



BLUEKOLDINGS FUNKTIONSPRAKSIS VED HYDRAULISK DIMENSIONERING



Indholdsfortegnelse

Indledning	2
Valg af sikkerhedsfaktor – ledningsdimensionering	3
Modelusikkerhed	3
Klimafaktor	4
Fortætning	4
Samlede sikkerhedsfaktorer	4
Valg af sikkerhedsfaktor – bassindimensionering	5
Sparebassindimensionering.....	5
Regnvandsbassindimensionering	5
Udstykninger/byggemodninger	6
Dimensionering af hovedledninger i hydraulisk model	7
Dimensionering af hovedledninger vha. den rationelle metode:.....	7
Forsinkelse af regnvand på privat grund	8

Indledning

Dimensionering af afløbssystemer og bassiner i BlueKolding tager udgangspunkt i anbefalinger i Spildevandskomiteens skrifter. Spildevandskomiteens skrifter udgør en "sædvanlig praksis" i Danmark, idet de fleste spildevandsforsyninger og kommuner har valgt at følge den. Skrifterne er således blevet en national praksis.

Det fremtidige afløbssystem i Kolding Kommune skal leve op til opstuvning til terræn:

- højst hver 5. år for separate regnvandssystemer.
- højst hvert 10 år for fællessystemer.

Klimafremskrivningen forventes at indtræffe gradvist og er forskellige i forhold til hvor kraftig regnen er. Det betyder at det er nødvendigt at foretage to beregninger for et nyt afløbssystem. Én beregning for rørsystemet, som skal leve op til krav om stuvning til terræn hvert 5. eller 10 år. Og én beregning for bassiner, der som udgangspunkt skal leve op til krav om overløb hvert 5. år (regnvandsbassiner) eller 2-5 gange årligt (sparebassiner). Endvidere vil forskellige levetider på henholdsvis afløbssystem og bassiner have betydning for klimafaktorens størrelse jf. tabel 2 side 3.

Som udgangspunkt for vurdering af opstuvningsniveauet benyttes syntetiske CDS-regn med gentagelsesperioder på 10 år for fællessystemer og 5 år for separate regnvandssystemer i MIKE URBAN beregningerne.

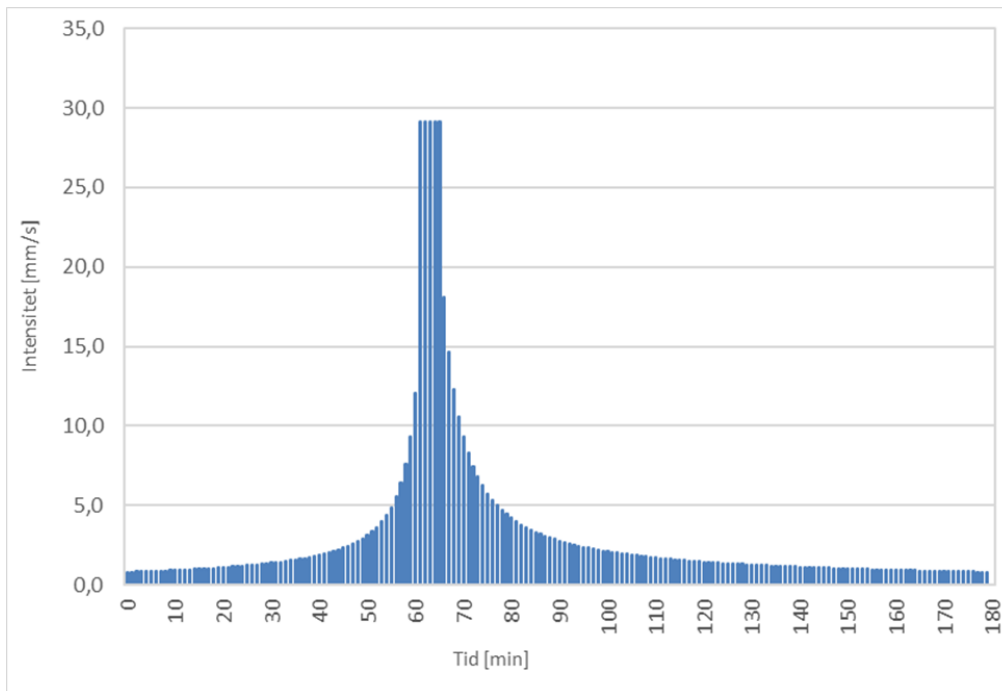
Der anvendes CDS-regn, som oprettes ud fra Spildevandskomiteens nyeste anbefalede regneark ifm. Skrift 32, hvor følgende indtastes:

