning tilsvarende $Q_{\text{v, dim}}$. Ventilen åpnes med jevne mellomrom, eller på signal ved høy vannstand. Når ventilen åpnes, øker strømnings-tverrsnittet, og papir o.l. som eventuelt har satt seg fast i det reduserte tverrsnittet, slippes gjennom.

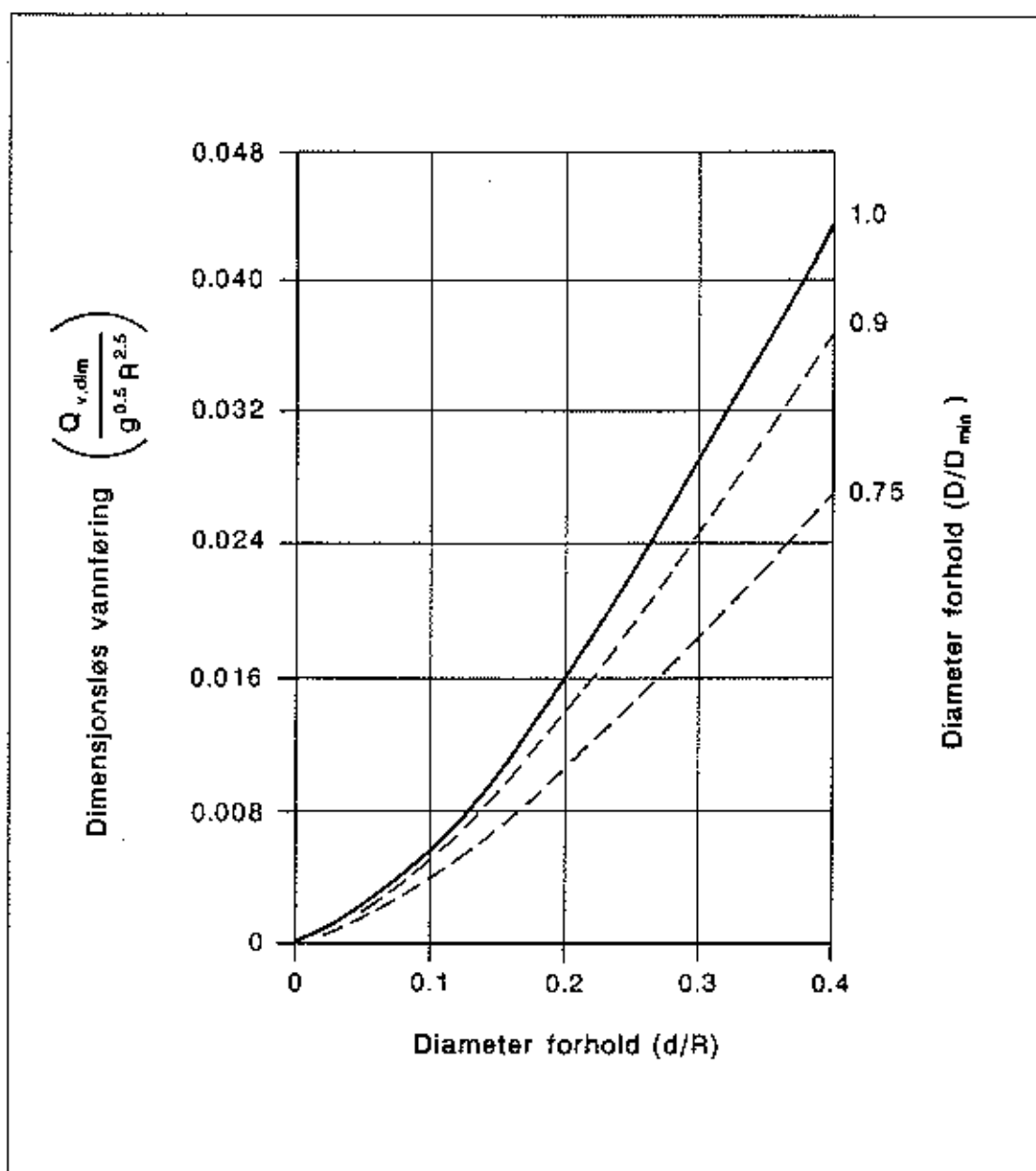
Alternativ 2

Utløpsåpningen velges slik at sannsynligheten for blokkering er akseptabel (eks DN150). Til vannføringsregulator benyttes en ventil med samme dimensjon som utløpsåpningen. Ventilen stenges/åpnes etter faste tidsintervall for å slippe ønsket vannmengde ($Q_{\text{v, dim}}$ i gjennomsnitt over tid) videre. Spylebølgene som skapes vil ha en positiv effekt ved at tørrværsavsetningene nedstrøms overløpet vil reduseres.

5.3.6 Vannføringsregulatoren er innebygget i overløpet

Dette gjelder for Filippi-overløpet og virveloverløp med åpen virvel.

For virveloverløp med åpen virvel benyttes figur 5.5 til å dimensjonere utløpsdysen. Stiplede kurver benyttes når innløpsdiameteren D som velges er mindre enn D_{min} . Teoretisk grunnlag for beregning av videreført vannmengde når tilrenningen Q er større enn $Q_{\text{v, dim}}$ er ikke kjent.



Figur 5.5 Virveloverløp med åpen virvel. Dimensjonering av utløpsdyse (11).

der:

d = diameter på utløpsdyse (m)

R = radius på virvelkammer (m)

(Se figur 4.6).

6 KONTROLL FOR OPPSTUIVING OG SELVRENSING

6.1 Kontroll for oppstuvning

For dimensjonerende, maksimal belastning (Q_{maks}) beregnes oppstuvning oppstrøms overløpsterskelen. Dersom oppstuvningen kan innebære flom i kjellere o.l., må lengden på overløpsterskelen økes, eventuelt hele overløpet dimensjoneres opp. Alternativt kan et overløp som gir en mindre oppstuvning, velges.

For beregning av vannivået over overløpsterskelen benyttes følgende formel (jfr figur 6.2):

$$Q_{o,maks} = C_o \cdot L_o (H_o)^{3/2} \quad (6.1)$$

eller

$$H_o = \left(\frac{Q_{o,maks}}{C_o \cdot L_o} \right)^{2/3} \quad (6.2)$$

der:

H_o = vannivå over overløpsterskel ved Q_{maks} (m)

$Q_{o,maks}$ = vannmengde i overløp $Q_{maks} - Q_{v,maks}$ (m^3/s)

C_o = vannføringskoeffisient for overløpet inkl skumskjerm

L_o = overløpsterskelens lengde (m)

Tabell 6.1 viser vannføringskoeffisient og terskellengde (basert på standard dimensjonering) for de ulike overløpene. Vannføringskoeffisienten vil variere noe med varierende H_o . Ved mengdemåling av overløpssvann, henvises til Vedlegg A.

Tabell 6.1 Vannføringskoeffisient og terskellengde for overløpene. Verdiene gjelder for Q_{dim} . Når tilrenningen blir vesentlig større enn Q_{dim} , kan koeffisienten bli lavere enn angitt.

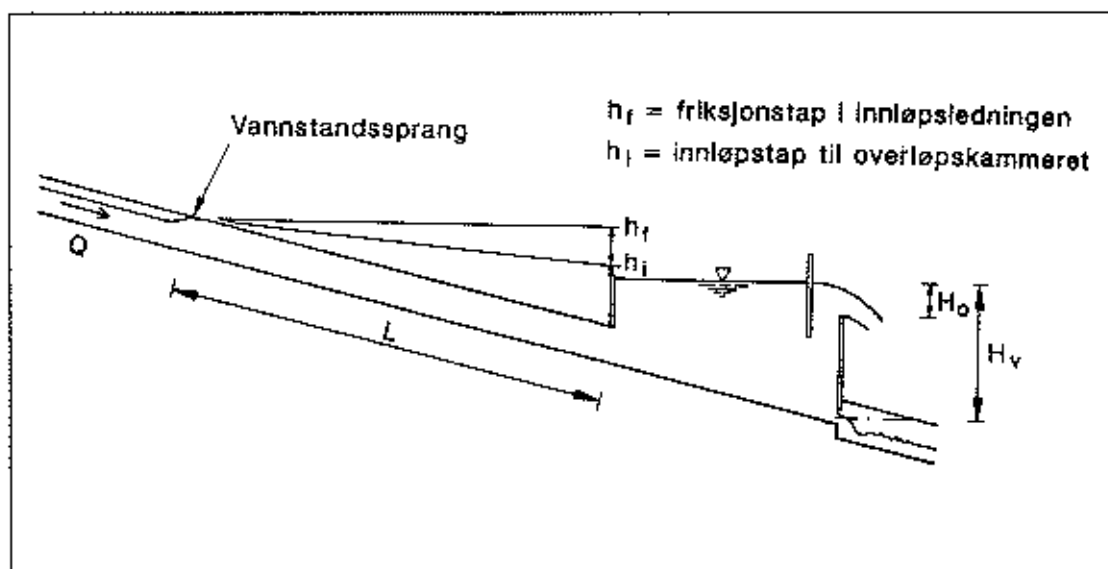
Type overløp	C_o	L_o	Anmerkninger
Høyt sideoverløp	1.5-1.7	16.0D	$H_o = (h_1 + 2h_2)/3$ jfr avsnitt 4.2.3 (16)
Tverroverløp	1.5-1.7	2.5D	
Virveloverløp med åpen virvel	1.4	3.14D	
Virveloverløp med lukket virvel	1.1	10.4D	
Sentraloverløp	1.6-1.8*	9.4D	
Filippi-overløpet			Ingen oppstuvning
Avkortet høyt sideoverløp	1.6-1.8*	16.0D	Tilsvarende høyt sideoverløp

* Overløp uten skumskjerm.

C_o er ca-verdier som kan variere avhengig av anlegget.

Oppstuvingsnivå over overløpsterskelen er vannivået i overløpskammeret over terskelen pluss friksjonstapet i tilløpsledningen. Dette er illustrert i figur 6.1.

Ved dårlig kvalitet på oppstrøms ledningsanlegg kan oppstuvning innebære stor utlekking. Risiko for eventuelle forurensningsmessige og/eller anleggstekniske konsekvenser bør vurderes.



Figur 6.1 Beregning av oppstuvning ved Q_{maks} .

Bygging av nye overløp i eksisterende avløpssystem innebærer endringer av strømningsforholdene i avløpssystemet. Når overløpet er i drift, vil det avsettes slam i oppstrøms ledningsanlegg. Ved dårlige fallforhold og dårlig ledningskvalitet kan dette føre til selvrensningsproblemer. Slamdannelser i ledningsnettet vil igjen redusere den hydrauliske kapasiteten.

Redusert kapasitet innebærer større oppstuvning i oppstrøms ledningsanlegg.

6.2 Kontroll for selvrensing

Kontroll for selvrensing bør gjennomføres både for oppstrøms- og nedstrøms ledningsanlegg. Det henvises spesielt til (19).

For avløpsområder der videreført vannmengde ($Q_{v,dim}$) er lav i forhold til midlere tørrværsavrenning (eksempelvis mye fremmedvann), kan det under lengre perioder være oppstuvning i oppstrøms ledningsanlegg. Dette kan forårsake slamavsetninger med derav følgende redusert hydraulisk kapasitet (jfr figur 6.1), og økt sannsynlighet for oppstuvingsproblemer i lavtliggende kjellere. I forbindelse med utspyling under nedbør vil også større forurensningsmengder kunne tilføres resipienten.

7 DIMENSJONERING AV UTLØPSKAMMER, UTLØPSLEDNING OG UTSLIPPSARRANGEMENT FOR OVERLØPSVANNET

7.1 Utløpskammer og utløpsledning

Utløpskammeret må dimensjoneres slik at vannivået i utløpskammeret i hovedsak ikke påvirker vannivået i overløpskammeret. Videre må utløpsledningen for overløpsvannet dimensjoneres slik at det ikke oppstår problemer med oppstuvning ved $Q_{o,max}$. For overløp som ligger lavt i forhold til resipienten, må dette forhold tillegges spesiell oppmerksomhet.

Ved høyt vannivå i resipienten, for eksempel flom i elv, springflo o.l., vil det for enkelte lavtliggende overløp være fare for at overløpstorskelen blir dykket. Der dette er aktuelt, må terskelnivå vurderes opp mot statistikk for vannivå i resipienten.

For lavtliggende overløp, vil det være aktuelt å forhindre tilbakestrømning i avløpssystemet ved høyvann i resipienten. Til dette monteres normalt en tilbakeslagsventil eller høyvannsventil, på utløpsledningen. Trykktapet for disse høyvannsventilene bør være så lavt som mulig. Det settes også store krav til driftssikkerhet.

7.2 Utslippsarrangement

Interesser knyttet til bruk av resipienten og mengde/type av forurensningsutslipp må legges til grunn ved valg av utslippspunkt for overløpsvann.

Overløpsvannet skal tilføres resipienten slik at best mulig innblanding oppnås. Utslippsledninger skal legges slik at utløpet til enhver tid er helt neddykket.

Utslippsledning fra overløp skal dersom det er praktisk mulig føres ut til hovedstrøm i resipienten eller til en dybde som gir god blanding. Utformingen av overløp og utløpsarrangement må kontrolleres i forhold til høyeste høyvann.

DEL 4:

Bygging, drift og overvåking

8 TILRETTELEGGING FOR DRIFT OG VEDLIKEHOLD

8.1 Innledning

Overløpsanlegget skal tilfredsstille arbeidsmiljølovens forskrifter om "Arbeid ved avløpsanlegg". Det må legges vekt på å forebygge eventuelle trafikk-, eksplosjons-, skli/fall- og forgiftningsulykker. Videre må forholdene legges til rette for at risikoen for smitte holdes på et absolutt minimum.

8.2 Bakkenivå

Overløpet må lokaliseres slik at tilgjengeligheten i forhold til andre aktiviteter på bakkenivå er gode både sommer og vinter.

Det bør være parkeringsplass nær overløpet. Parkeringsplassen bør være stor nok for slamsuge/spylebil og nær nok for slamsuging/spyling.

Overløpet utstyres med overbygg eller nedstigningstårn.

Overløp i tilknytning til renseanlegg anbefales av driftstekniske hensyn å plasseres inne i renseanlegget.

For overløp i tilknytning til pumpestasjoner kan det være praktisk med felles inngang.

8.3 Nedstigning

Dersom det benyttes kjegler i topp kum, bør disse være skjeve for å gjøre nedstigning enklere.

For stiger/faststøpte trinn bør trinnavstand maksimalt være 30 cm. For faststøpte trinn bør avstand fra innvendig kumvegg til senter av trinn være minimum 13 cm.

Når innvendig høyde i en kum er mere enn 4 m, må det bygges inn mellomdekk. Åpningen må være tilstrekkelig stor for å gi plass til teknisk utstyr og personell med maske for kunstig lufttilførsel. Det bør også legges til rette for å heise opp en person som har forulykket. Nedstigningsåpningen i mellomdekk skal tildekkes med gitterrist.

Materialvalg og utførelse tilpasset miljø og funksjon er viktig både av hensyn til sikkerhet og overløpets funksjon. Spesielt gjelder dette stiger, gelendere, gangbaner og overflater i direkte kontakt med avløpsvannet. Rustfritt stål eller kunststoff anbefales. For utstyr som ikke er i langvarig kontakt med avløpsvann, kan galvanisert stål brukes.

8.4 Selve overløpet

Overløpet skal ha tilstrekkelig plass for drift og vedlikehold. Der bør installeres elektrisk belysning og strømuttak for håndverktøy. Spylemuligheter med rent vann og tilstrekkelig vanntrykk er en nødvendighet ved de fleste installasjoner.

Følgende spylcopplegg vil normalt være tilstrekkelig:

- Uttak fra 32mm stikkledning
- 25 mm spyleslange
- Strålespiss
- 40 m trykk

Drikkevannsledninger skal være sikret mot innsuging av avløpsvann. Det henvises til Byggeforskrift 1987, punkt 46:34.

Det er ikke utarbeidet spesielle retningslinjer for ventilasjon av overløpsinstallasjoner. Det henvises til SFTs "Kvalitetsnormer for avløpsrenseanlegg" (20) og arbeidstilsynets brosjyre "Kloakkgasser og annen risiko i avløps- og renseanlegg" (21).

Overflater i kontakt med avløpsvannet, gis videre en mest mulig glatt overflate (eks epoxy).

For betongkonstruksjoner i kontakt med avløpsvannet, anbefales en material-sammensetning tilsvarende miljøklasse "meget aggressivt" som spesifisert i NS 3420 (23). I tillegg bør det settes krav til vanninntrenging som spesifisert i samme standard.

8.5 Ledningsnett

Bygging av overløp innebærer endringer av de hydrauliske forholdene i avløpssystemet. I avløpsområder der det forekommer at stein føres med avløpsvannet, slik at det er høy risiko for blokkering, bør det vurderes å bygge steinfang foran overløpet. Det henvises spesielt til rapporten "Stein -og sandfang for avløpsspumpestasjoner" (22).

Bygging av overløpet parallelt med ledningsanlegget har flere fordeler:

- Gir fleksibilitet i forbindelse med lokalisering av overløpet.
- Ikke problemer med avløpsvannet under anleggsfasen.
- Fordeler mhp renhold og opprensning ved eventuell blokkering.

Ved muligheter for avstengning av videreført vannmengde fra overløpet, kan det relativt enkelt tilrettelegges for registrering av tørrværsavrenningen (jfr Vedlegg A).

8.6 Oppsummering bygging/drift

Det bør spesielt tas hensyn til følgende forhold:

- God tilgjengelighet til vannføringsregulator med tanke på opprensning i forbindelse med blokkering.
- God tilgjengelighet for spyling der flytestoffer (skumskjerm, overløpsterskel m m) og slam (bassenghjørner) har lett for å avsettes.
- For å forhindre slamavsetninger og at filler og papir henger seg opp, bør skarpe kanter og hjørner unngås og overflater være glatte. Stiger, støtter o l bør ikke være i kontakt med avløpsvannet.
- Tilstrekkelig fall mot tørrværsrenna i overløpskammeret.
- Spesielt for områder der problemer med setninger kan oppstå, bør justeringsmuligheter for overløpsterskel vurderes.
- For å kunne optimalisere avskillingseffekten mhp flytestoffer, bør justeringsmuligheter for skumskjermen vurderes.
- Det bør legges tilrette for overvåking/måling av overløpsutslipp (jfr kapittel 10). Muligheten for fjernovervåking av spesielt viktige overløp bør vurderes.

8.7 Ombyggingsmuligheter for eksisterende overløp

Framgangsmåten ved dimensjonering av overløp med partikkelavskilling gir få valgmuligheter når det gjelder geometrisk utforming. Relativt små endringer kan få negative konsekvenser for avskillingsegenskapene. Ombygging av et eksisterende overløp til et overløp med partikkelavskilling innebærer normalt bygging av nytt. I den grad det bare er behov for å forbedre overløpets hydrauliske egenskaper, så er det enklere. Det kan være aktuelt med følgende forbedringer:

- Justering, eventuelt montering av ny vannføringsregulator.
- Øke terskellengden.
- Øke terskelhøyden.
- Omlegging av oppstrøms ledningsanlegg for å etablere rolige hydrauliske forhold i overløpet.

9 DRIFT OG OVERVÅKING AV OVERLØP

9.1 Drift

Drift av overløp samordnes med drift av kommunens øvrige VA-tekniske anlegg. Opplegg vil variere og bl a avhenge av kommunens størrelse.

For å holde utslipp fra overløp på et så lavt nivå som mulig må det utarbeides driftsinstruks for overløpene.

Ved driftsbesøk vil det normalt være følgende arbeidsoppgaver:

- Kontroll om vannføringsregulator er blokkert, opprensning om nødvendig.
- Rengjøring
- Kontroll o l av eventuelt overvåkingsutstyr.
- Journalføring

Driftsrapporter gir nyttig informasjon ved optimalisering av tiltak.

I forurensningssammenheng er overløp et driftspunkt på samme måten som f eks en kloakkpumpestasjon. Nødvendig besøksfrekvens vil variere fra overløp til overløp. Tilsynshyppighet styres bl a av sannsynlighet for tilstopping, resipientens følsomhet og konsekvens av utslipp. Nødvendig besøks hyppighet for det enkelte overløpet må baseres på praktisk erfaring med overløpet.