Y-koordinat	Variere efter lokation
X-koordinat	Variere efter lokation
Gentagelsesperiode (år)	Variere efter beregning (5 eller 10 år)
Sikkerhedsfaktor	Variere efter beregning (1,0 - 1,5)
CDS-varighed (min)	180
Tidsskridt (min)	1
Asymmetri koefficient	0,35
Konstant peak over antal tidsskridt*	5

Tabel 1: Data til dannelse af CDS-regn. *Højeste peakværdi udlignes over 3 min.

For at sikre at de benyttede CDS-regn stemmer nogenlunde overens med de historiske regn er der kørt LTS beregninger med en 44 års observationsperiode baseret på SVK regnmåleren ved forreanseanlægget i Kolding. Herved findes regn der historisk har en gentagelsesperiode på henholdsvis 5 år og 10 år. Disse sammenholdes med stuvninger 2 steder i systemet (bl.a. tilløbsledning til forreanseanlægget). CDS-regn som generes i Skift 32 regnearket og den regn med bedst sammenfald med de historiske regn er regn hvor peak optræder lidt tidligere i regnen (derfor asymmetri koefficient på 0,35) og hvor peak fordeles over 5 tidsskridt.

For 10 års hændelsen uden sikkerhedsfaktor giver det en CDS-regn som vist på nedenstående figur:



Figur 1: Formen af CDS regn for en 10 års regnhændelse uden sikkerhedsfaktor.

Modelberegningerne for afløbssystem gennemføres med en hydrologisk reduktionsfaktor på 0,9. For ekstremafstrømning (regn som benyttes ved dimensionering af ledninger) gælder at den hydrologiske reduktionsfaktor er større end for årsafstrømning (regn som benyttes ved beregning af overløbsmængder og bassindimensionering), jf. lærebogen: "Afløbsteknik". Ved bassindimensionering benyttet hydrologisk reduktionsfaktor på 0,8.

I henhold til Skrift 27 bør der efter dimensionering med CDS-regn ske en eftervisning/kontrol med opstuvningsniveauet med historiske regn (LTS-beregninger) målt på Kolding Forrenseanlæg (SVK-måler), da det er her vi har den længste registrerede regnperiode. Herved kan regn med de benyttede gentagelsesperioder på f.eks. 5 eller 10 års regn gentagelsesperiode findes og bruges til verifikation af den benyttede CDS regn.

Hvis der regnes med store oplande/matrikler bør det overvejes om afstrømningstiden skal sættes op i forhold standardværdier ved modelberegning (7 min.).

Valg af sikkerhedsfaktor – ledningsdimensionering

Der skelnes mellem dimensionering af hhv. rørsystemet og bassinanlæg. Dette gøres primært fordi rørsystemet skal kunne aflede de forholdsvise kortvarige, kraftige regn, mens bassinerne er mere udsatte ved langvarige og/eller koblede regn. Endvidere er der forskellige krav til systemerne og levetid. Der vil også være forskel i modelusikkerheder ved beregning af stuvningsniveauer sammenlignet med modelusikkerhed ved beregning af bassinvolumener.

Modelusikkerhed

Modelusikkerhed er indført i Skrift 27, og tager højde for at rørberegninger med hydrauliske modeller kan beregne stuvningsforhold ved at anvende en række modelparametre, så som enkelttabskoefficienter og ruheder på rør. Hver af disse parametre har en vis variation men i modellen anvendes det bedste bud på den enkelte parameter. Resultatet bliver derfor det bedste bud på stuvningsniveau, men for at tage højde

for usikkerheden på modelparametrene så er der indført en sikkerhedsfaktor. Den er større end 1,0 og giver derfor en vis sikkerhed for at krav til stuvningsniveauerne bliver overholdt. Variationen på de enkelte parametre kendes dog ikke og derfor skal faktoren vælges. I kalibrerede modeller, som hvor modellen genskaber de faktiske, målte forhold, vælges en faktor 1,05. I ukalibrerede modeller, samt i forbindelse med byggemodninger vælges denne faktor til 1,10.