9.2 Overvåking av overløpsutslipp

Det kan være aktuelt å overvåke følgende:

- Når overløpet er i drift.
- Hvor ofte (hyppighet) overløpet er i drift.
- Hvor lenge overløpet er i drift (driftstid).
- Hvor mye vann som avlastes totalt og for hver hendelse (mengde).
- Forurensningstap

Hyppighet, driftstid og mengde registreres normalt indirekte gjennom å måle vannstanden i overløpskammeret samtidig med at tiden registreres.

Overløp overvåkes for bl a for å:

- Kartlegge avrenningsforholdene og forurensningsutslipp.
- Redusere utslipp som skyldes tilstoppinger.
- Varsle eventuelt forhindre skadelig oppstaving/oversvømmelse.
- Styring av videreført vannmengde i sann tid (jfr Vedlegg B).

Manuell overvåking kan være aktuelt, men omtales ikke her. Det skilles mellom to typer automatisk overvåking:

- **Nærovervåking.** En datalogger på stedet samler inn og lagrer måleverdiene kontinuerlig. Periodevis "tappes" eller hentes dataene på stedet.
- **Fjernovervåking.** Signalene overføres til en sentral ved kabeloverføring o l. Signalene fra sentralen kan være:
 - Alarmer; f eks høy vannstand som kan medføre skade
 - Meldinger; f eks overløpet avlaster vann
 - Måleverdier; f eks vannstanden i overløpskammeret

For avløpsområder der EDB-modeller er tatt i bruk for optimalisering av systemet, kan dette eventuelt utnyttes i overvåkingssammenheng. Dette forutsetter kalibrering av modellen ved samtidig registrering av nedbør og avløpsmengde i avløpsområdet.

Installasjon, kalibrering og drift/vedlikehold av utstyr for overvåking av overløpsutslipp, samt innsamling, bearbeiding, presentasjon og vurdering av resultatene på flere nivåer i forvaltningen, er meget ressurskrevende. Gjennomføring av et program for overvåking av overløpsutslipp bør derfor være godt begrunnet.

Krav til overvåking av overløpsutslipp vil framgå av utslippstillatelsen (4).

DEL 5:

Vedlegg A

A1 MENGDEMÅLING I OVERLØP

A1.1 Generelt

Overløp kan nyttes for mengdemåling. Dette forutsetter at det er entydig sammenheng mellom vannstanden i overløpskammeret og vannføringen.

Med unntak av Filippi-overløpet kan samtlige anbefalte overløp nyttes for mengdemåling.

Et overløps egenskaper som mengdemåler er avhengig av vannføringen. Tabell A1.1 gir en oversikt.

Tabell A1.1 Overløpets egenskaper som mengdemåler.
(Q_v er videreført vannmengde, Q_o er vannmengde i overløp.)

Tilrenning til overløpet (Q)	Hydrauliske forhold i overløpet	Kan overløpet nyttes til	
		Q_o	Q_v
Lav (tørrværstilrenning))	Ingen oppstuvning	nei	nei
Middels ($Q < Q_{v,dim}$)	Noe oppstuvning, rolige forhold	nei	ja*
Høy ($Q_{v,dim} < Q < Q_{dim}$)	Overløp i drift, noe oppstuvning, rolige forhold	ja	ja
Svært høy ($Q_{dim} < Q < Q_{max}$)	Stor oppstuvning, urolige forhold	(ja)**	ja

* Dårlig målenøyaktighet ved liten oppstuvning.

** Målenøyaktigheten avtar etterhvert som vannføringen og turbulensen øker.

Der "ja" er angitt i tabellen, vil den sannsynlige målefeilen ikke være større enn $\pm 10\% - 20\%$ av virkelig vannmengde. Det forutsetter at vannstanden kan måles med god nøyaktighet, vanligvis bedre enn ± 5 mm (16).

Vannmengden (Q_o og Q_v) måles ved å måle vanndybden i overløpskammeret.

Videreført vannmengde for strupet utløp beregnes etter følgende formel (jfr figur A1.1):

$$Q_v = C_v \cdot A(2g \cdot H_v)^{1/2} \quad (\text{A1.1})$$

For beregning av vannmengde over overløpsterskelen benyttes følgende formel (jfr. figur A1.1):

$$Q_o = C_o \cdot L_o(H_o)^{3/2} \quad (\text{A1.2})$$

der

Q_v = videreført vannmengde (m^3/s)

Q_o = vannmengde i overløp ($Q - Q_v$)(m^3/s)

C_v = vannføringskoeffisient (0.6 for skarpkantet sirkulært utløp)

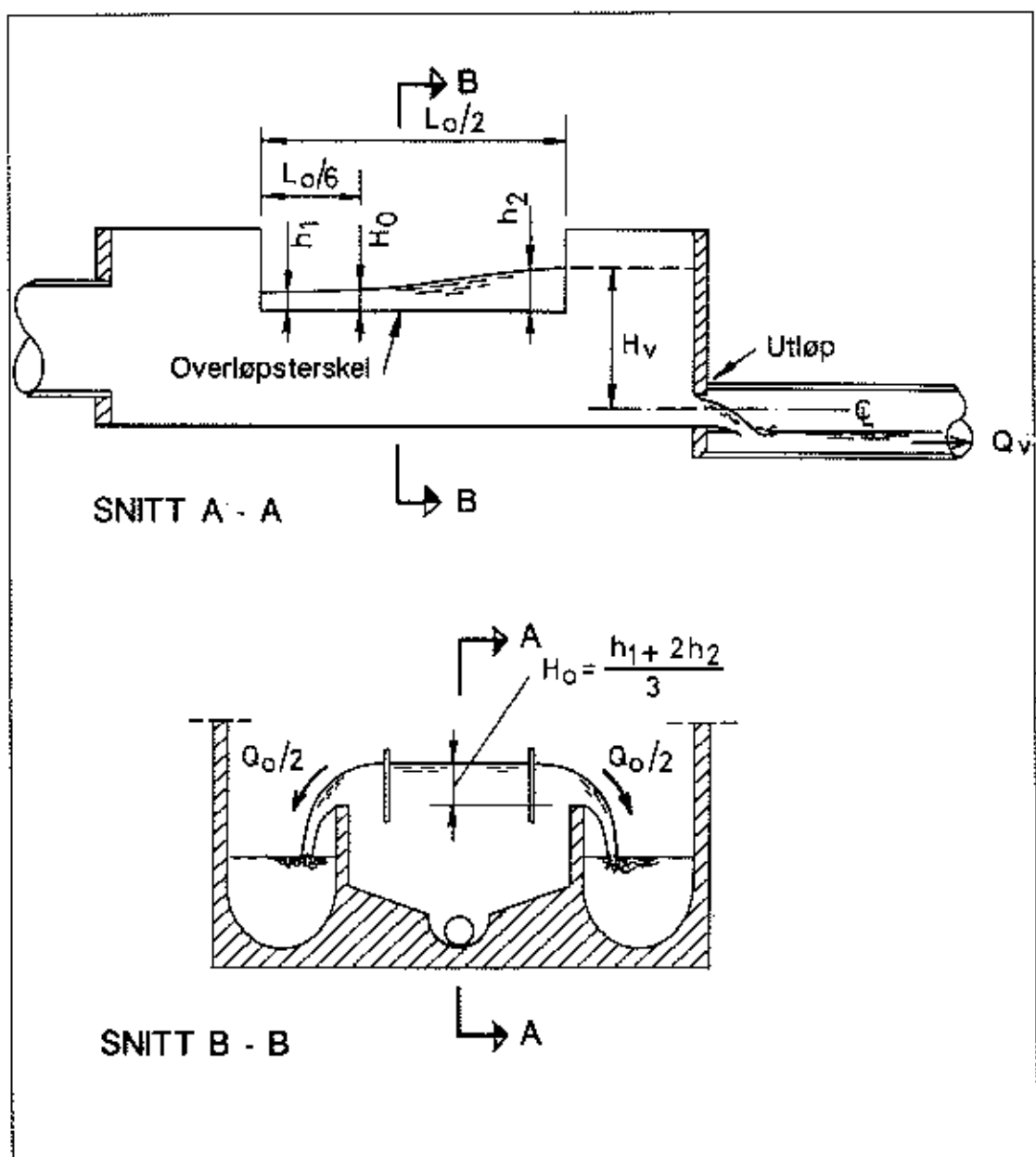
C_o = overløpskoeffisient for overløpet inkl skumskjerm (kfr tab 6.1)

A = strømningsstverrsnitt for strupet utløp (m^2)

L_o = overløpsterskelens lengde (m)

H_v = nivåforskjell mellom senterlinje av utløpsdyse og vannivå i overløpskammeret (m)

H_o = vannivå (midlere) over overløpsterskel (m)



Figur A1.1 Måling av vannføring i overløp. Definisjon av symboler.

Ligning A1.1 forutsetter fritt utløp, dvs at strømningsforholdene i ledningen nedstrøms utløpet ikke påvirker vannstanden i overløpskammeret. På tilsvarende måte forutsetter ligning A1.2 fritt overløp, dvs at strømningsforholdet nedstrøms overløpsterskelen ikke påvirker vannstanden i overløpskammeret.

Vedlegg B

B1 BEREGNING OG REDUKSJON AV FORURENSNINGSUTSLIPP

B1.1 Beregning av overløpsutslipp

Generelt

Dimensjonering av overløp og beregning av vannmengder i overløp forutsetter kjennskap til variasjon av vannføringen i ledningsnettets over tid. For å gjennomføre beregninger kreves nedbør- og snøsmeltingstatistikk, data over markoverflaters og avløpsnettets beskaffenhet, samt egnede beregningsmodeller.

Flere og flere tar nå EDB-baserte modeller i bruk. Som en hovedregel kan vi si at for beregning av overløpsutslipp er manuelle metoder bare aktuelt ved grove overslag, og når svært mye av inngangsdata fra feltet mangler. Dynamikken og samspillet mellom f.eks. seriekoblede overløp, gjør EDB-modeller nærmest uunværlige.

Nedbør og snøsmelting

Både regn og snøsmelting kan hver for seg eller i kombinasjon føre til overløpsutslipp. Når det gjelder data og dimensjoneringskriterier for avrenning under snøsmelting, har vi svært lite å holde oss til.

Datagrunnlaget for beregning av dimensjonerende grensebelastninger og volumer i overløp, er normalt fra en av de ca 45 stasjonene for måling av korttidsnedbør i Norge. De fleste av disse stasjonene er i drift bare i sommerhalvåret (ca 60% av året). Datagrunnlaget samles inn og bearbeides av Det norske meteorologiske institutt (DNMI). Standardutskrift for nedbørstatistikk er utarbeidet for hver stasjon.

Når overløpsutslipp over en periode skal beregnes, anbefales det at inngangsdata for nedbør baseres på tidsserier (historiske regn) framfor modellregn. Tidsserie-metoden gir betydelig mer nyanserte, realistiske og nøyaktige beregninger enn modellregn-teknikken (6). Utskrift fra DNMI for et "normalår" for nedbøren på

stedet, med tabeller for ulike regnvarigheter som angir frekvens og volum for ulike regnintensiteter, gir også et godt grunnlag for manuelle beregningsmetoder.

Overflateavrenning

For å beregne avrenning på markoverflaten er det utviklet en rekke metoder/modeller. Den enkleste og vanligste for praktisk bruk, er "Tid-areal metoden". Et eksempel på en mere komplisert modell er "SWMM rutinen". For korttidsnedbør anbefales det å benytte "Tid- areal metoden" for beregning av overløpsutslipp.

Metodene forutsetter at nedbøren tilføres avløpsledningen hovedsakelig gjennom gatesluk og taknedløp. For slike avløpsområder vil vannføringen normalt gå tilbake til tørrværsavrenning straks etter at det har sluttet å regne. Dagens modeller har sine klare begrensninger hvis avrenningen domineres av vann fra bekkelukkinger og innlekking pga dårlig ledningskvalitet.

For langvarig nedbør (flere døgn) gir Tid-arealmetoden for lav avrenning. Det arbeides derfor å tilpasse hydrologiske modeller av "kar-typen" til bebygde områder.

Avrenning i ledningsnett

Modellene for beregning av avrenning i ledningsnett bygger på tre forskjellige teorier:

- Kinematisk bølgeteori
- Diffusiv bølgeteori
- Dynamisk bølgeteori

Dynamisk bølgeteori gir de nøyaktigste beregningsresultatene. Den egner seg særlig godt for nøyaktig beregning av oppstuvning fra overløp i ledninger med lite fall. Dynamisk bølgeteori er svært tidkrevende og kan i praksis være lite egnet til bruk ved tidsserieberegninger.

Det er liten forskjell mellom de tre teoriene når ledningen går delvis fylt og ledningsfallet er større enn anslagsvis 2 - 5 ‰. Det kan imidlertid bli en vesentlig forskjell i beregningsresultatene ved lange ledninger med lite fall og oppstuvning fra overløp. Stor forskjell kan det bli når en eller flere ledningsstrekninger går fulle (7).

Kvalitetssikring

Det er knyttet stor usikkerhet til beregning av overløpsutslipp. Feilvurdering av parametre som avrenningskoeffisient, deltakende flater, tilrenningstid, ledningskvalitet og fremmedvann, kan ha store utslag på resultatet. Kalibrering av EDB-modellen ved registrering av nedbør og avrenning på flere steder i systemet samtidig under flere regnepisoder, bør vurderes.

Optimale løsninger forutsetter god kvalitet på inngangsdata som grunnlag ved dimensjonering. Det bør for eks. vurderes å montere lokale nedbørmålere, før statistikk over flomnivået i resipienten der tilbakestuvning i overløpet kan være et problem o l.

Det henvises spesielt til rapporten "Avløpsnettregninger med EDB" (8).

B1.2 Beregning av forurensninger i overløp

Beregning av forurensninger i overløp forutsetter kjennskap til variasjon i vannføring og forurensningskonsentrasjon over tid.

Overløpsvann består av bidrag fra husholdningen, avløpsvann fra næringsvirksomhet o l, overvann, infiltrasjonsvann og utspylte tørrværsavsetninger. Bl a følgende forurensningskomponenter inngår:

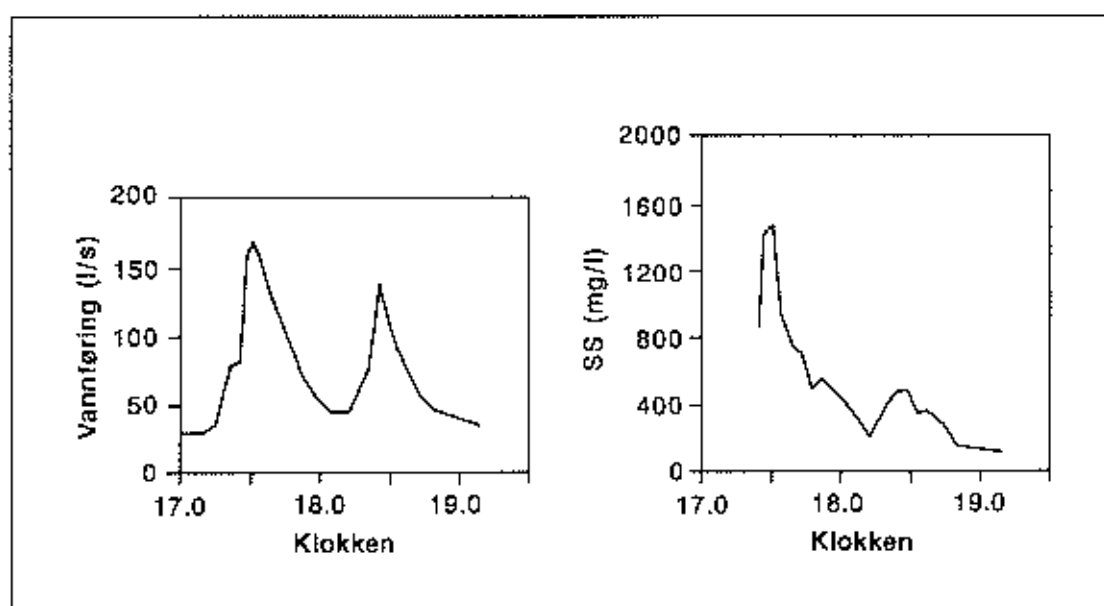
- Partikulært stoff og flytestoffer som enkelt lar seg separere ved hjelp av gravitasjon.
- Organiske stoffer og næringssalter som er typiske for kommunalt avløpsvann.
- Sykdomsfremkallende mikro-organismer.
- Miljøgifter som tungmetaller (bly, kadmium og kvikksølv), PCB og PAH.

Tørrværsavrenningen lar seg kartlegge gjennom mengdemåling og uttak av prøver under tørrvær for analyse. For overslag kan spillvannsbidraget beregnes ved å benytte spesifikke tall for boliger. Forurensningstilførsler fra næringsvirksomhet o l kommer i tillegg, og tap i forbindelse med utlekking i fradrag. Tapsanslag er som regel forbundet med stor usikkerhet.

Under tørrværsforhold avsettes noe av avløpsvannets tyngre partikler i ledningssystemet. Dette spyles ut når vannføringen øker under nedbør. Tilsvarende skjer med

akkumulerte forurensninger fra gater, plasser o.l. Mange forhold påvirker forurensningsbidraget fra ledningsnett og overflater; klimatiske forhold, utnyttelsesgrad, ledningsnettets kvalitet, fallforhold m.m. Det er i dag ikke utviklet pålitelige modeller som tar hensyn til nevnte forhold ved beregning av forurensningstransporten ut fra det enkelte avløpsområde under regn/snøsmelting.

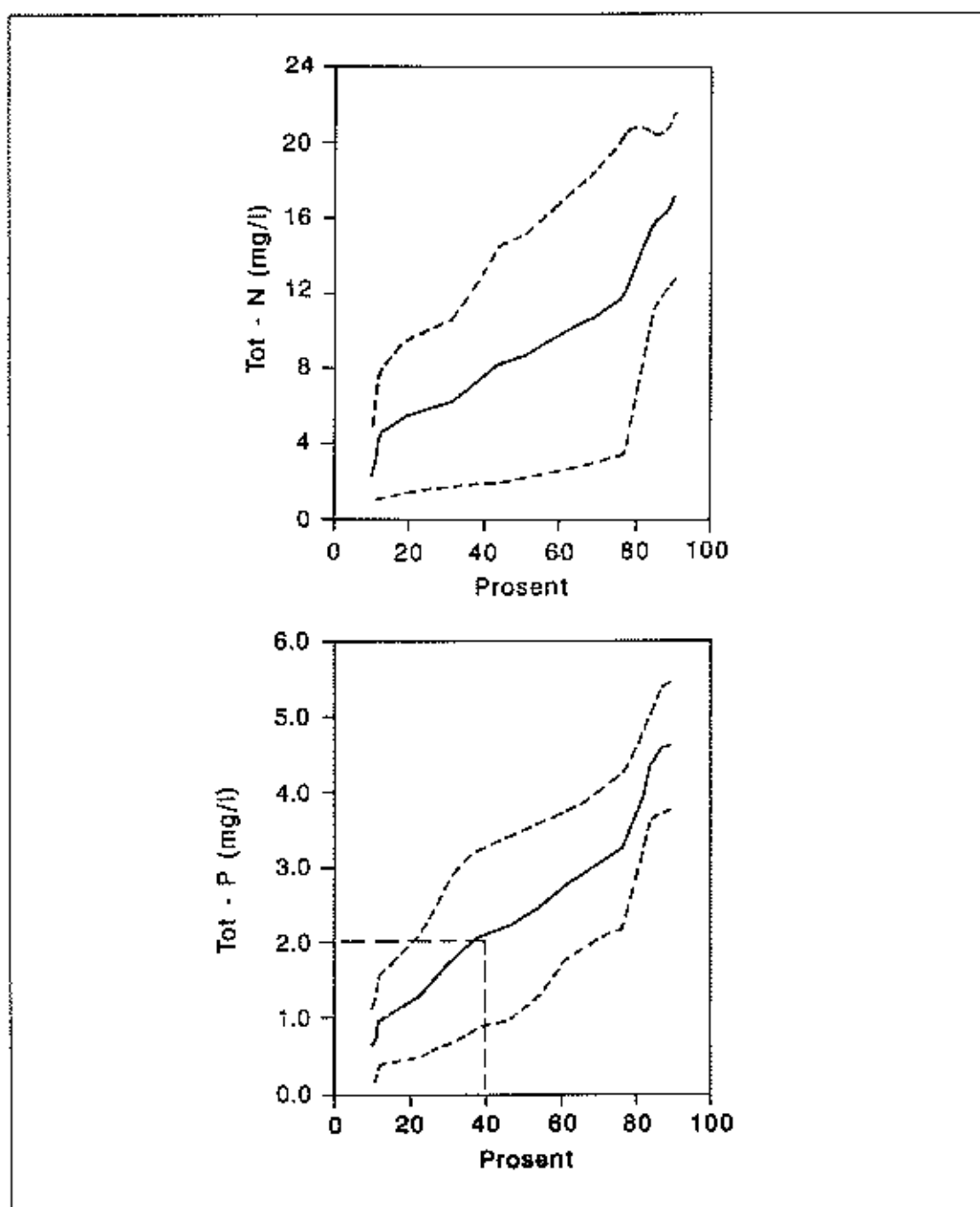
Utspylt materiale fra ledningsnett og markoverflater innebærer normalt en konsentrasjonsøkning av suspendert stoff i begynnelsen av regneepisoden. Dette fenomenet kaller vi gjerne "første utspyling". Etter første utspyling faller konsentrasjonsnivået normalt til under konsentrasjonsnivået ved tørrvær (fortynnet spillvann). Typisk avrenningsforløp for et avløpsområde under 100 ha, er vist i figur B1.1.