Klimafaktor

Spildevandskomiteens Skrift 32 indeholder forslag til klimafaktorer ved dimensionering og analyse af afløbssystemer og bassiner. Der tages i Skriftet udgangspunkt i år 2000, hvor klimafaktoren er 1,00. Ved anlægsår i 2025 og en levetid for anlægget på 75 år fremskrives frem til år 2100. Ved anlægsår i 2025 og en levetid for anlægget på 50 år fremskrives frem til år 2075. I Skrift 32 anbefales at anvende følgende faktorer:

Gentagelsesperiode T (år)	Hypighed n	Klimafaktor for år 2075 Levetid 50 år (beregnet ud fra formel i Skrift 32)	Klimafaktor for år 2100 Levetid 75 år
0,1	10 gange pr. år	1,09	1,13
0,3	3,33 gange pr. år	1,09	1,13
0,5	2 gange pr. år	1,10	1,14
1	1 gang pr. år	1,13	1,17
2	(0,5) Hvert 2. år	1,16	1,21
5	(0,2) Hvert 5. år	1,19	1,25
10	(0,1) Hvert 10. år	1,22	1,29
20	(0,05) Hvert 20. år	1,24	1,32
50	(0,02) Hvert 50. år	1,28	1,37
100	(0,01) Hvert 100. år	1,30	1,40

Tabel 2: Efter Skrift 32, suppleret med hypighed og klimafaktorer for år 2075 (som passer til levetid på 50 år hvis etableringsåret er år 2025).

Ved analyse af separate regnvandssystemer, hvor gentagelsesperioden er 5 år, anvendes en klimafaktor på 1,25. Ved analyse af fællessystemer, hvor gentagelsesperioden er 10 år, anvendes en klimafaktor på 1,29.

Fortætning

I forbindelse med fastlæggelse af de befæstede områder inddrages eventuelle planer fra andre områder i kommunen, byfornyelse, byggemodninger indkøbscentre m.m., så de fremtidige arealer fastlægges så detaljeret som muligt.

I plansituationen vælges dog desuden en sikkerhedsfaktor for fortætning, som afspejler den usikkerhed der er i fastlæggelsen af de befæstede arealer. Som minimum vælges en faktor på 1,05.

Samlede sikkerhedsfaktorer

BlueKolding ønsker som udgangspunkt, at fremtidige hydrauliske beregninger gennemføres med følgende sikkerhedsfaktorer ifm. ledningsdimensionering for en IKKE kalibreret model:

Parameter	Sikkerhedsfaktor	
	Fællessystem	Separatsystem
Modelusikkerhed	1,10	1,10
Klimafaktor	1,29*	1,25*
Fortætning (oplandsspecifik)	1,05	1,05
Samlet faktor (operational faktor)	1,49 (~1,50)	1,44

Tabel 3: Sikkerhedsfaktor for ledningsdimensionering for en IKKE kalibreret model. *Skrift 32.

Sikkerhedsfaktoren ganges på den regn der anvendes ifm. modelberegningerne.

BlueKolding ønsker som udgangspunkt, at fremtidige hydrauliske beregninger gennemføres med følgende sikkerhedsfaktorer ifm. ledningsdimensionering for en kalibreret model:

Parameter	Sikkerhedsfaktor	
	Fællessystem	Separatsystem
Modelusikkerhed	1,05	1,05
Klimafaktor	1,29*	1,25*
Fortætning (oplandsspecifik)	1,05	1,05
Samlet faktor (operational faktor)	1,42	1,38

Tabel 4: Sikkerhedsfaktor for ledningsdimensionering for en kalibreret model. *Skrift 32.

Valg af sikkerhedsfaktor – bassindimensionering

BlueKolding ønsker at fremtidige hydrauliske beregninger ifm. sparebassin og regnvandsbassin dimensionering gennemføres med følgende sikkerhedsfaktorer:

Parameter	Sikkerhedsfaktor	
	Sparebassin fællessystem	Regnvandsbassin separatsystem
Modelusikkerhed	1,0	1,0
Klimafaktor	1,14*	1,19*
Fortætning (oplandsspecifik)	1,05	1,05
Samlet faktor (operational faktor)	1,20	1,25

Tabel 5: *Klimafaktoren for sparebassin ved max. aflastning 2-5 gange om året (1,14) og en levetid på 75 år og for regnvandsbassiner max. overløb hver 5. år (1,19) og en levetid på 50 år, jf. tabel 2.