Figur B1.1 Første utspyling fra ledningsnett og markoverflater (9).

Undersøkelser viser (24) at flytestoffer i større grad enn tyngre partikler føres med flomfronten, dvs før for eks suspendert stoff i figur B1.1. Flytestoffer er et spesielt problem ved at de er lett synlige i resipienten ved overløputslipp.

Figur B1.2 er basert på målinger av tilsammen 125 regnepisoder i 6 avløpsområder bygget etter fellessystemet. Figuren viser frekvensfordeling av middelkonsentrasjonen (Tot-P og Tot-N) for regnepisoden. Standardavviket for de registrerte middelkonsentrasjonene er inkludert i figuren.



Figur B1.2 Frekvensfordeling av middelkonsentrasjonen av TotP og TotN i overløpsvann, basert på målinger i 6 forskjellige avløpsfelter:
Eks: For ca 40% av regnepisodene var middelkonsentrasjonen for episoden lavere enn 2.0 mg P/l.

Tabell B1.1 er basert på undersøkelsen presentert i figur B1.2 og tilsvarende undersøkelser av tilsammen 55 regnepisoder i 5 avløpsområder bygget etter separat-systemet. Det understrekes at det er store variasjoner fra avløpsområde til avløpsområde.

Tabell B1.1 Anbefalte middelkonsentrasjoner (9).

Vanntype	Middelverdi for regnepisoden (mg/l)			
	SS	Tot-P	Tot-N	KOF
Overvann	275	0.5	1.9	80
Overvann og tørrværsavsetninger	300	1.6	4.4	215
Overløpsvann	250	2.3	8.8	225

Normalt må beregning av forurensninger i overløp baseres på middelverdier som presentert i tabell B1.1. Forurensningstransporten fra et avløpsområde varierer fra regnepisode til regnepisode etter et tilfeldig (stokastisk) mønster. Kartlegging av middelkonsentrasjoner for det enkelte området krever omfattende undersøkelser.

For beregning av forurensninger i overløp henvises spesielt til rapporten "Forurensninger i overløp" (9) og rapporten "Overløpsforurensninger - teoretiske beregninger" (10).

B1.3 Reduksjon av forurensningsutslipp fra overløp

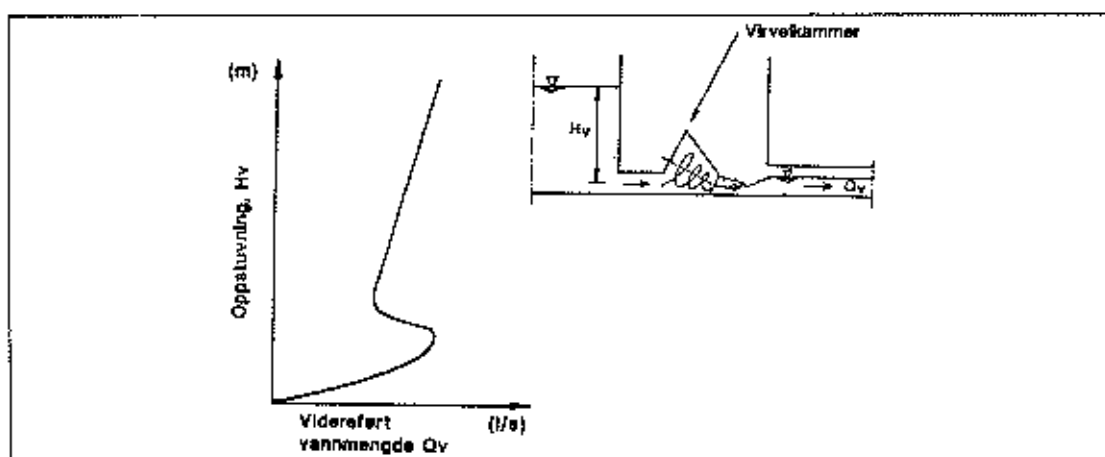
Tiltak for å redusere forurensningsutslipp fra overløp kan deles opp i:

- Optimalisering av videreført vannmengde fra overløpene.
- Utjevning i ledningssystemet eller i bassenger.
- Styling i sann tid.
- Øke kapasiteten til avskjærende ledninger og rensanlegg både gjennom anleggstekniske- og driftstekniske tiltak.

- Redusere den hydrauliske belastningen gjennom lokal overvannsdiskonering, åpne bekkelukkinger, redusere innlekking, eventuelt omlegging til separat-system.
- Kunstig spyling av tørrværsavsetninger i ledningssystemet og på overflater inklusive feiling av gater.
- Rensing av overløpsvann.

Første skritt for å redusere overløpsutslipp, vil være å utbedre overløpene for å redusere sannsynligheten for tilstopping. Ombygging av vannføringsregulatoren vil ofte være et nødvendig tiltak i denne sammenheng. Samtidig vil det være naturlig å undersøke om videreført vannmengde kan økes. Normalt bør videreført vannmengde justeres opp dersom det kan aksepteres en høyere risiko for flom i nedstrøms avløpsanlegg.

Stor forurensningstransport i begynnelsen av en regnepisode (første utspyling) og relativt mye flytestoffer som føres med flomfronten, gjør det spesielt viktig at videreført vannmengde er størst mulig i begynnelsen av regneepisoden. Et virvelkammer med S-formet Q/H-karakteristikk (jfr figur B1.3) gir spesielle fordeler i denne sammenheng. I begynnelsen av en regnepisode, dvs liten oppstuvning i overløpet, gir virvelkammeret liten strømningsmotstand og relativt høy videreført vannføring. Etterhvert som virvelen etableres i kammeret, øker strømningsmotstanden, og kapasiteten synker. Videreført vannmengde stiger igjen etterhvert som tilrenningen øker.



Figur B1.3 Virvelkammer med S-formet Q/H-forhold gir spesielle forurensningsmessige fordeler.

Utjevning i ledningsnett er ofte mest aktuelt for flate områder og store ledningsdimensjoner. Akkumulering av slam under tørrværsforhold kan innebære bl a store driftstekniske problemer i overføringssystemer med lite fall. Bygging av utjevningssassenger kan ofte være et godt alternativ. Forutsetningen er at bassengene er selvrensende, eventuelt utstyrt med enkelt utstyr for rengjøring.

Utjevning i ledningsnett eller i utjevningssmagasin kan gjøres ved kontinuerlig styring; oppstuvingen reguleres og endres over tid (styring i sann tid), eller ved at oppstuvingen reguleres av en fast innstilt vannføringsregulator. Et avløpssystem er styrt/regulert i sann tid dersom:

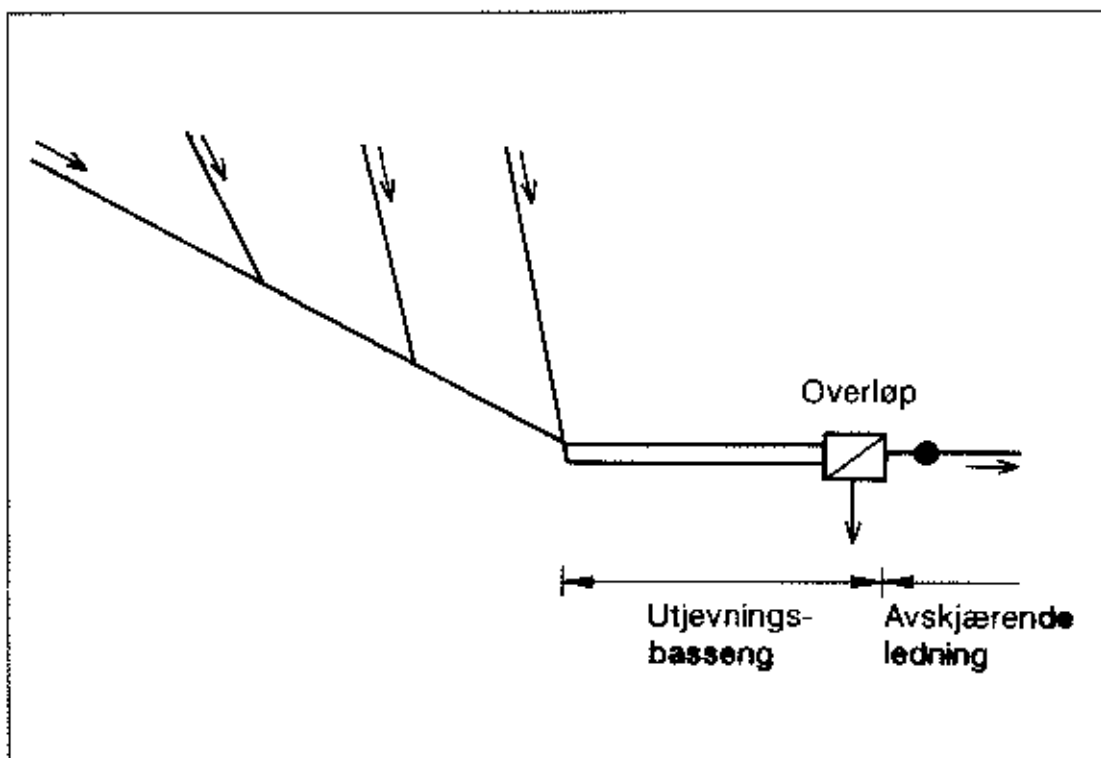
- Vannføringen og volumet i deler av avløpsnett måles kontinuerlig på gitte steder i avløpsnett.
- Denne informasjonen brukes kontinuerlig for å styre vannføringen i gitte punkter med det mål å oppnå bedre utnyttelse av avløpssystemet.

I avløpssystem lagt etter fellessystemet kan styring av vannføringen i sann tid gi følgende nytte:

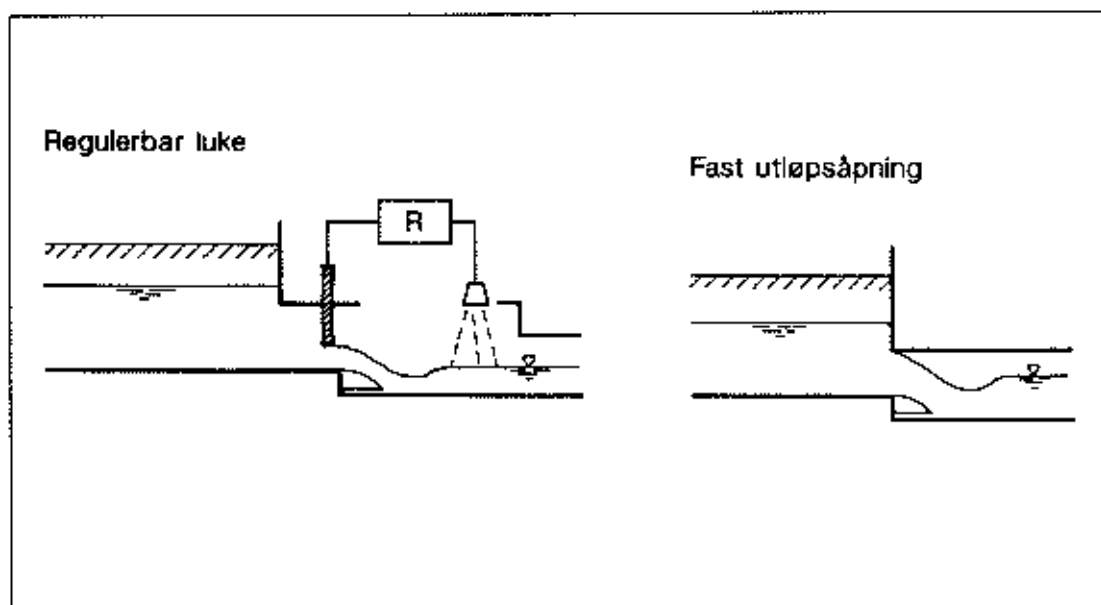
- Minsket utslipp fra overløp.
- Jevnere tilrenning til renseanlegget.
- Noe minsket fare for oversvømmelse.

Minsket overløputslipp er illustrert i følgende eksempel. Figur B1.4 viser et avløpssystem med et overløp. Like oppstrøms overløpet er det et fordrøyningsbasseng. Dette bassenget kan f eks være en rørledning med stor diameter og lite fall.

Figur B1.5 viser to måter å styre videreført vannmengde på; strupet utløp, og automatisk regulerbar luke. Luken reguleres av signaler fra vannføringsmåleren på nedstrøms side av luken.



Figur B1.4 Avløpsnett med overløp og fordrøyningsbasseng.

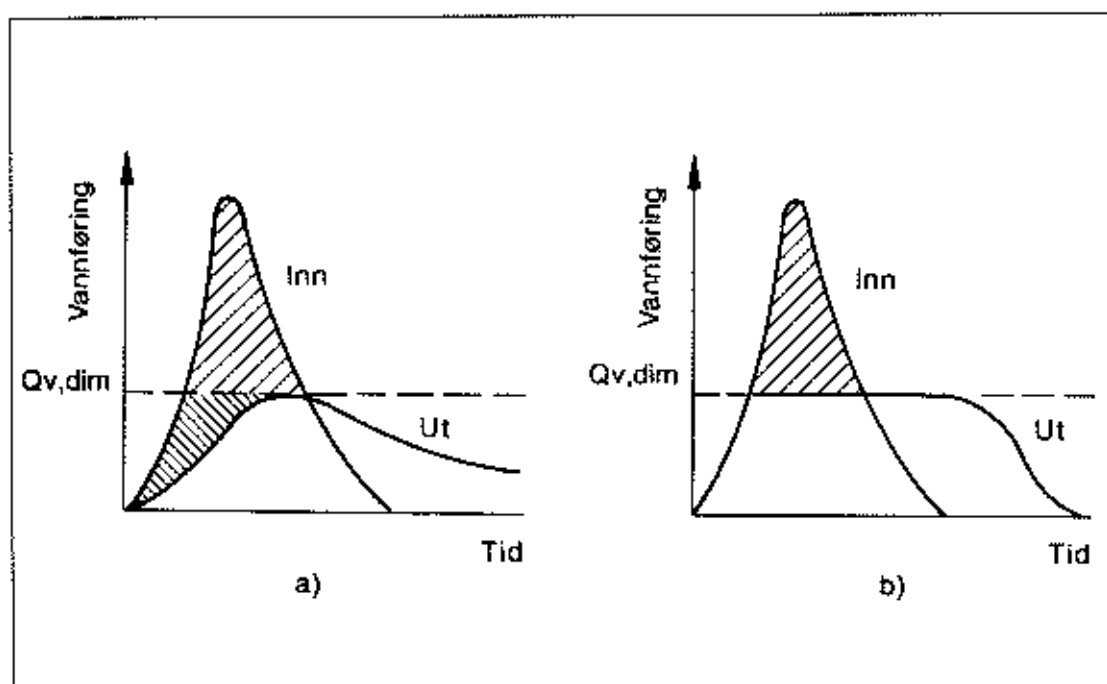


Figur B1.5 Strupet utløp (fast åpning) og automatisk regulerbar luke som vannføringsregulator.

Typisk forløp av videreført vannmengde for de to regulatorene, er vist i figur B1.6. Den regulerbare luken i figur B1.5 styres slik at videreført vannføring:

- aldri overstiger $Q_{v,dim}$
- er så høy som mulig

Når tilrenningen øker, er luken helt åpen inntil tilrenningen har nådd opp i $Q_{v,dim}$. Dette betyr at en større del av den første del av tilrenningen føres direkte til den avskjærende ledningen. Nødvendig utjevningsvolum blir derfor mindre ved styring etter sann tid. Dette er illustrert i figur B1.6. For styring i sann tid henvises til (30).



Figur B1.6 Tilrenning til fordrøyningsmagasin/overløp og videreført vannføring.

I a) er videreført vannføring styrt av en strupet utløpsåpning. Først når fordrøyningsmagasinet er helt fullt, har videreført vannføring nådd sin dimensjonerende verdi $Q_{v,dim}$.

I b) styres videreført vannføring av en regulerbar ventil/luke. Ventilen står helt åpen inntil tilrenningen har nådd opp i $Q_{v,dim}$. Da begynner ventilen å lukke slik at videreført vannføring aldri overstiger $Q_{v,dim}$. Først når ventilen begynner å lukke, begynner vannet å stuve seg opp i bassenget.

Dette innebærer at ved samme bassengstørrelse føres mer avløpsvann til avskjærende ledning i b) enn i a). Denne ekstra tilførselen skjer i begynnelsen av

avrenningen, dvs når avløpsvannet er mest forurenset.

God oversikt over massetransporter i overløp og forurensningssituasjonen generelt, er nødvendig for å gjøre realistiske kost/nytte vurderinger. Gjennomføring av ressurskrevende tiltak som f.eks. styring i sann tid, bygging av utjevningsmagasin, rensning av overløpsvann o.l. krever derfor et plangrunnlag av høy kvalitet. Ofte vil planarbeidet inkludere omfattende feltundersøkelser.

VEDLEGG C

C1 EKSEMPELSAMLING

C1.1 Eksempel 1

Avløpsplanen/utslippstillatelsen gir følgende rammebetingelser for bygging av et overløp for et område bygd etter fellessystemet:

- Overløp med stor grad av partikkelavskilling.
- Antall pe = 400. Spesifikt forbruk 150 l/pe·d. $Q_s = 0,7$ l/s.
- Nedbørfelt 30 ha.
- Innlekking fra vannledningsnettet Q_i 0,5 l/s.
- Dimensjonerende videreført vannmengde $Q_{v,dim} = 3.3$ l/s
- Dimensjonerende flom for overløpet mhp partikkelavskilling; ett-års flommen. Dette tilsvarer en $Q_{dim} = 180$ l/s.
- Dimensjonerende flom mhp hydraulisk kapasitet; 10-års flommen. Dette tilsvarer en $Q_{max} = 270$ l/s.
- Målinger under tørrvær viser en disponibel vannføring for selvrensing på 1.6 l/s.

Overløp og pumpestasjon skal bygges for å sanere utslipp fra en eksisterende betongledning med $D = 530$ mm. Ledningen har et fall på 10.0 promille. Det kan aksepteres en oppstuvning ved flom tilsvarende et nivå 1.50 m over avløpsledningens bunn ved innløp til overløpet. Større oppstuvning innebærer oversvømmelse i nærmeste kjeller.

Til pumpestasjonen er det i tillegg ført fram en spillvannsledning (separatsystemet) fra et boligområde. Dimensjonerende spillvannsmengde fra dette boligområdet er 1.0 l/s. Det er en forutsetning at alt spillvannet til enhver tid pumpes videre i systemet. For å unngå problemer med tilstopping og selvrensing i pumpesystemet og etterfølgende gravitasjonsledning, velges en pumpekapasitet (min kapasitet) på 5.0 l/s.

Valg av overløpstype

Virveloverløp med åpen virvel er ikke aktuelt pga den lave videreførte vannføringen (jfr figur 5.5). Høyt sideoverløp kommer pga sin lengde under anleggsfasen i konflikt med kryssende vei oppstrøms anleggsstedet. Både tverroverløp og virveloverløp med lukket virvel er aktuelle overløpstyper. Byggherren ønsker at begge de to alternativene skal dimensjoneres for senere anbudsinnbydelse.