I BlueKolding har vi valgt en levetid for regnvandsbassiner på 50 år svarende til afskrivningsperioden og den økonomiske levetid. For sparebassiner af beton er der valgt at benytte en levetid på 75 år, på trods af en økonomisk levetid på 50 år, da levetiden forventes at svare til afløbssystemet og der vil være sværere at udvide et eksisterende sparebassin, men muligt at foretage reparationer og dermed forlænge levetiden.

Modelusikkerhed kan ved bassindimensionering sættes ned til 1,0. Modelusikkerheden er indført i Skrift 27 for at give en vis ekstra sikkerhed for at krav til stuvningsniveau overholdes. Den er ikke beregnet på bassindimensionering.

Sparebassindimensionering

Der benyttes en lokal regnserie for de seneste 10 års regn til LTS gennemregning i hydraulisk model. Som udgangspunkt regnes med aflastninger max. 5 gange om året og der bør i henhold til retningslinjer i vandplanen, etableres et bassin på minimum 5 mm (50 m³/red. ha.) svarende til en max. aflastning på 250 m³/s red. ha pr. år.

Regnvandsbassindimensionering

Regnvandsbassiner dimensioneres som udgangspunkt for aflastning max. hvert 5. år. Det er Kolding Kommune der formulerer kravene i udledningstilladelsen og afhænger af recipienten.

Det samlede bassinvolumen er en sum af det våde volumen og stuvningsvolumen (forsinkelsesvolumen) og skal følge den gældende spildevandsplan samt krav stillet i udledningstilladelsen om maksimal udledning.

Stuvningsvolumen kan beregnes via Spildevandskomiteens Skrift 32, og det tilhørende Excel regneark.

Følgende forudsætninger for beregning af stuvningsvolumen skal være opfyldt:

- Overløbshyppigheden aftales med Kolding Kommune. Som udgangspunkt regnes med aflastning 1 gang hver 5 år. (T=5 år) for regnvandsbassiner.
- Afløbsvandføringen (afskærende ledningskapacitet) sættes til 1 liter pr. sek. pr. hektar opland, dog altid mindst 5 liter pr. sek. for at modvirke tilstopning af drosselledning.
- Den hydrologisk reduktionsfaktor sættes til 0,8, jf. afsnittet: "Indledning" side 2.
- Sikkerhedsfaktor (klima og fortætning) sættes til 1,25 for overløb max 1 gange hvert 5. år.

Vedr. øvrige detaljer ifbm. dimensionering af regnvandsbassiner henvises til "Designmanual for våde regnvandsbassiner ved BlueKolding".

Udstykninger/byggemodninger

I forbindelse med dimensionering af nyanlæg ifm. udstykninger benyttes de i lokalplanen angivne max. befæstelsesgrader. Er der ikke angivet max. befæstelsesgrad i lokalplanen er det de max. befæstelsesgrader i Blå Plan (spildevandsplanen) der er gældende. Den maksimale befæstelsesgrad kan samlet blive højere for et område end de enkelte bebyggede matrikler, da vejmatriler også indgår i modellen.

I Blå Plan er angivet følgende maksimale befæstelsesgrader for de forskellige områdetyper:

Områdetype		Tilladt maksimal befæstelsesgrad i % (Ejendomme ændret* før 1. januar 2012)	Tilladt maksimal befæstelsesgrad i % (Ejendomme ændret* mellem 1. jan. 2012-1. jan. 2019)	Tilladt maksimal befæstelsesgrad i % (Ejendomme ændret* efter 1. januar 2019)
Centerområde	Kolding midtby	100	80	80
	Centerbyer, bymidte, butiksområder	60	50	50
Erhvervsområde	-	60-75**	50	50
Boligområder	Haveboligområde	40	40	40
	Blandet boligområde			40
	Etageboligområde	60	50	50
Blandet bolig og erhverv	-			50
Område til offentlige formål	-	60	50	50
Sommerhusområde	-			30
Område til fritidsformål	Grønt område	0	0	0

Tabel 6: * Befæstelsesgraderne er gældende via en lokalplan. Ved ordet ændret forstås ændret anvendelse af en ejendom, ændret omfang af bygningsmasse og ændret befæstelse af ejendommen. Om en ejendom er ændret i forhold til den oprindelige opførelse, beror på en konkret vurdering for hver enkelt sag.** Ejendomme, ændret mellem 1999-2012, har en tilladt befæstelsesgrad på 75%.