Hydraulisk dimensjonering

Tverroverløpet

Likning 4.2 gir:

$$D_{\min} = 0.815 \cdot Q_{\text{ditt}}^{0.4} = 0.815 \cdot 0.18^{0.4} = 0.41 \text{ m}$$

Eksisterende avløpsledning kan benyttes; $D = 530 \text{ mm}$

Overløpet dimensjoneres etter figur 4.5:

Overløpets lengde;	$7D_{\min} = 7 \cdot 0.41 = 2.90 \text{ m}$
Overløpets bredde;	$2.5D_{\min} = 2.5 \cdot 0.41 = 1.05 \text{ m}$
Avstand terskel-skumskjerm;	$D_{\min}/2 = 0.41/2 = 0.20 \text{ m}$
Nivåforskjell terskel-innløp;	$1.2D = 1.2 \cdot 0.53 = 0.64 \text{ m}$
Nivåforskjell skumskjerm-innløp;	$0.8 \cdot 0.53 = 0.42 \text{ m}$

Virveloverløp med lukket virvel

Likning 4.2 gir:

$$D_{\min} = 1.0 \cdot Q_{\text{ditt}}^{0.4} = 0.18^{0.4} = 0.504 \text{ m}$$

Eksisterende avløpsledning kan benyttes; $D = 530 \text{ mm}$

Overløpet dimensjoneres etter figur 4.7:

Kammerdiameter;	$D_k = 6D_{\min} = 6 \cdot 0.504 = 3.02 \text{ m}$
Terskelhøyde (nivåforskjell terskel - bunns kammer ved innløp);	$1.5D = 1.5 \cdot 0.53 = 0.80 \text{ m}$
Overløpsterskelens diameter;	$10/3 \cdot D_{\min} = 10/3 \cdot 0.504 = 1.68 \text{ m}$
Skumskjermens diameter;	$4D_{\min} = 4 \cdot 0.504 = 2.02 \text{ m}$

Overløpsterskelens høyde;	$h_1 = 1/2 \cdot D_{\min} = 1/2 \cdot 0,504 = 0,25 \text{ m}$
Skumskjermens høyde;	$h_2 = 1/3 \cdot D_{\min} = 1/3 \cdot 0,504 = 0,17 \text{ m}$
Nivåforskjell topp terskel- skumskjerm bunn;	$h_3 = 1/50 D_k = 0,06 = 1/9 \cdot D_{\min}$ $= 1/9 \cdot 0,504 = 0,06 \text{ m}$

Rettstrekning/dimensjonsendring oppstrøms overløpet (jfr tabell 4.1) skal være større enn $25D$: $25 \cdot 0,53 = 13,3 \text{ m}$ OK!

Et virvelkammer med et minste strømningsstverrsnitt på 100 mm gir en videreført vannmengde på ca 5 l/s. Kommunen ønsker ikke et mindre strømningsstverrsnitt enn 100 mm pga blokkeringsrisikoen. Som vannføringsregulator monteres en automatisk styrt skyvespjeld ventil (DN 100). Beregninger med etterfølgende kontrollmålinger gir følgende syklus for ventilen; ventil åpen 120 sek, ventil stengt 150 sek. Dette gir en gjennomsnittlig videreført vannmengde på ca 3.3 l/s.

Kontroll av hydrauliske forhold

Tverroverløpet

Likning 6.2 gir:

$$H_o = (Q_{n,\max}/C_o L_o)^{2/3} = (0,268/1,7 \cdot 1,05)^{2/3} = 0,28 \text{ m}$$

Vannspeilnivå ved innløp: $0,64 + 0,28 = 0,92 \text{ m}$ (over bunnivå)

Ledningens kapasitet (fra hydrauliske tabeller og $k = 1 \text{ mm}$): 470 l/s OK!

Tap av hastighetshøyde ved innløp til overløpet:

$$h_i = \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} = \frac{1,22^2 - 0,28^2}{2g} = 0,07 \text{ m}$$

Ved $Q_{\max} = 270 \text{ l/s}$ vil friksjonstapet i den delen av ledningen som går full oppstrøms overløpet være 3,4 ‰.

Ledningen går full i en lengde L (kfr figur 6.1):

$$0.92 + 0.07 + 0.0034 \cdot L = 0.53 + 0.01 \cdot L \Rightarrow L = 70 \text{ m}$$

$$\text{Oppstuvingsnivå oppstrøms overløpet} = 0.53 + 0.01 \cdot 70 = 1.23 \text{ m}$$

Beregningen viser at ved $Q_{\max}$ vil oppstuvningen i avløpsledningen ikke nå opp til nærmeste kjeller.

Vannstandssprang skal ikke opptre nærmere overløpet enn:

$$25D; 25 \cdot 0.53 = 13.25 \text{ m OK!}$$

Beregninger viser at for en dimensjonerende skjærkraft på 1.5 N/m^2 , kan det oppstå selvrengningsproblemer i oppstrøms ledningsanlegg. Det har ikke vært problemer med selvrenging i systemet tidligere. Oppstuvning med derav følgende avsetninger i ledningssystemet når overløpet er i drift, kan innebære at man nå vil få selvrengningsproblemer. Det kan bli aktuelt å bygge automatisk spylekum oppstrøms overløpet.

C1.2 Eksempel 2

For et område bygd etter fellessystemet gir avløpsplanen/utslippstillatelsen følgende rammebetingelser ved bygging av et overløp:

- Antall pe = 3500. Spesifikt forbruk 200 l/pe d.
- Overløp med partikkelavskilling
- Nedbørfelt 60 ha.
- Innlekking 2 l/s.
- Dimensjonerende videreført vannmengde $Q_{v,dim} = 40.0 \text{ l/s}$
- Dimensjonerende flom for overløpet mhp partikkelavskilling; 1-års flommen. Dette tilsvarer en $Q_{dim} = 450 \text{ l/s.}$
- Dimensjonerende flom mhp hydraulisk kapasitet; 5-års flommen. Dette tilsvarer en $Q_{max} = 700 \text{ l/s.}$

Overløpet skal bygges på en ledning med $D = 600$ mm. Ledningen har et fall på 25.0 promille. Videreført vannmengde fra overløpet skal inn på en avskjærende ledning. Avskjærende ledning ligger i et nivå ca 1.0 m lavere enn nivået til ledningen som skal avskjæres. Overløpsvannet skal tilføres en resipient med relativt høyt vannspeil under flom. Det kan aksepteres en oppstuvning ved flom tilsvarende et nivå 2.0 m over bunn ledning ved overløpets innløp.

Valg av overløpstype

Det er svært dårlige grunnforhold der overløpet skal bygges. Anleggstekniske forhold gjør at inngrep i ledningsanleggets lengderetning bør holdes på et minimum. Kommunen velger derfor å bygge et virveloverløp. Pga høyt vannspeil-nivå i resipienten, velges et virveloverløp med åpen virvel.

Hydraulisk dimensjonering

Likning 4.2 gir:

$$D_{\min} = 0.815 \cdot Q_{\text{dim}}^{0.4} = 0.815 \cdot 0.45^{0.4} = 0.6 \text{ m}$$

Rettstrekning/dimensjonsendring oppstrøms overløpet (jfr tabell 4.1) skal være større enn $25D$: $25 \cdot 0.6 = 15\text{m}$ OK!

Overløpet dimensjoneres etter figur 4.6:

Kammerdiameter;	$2R = 4D_{\min} = 4 \cdot 0.6 = 2.4 \text{ m}$
Terskelens lengde;	$L_o = 3.14D_{\min} = 3.14 \cdot 0.6 = 1.88 \text{ m}$
Avstand skumskjerm - overløpsterskel;	$0.5D = 0.5 \cdot 0.6 = 0.3 \text{ m}$
Avstand skumskjerm - innløpsvegg;	$0.9D = 0.9 \cdot 0.6 = 0.54 \text{ m}$
Bredde innløpskanal;	$1.15D = 1.15 \cdot 0.6 = 0.69 \text{ m}$
Nivåforskjell terskel - utløpsdyse;	$1.8D = 1.8 \cdot 0.6 = 1.08 \text{ m}$
Nivåforskjell terskel - skumskjerm;	$0.36D = 0.36 \cdot 0.6 = 0.22 \text{ m}$

Utløpsdyse (vannføringsregulator) beregnes etter figur 5.5;

$$Q_{v,\text{dim}}/g^{0.5} \cdot R^{2.5} = 0.040/(9.81^{0.5} \cdot 1.2^{2.5}) = 0.008$$

$$D/D_{\min} = 1.0$$

$$d/R = 0.125, \text{ eller } d = 0.125 \cdot 1.2 = 0.15 \text{ m}$$

Kontroll av hydrauliske forhold

Ledningens kapasitet (fra hydrauliske tabeller og $k = 1 \text{ mm}$): 1025 l/s OK!

Likning 6.2 gir;

$$H_o = (0.660/1.4 \cdot 1.88)^{2/3} = 0.40 \text{ m}$$

som tilsvarer "vannivået" over avløpsledningens topp ved innløp.

Tap av hastighets høyde ved innløp til overløpet:

$$h_i = \frac{V_1^2}{2g} - \frac{V_2^2}{2g} = \frac{2.5^2 - 1.0^2}{2g} = 0.27 \text{ m}$$

Ved $Q_{\max} = 700 \text{ l/s}$ vil friksjonstapet i den delen av ledningen som går full oppstrøms overløpet være 11.7 %. Ledningen går full i en lengde L (kfr figur 6.1):

$$0.6 + 0.40 + 0.27 + 0.0117 \cdot L = 0.6 + 0.025 \cdot L \Rightarrow L = 50 \text{ m}$$

Oppstuvingsnivå oppstrøms overløpet $= 0.6 + 0.025 \cdot 50 = 1.85 \text{ m}$.

Beregningen viser at ved $Q_{\max}$ vil oppstuvningen i avløpsledningen ikke nå opp til nærmeste kjeller.

Vannstandsspranget skal ikke opptre nærmere overløpet enn $25D$; $25 \cdot 0.6 = 15 \text{ m}$ OK!

Dersom det skulle være behov for å endre videreført vannmengde, endres utløpsdysens diameter. NB! utløpsdysen bør være utskiftbar/regulerbar.

Relativ høy vannføring under tørrvær og godt fall, gjør at ledningen ikke vil få problemer med selvrensing.

C1.3 Eksempel 3

Avløpsplanen/utslippstillatelsen gir følgende rammebetingelser for bygging av et overløp for et område bygd etter fellessystemet:

- Overløp med partikkelavskilling
- Antall pe = 11000. Spesifikt forbruk 200 l/pe·d
- Areal nedbørfelt = 100 ha
- Innlekking = 5 l/s
- Dimensjonerende videreført vannmengde $Q_{v,dim} = 130$ l/s
- Dimensjonerende flom for overløpet mhp partikkelavskilling; 1-års flommen. Dette tilsvarer en $Q_{dim} = 700$ l/s
- Dimensjonerende flom mhp hydraulisk kapasitet; 25-års flommen. Dette tilsvarer en $Q_{max} = 1400$ l/s.
- Overløpet skal bygges på en eksisterende ledning ($D = 1000$ mm) som har et fall på 5 promille. Ledningen er av svært dårlig kvalitet. For å holde utlekkingen så lav som mulig (risiko for erosjonsskader) ønskes et overløp som gir minimal oppstuvning under drift.

Valg av overløpstype

Tosidig høyt sideoverløp er det overløpet som gir minst oppstuvning og velges av den grunn for dette overløpet.

Hydraulisk dimensjonering

Likning 4.2 gir:

$$D_{min} = 0.815 \cdot 0.7^{0.4} = 0.7 \text{ m}$$

Overløpet dimensjoneres etter figur 4.3:

Overløpets bredde;	$1.4D = 1.4 \cdot 1.0 = 1.4 \text{ m}$
Terskelhøyden;	$0.8D = 0.8 \cdot 1.0 = 0.8 \text{ m}$
Terskellengde;	$8D_{min} = 8 \cdot 0.7 = 5.6 \text{ m}$ (tilsammen 11.2 m for begge)
Lengde innløpssone;	$4D_{min} = 4 \cdot 0.7 = 2.8 \text{ m}$
Lengde flytestoff lager;	$3D_{min} = 3 \cdot 0.7 = 2.1 \text{ m}$
Avstand skumskjerm-overløpsterskel;	$0.1D = 0.1 \cdot 1.0 = 0.1 \text{ m}$

Strupet utløp velges som vannføringsregulator.

Terskelnivå over bunn utløp: $10.5 \cdot 0.005 + 0.8 = \underline{0.85\text{m}}$ (samme fall på tørrværsrenne som oppstrøms ledning)

Likning 5.1 gir:

$$A = \frac{Q_v}{C_v (2g H_v)^{1/2}}$$

eller

$$D = \left(\frac{4Q_v}{\pi C_v (2g H_v)^{1/2}} \right)^{1/2}$$

En dyse med $D_v = 0.2 \text{ m}$ gir $H_v = 0.85 - 0.2/2 = \underline{0.75 \text{ m}}$

$$D = \left(\frac{4 \cdot 0.130}{\pi \cdot 0.6 (2 \cdot 9.8 \cdot 0.75)^{1/2}} \right)^{1/2} = 0.27 \text{ m}$$

med $D_v = 0.27$ blir $H_v = 0.85 - 0.27/2 = \underline{0.72 \text{ m}}$

som innsatt gir $D = 0.27 \text{ m}$

Likning 6.2 gir:

$$H_o = \left(\frac{Q_{o,\max}}{C_o \cdot L_o} \right)^{2/3} = \left(\frac{1.4 - 0.13}{1.7 \cdot 11.2} \right)^{2/3} = 0.16 \text{ m}$$

Likning 5.1 gir:

$$Q_{v,\max} = C_v A (2g H_v)^{1/2} = 0.6 \frac{\pi \cdot 0.27^2}{4} (2 \cdot 9.8 (0.72 - 0.16))^{1/2} = 0.143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vedlegg D

D1 LITTERATUROVERSIKT

D1.1 Støttelitteratur

Saneringsplanlegging

Saneringsplaner for avløpsanlegg. Veiledning. SFT TA-575, mai 1983.

Veiledning for enkle saneringsplaner for avløpsanlegg. SFT TA-623, oktober 1987.

LOD

Utjevningsmagasin

Flødesutjamning i avløpsnett. Byggforskningsrådet. 1981. P. Stahre.

Regnvannsoverløp og fordrøyningsmagasin. Rapport PRA2. Prosjektkomiteen for rensing av avløpsvann, juli 1975.

G. Mosevoll (ISBN 82-90180-01-2).

Nedbør

Nedbørdata for avløpsberegninger. Sammenlikning av modellregn og tidsseriemetoden. Prosjektrapport 78/88. NTNØ Program for VAR-teknikk, desember 1988. O. Lindholm (ISBN 82-7337-088-7).

Dimensjonering av
avløpsledninger

Veiledning ved dimensjonering av avløpsledninger. SFT TA-550, juni 1979.

Avløpsnettregning med EDB. Prosjektrapport 61/87. NTNØ Program for VAR-teknikk, juni 1987. O. Lindholm. (ISBN 82-7337-068-2).

Forurensninger i overløp	Overløpsforurensninger - teoretiske beregninger. Prosjektrapport 64/87. NTNF Program for VAR-teknikk. O. Lindholm (ISBN 82-7337-072-0).
	Forurensninger i overløp. Prosjektrapport 90/88. NTNF Program for VAR-teknikk, august 1989. L. Aaby (ISBN-82-7337-102-6).
Dimensjonering av overløp	Overløp med partikkelfjerning. Bruker-rapport 10/88. NTNF Program for VAR-teknikk, august 1989. L.Aaby (ISBN 82-7337-167-0).

D1.2 Referanser

1. Rådet for teknisk terminologi, RTT 38, 1977: Ordbok for vann og avløp. Universitetsforlaget 1977. ISBN 82-00-259358.
2. SFT 1982: Veiledning for bygging og drift av overløp. Veiledning. SFT TA-574, juni 1982.
3. SFT 1987: Veiledning for enkle saneringsplaner for avløpsanlegg. SFT TA-623, oktober 1987.
4. SFT 1989: Krav til transportsystemet for avløpsvann. SFT TA-658, august 1989.
5. PH-Consult: 1987: Regulering af forurening fra afløbsystemer under regn. Rapport til Miljøstyrelsen. (Danmark), juli 1989.
6. Lindholm, O. 1988: Nedbørdata for avløpsberegninger. Sammenligning av modellregn og tidsseriemetoden. NTNF Program for VAR-teknikk prosjektrapport 78/88, desember 1988. ISBN 82-7337-088-7.
7. Mosevoll, G., Bergen kommune. Personlig meddelelse.
8. Lindholm, O. 1987: Avløpsnettregninger med EDB. NTNF Program for VAR-teknikk, prosjektrapport 61/87, juni 1987 (ISBN 82-7337-068-2).
9. Aaby, L. 1988: Forurensninger i overløp. NTNF Program for VAR-teknikk, prosjektrapport 90/88, august 1989 (ISBN 82-7337-102-6).
10. Lindholm, O. 1987: Overløpsforurensninger-teoretiske beregninger. NTNF Program for VAR-teknikk, prosjektrapport 64/87 (ISBN 82-7337-072-0).

11. Balmforth, D.J. and Henderson, R.J. 1987: A guide to the design of storm overflow structures. Report ER 304 E. Water Research Centre, April 1988.
12. Markland, E. and Brombach, H.: An Air-Regulated saddle Siphon for Storm Water Overflow. Proceedings of the 4th. Int. Conf. on Urban Storm Drainage, IAHR, vol. 2, p. 134-139, Lausanne, 1987.
13. EPA 1987 Design Manual: Swirl and Helical Bend Pollution Control Devices. EPA-600/8-82-013, July 1982.
14. Aaby, L. 1988: Overløp med partikkelfjerning. NTNF Program for VAR-teknikk, brukerrapport 10/88, august 1989 (ISBN 82-7337-167-0).
15. Johansen, O.J. 1986: Driftsundersøkelse av virveloverløp. NTNF Program for VAR-teknikk, brukerrapport 48/86 (ISBN 82-7337-054-2).
16. Mosevoll, G. 1975: Regnvannsoverløp og fordrøyningsbasseng. PRA rapport nr 2 ISBN 82-90180-01-2.
17. Beecham 1992: Personlig meddelelse.
18. CIRA 1987: Sediment Movement in Combined Sewerage and Storm-Water Drainage Systems. Project Report 1. Construction Industry Research and Information Association (CIRA), 1987.
19. Berg, A. 1988: Sjølvrensning og spyling av avløpsleidninger. NTNF Program for VAR-teknikk, brukerrapport 9/88, oktober 1988. ISBN 82-7334-165-4.
20. SFT 1979: Kvalitetsnormer for avløpsanlegg. SFT TA-538, februar 1979.
21. Arbeidstilsynet: Kloakkgasser og annen risiko avløps- og renseanlegg. Arbeidstilsynet, bestillingsnr. 490.
22. Mosevoll, G. 1988: Stein- og sandfang for avløpspumpestasjoner. NTNF Program for VAR-teknikk, prosjektrapport 89/88, mars 1989 (ISBN 82-7337-101-8).
23. Norges Standardiseringsforbund 1986: NS-3420. Beskrivelsestekster for bygg og anlegg. 2. utgave.
24. Davis, J.W. 1987: Laboratory Study related to the First Foul Flush in Combined Sewers. Proceedings of the 4th. Int. Conf. in Urban Storm Drainage. IAWPRC, Lausanne, September 1987.
25. Delo, E.A. and Saul, A.J. 1989: Chart for the hydraulic design of high side-weirs in storm sewage overflows. Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 2, 1989.
26. SFT 1987: Veiledning for bygging og drift av overløp. SFT TA-574, juni 1982.
27. Brombach, H. 1988: Equipment and Instrumentation for CSO Control. Proceedings of Engineering Foundation Conf. Urban Water Res. Council/ASCE. Davos, Switzerland, Oct. 22-27, 1989.

28. Mosevoll, G., Sægrov, S., Wedum, K. 1991: Håndbok i vannføringsmåling i vann- og avløpsanlegg. NTNF Program for VAR-teknikk. (ISBN 82-595-6443-2).
29. Saul, A. J. 1983: Performance test of Filippi weir. Report no. 120E, Water Research Centre. University of Manchester, September 1983.
30. Lyngfeldt, S. 1989: Styring av fløden i avlopssystem. Begrepp,funksjon, FOU-behov. Rapport nr. B:51. Chalmers Tekniska högskola. Institutionen for Vattenbyggnad, Göteborg 1989.