Dimensionering af hovedledninger i hydraulisk model

Der anvendes nedenstående sikkerhedsfaktorer i forbindelse med dimensionering af nyanlæg i hydraulisk model:

Parameter	Sikkerhedsfaktor	
	Fællessystem	Separatsystem
Modelusikkerhed	1,10	1,10
Klimafaktor	1,29*	1,25*
Fortætning (oplandsspecifik)	1,05	1,05
Samlet faktor (operational faktor)	1,49 (~1,50)	1,44

Tabel 7: *Skrift 32.

Dimensionering af hovedledninger vha. den rationelle metode:

Håndberegning med den rationelle metode anvender fuldtløbende kapacitet ved en given gentagelsesperiode og regnvarighed og forholder sig ikke til opstuvning. Metoden er derfor ikke egnet til større eller mere komplekse afløbssystemer og kun ved mindre systemer som kun indeholder ledninger og brønde. Metoden må kun benyttes ved systemer med frit udløb og som ikke er stuvningspåvirket af nedstrøms system, som f.eks. kan være tilfældet ved tilsluttet regnvandsbassin.

I henhold til Skrift 27 er det almindelig opfattelse efter mange beregninger og erfaringer, at opstuvning til terræn hver 10. år udtrykker samme serviceniveau som fuldtløbende rør hver 2. år (T=2 år), for fællessystemer og for separate regnvandsystemer gælder at opstuvning til terræn hver 5. år udtrykker samme serviceniveau som fuldtløbende rør hver 1 år (T=1 år).

Arealanvendelse	Minimumskrav. Gentagelsesperiode (år) for opstuvning til terræn	Anbefalet gentagelsesperiode for fuldtløbende rør (rationelle metode)
Fælleskloakerede bolig- og erhvervsområder	10	2
Separatkloakerede bolig- og erhvervsområdet	5	1

Tabel 8: Uddrag fra Skrift 27.

Ved mindre udstykninger vil den rationelle metode kunne anvendes til beregning af hovedledninger. Modelusikkerheden indgår ikke, da der i den rationelle metode allerede er indbygget sikkerhed. Der benyttes følgende regnintensiteter og sikkerhedsfaktorer, som ganges på det reducerede areal:

Separatsystem:

110 l/s ha. x klimafaktor x fortætning = 110 l/s ha. x 1,25 x 1,05 = 144 l/s ha.

Vandføring: 144 l/s ha. x areal (ha.) x spildevandsplanen befæstelsesgrader.

Fællessystem:

140 l/s ha. x klimafaktor x fortætning = 140 l/s ha. x 1,29 x 1,05 = 190 l/s ha.

Vandføring: 190 l/s ha. x areal (ha.) x spildevandsplanens befæstelsesgrader.

Ud fra Colebrooks formel eller diagram for fuldt løbende afløbsledninger findes dimensionerne på ledningerne når fald og vandføring er kendt.

Forsinkelse af regnvand på privat grund

Generelt gælder at der skal etableres regnvandsforsinkelse på grunden, så afledningen svarer til den maksimalt tilladte afstrømning. I nyere lokalplaner står der hvor meget området må befæstes.

Generelt gælder:

- Erhvervsejendomme udstykket før 2012 må befæstes op til 60 %.
- Erhvervsejendomme udstykket efter 1. januar 2012 må befæstes op til 50 %.

Dimensioneringspraksis for regnvandshovedledninger:

- Regnvandshovedledninger anlagt før 2008 er dimensioneret til 110 l/s ha.
- Regnvandshovedledninger anlagt i 2008 og derefter er dimensioneret til 110 l/s ha. x 1,25 (klimafaktor) = 138 l/s ha.

I nedenstående tabel fremgår eksempel på tilladelig afledning fra matrikler pr. ha.:

Årstal for anlæggelse	Udstykket før 2012	Udstykket efter 1. januar 2012
Ledninger anlagt før 2008	110 l/s ha. x 60% = 66 l/s ha.	110 l/s ha. x 50% = 55 l/s ha.
Ledninger anlagt 2008 og derefter	138 l/s ha. x 60% = 83 l/s ha.	138 l/s ha. x 50% = 69 l/s ha.

Tabel 9: Eksempel på tilladelig afledning fra privat matrikel.

<https://bluekolding.dk/wp-content/uploads/2022/12/Opdateret-regnvandsnotat-2022.pdf>

Forsinkelsesvolumen kan beregnes via Spildevandskomiteens Skrift 32, og det tilhørende Excel regneark.