

Holbæk Kommune

**HOLBÆK KOMMUNE, KLIMATILPASNINGSPLAN 2013**

 Dokumentation for de hydrauliske beregninger til grund for  
 oversvømmelseskortet
 

---

26. juni 2013

 Projekt nr. 210391  
 Dokument nr. 127747920  
 Version 2  
 Udarbejdet af PPP  
 Kontrolleret af TOKE  
 Godkendt af ASJE

**INDHOLD**

<b>1</b>	<b>Modelbeskrivelse .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Datagrundlag .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Modelopdeling .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Hydraulisk beskrivelse .....</b>	<b>5</b>
4.1	Datavask (forenkling af systemet).....	5
4.2	Statuskoder i model.....	6
4.3	Oplandsbeskrivelse .....	7
4.4	Spildevandssystemet og spildevandsbelastning .....	7
4.4.1	Beskrivelse af spildevandsbelastning .....	8
4.5	Udfyldelse af manglende data .....	9
4.5.1	Bund- og terrænkoter .....	9
4.5.2	Ledningsdimensioner og –materialer.....	10
4.5.3	Pumpestationer.....	10
4.5.4	Bassiner .....	10
4.5.5	Overløb.....	12
4.6	Beskrivelse af bassiner.....	13
4.7	Beskrivelse af renseanlæg .....	13
4.8	Overflademodel.....	14
4.8.1	Beskrivelse af terrænlavninger .....	15
4.8.2	Overløb fra brønde til terrænlavninger.....	16
4.8.3	Overløb fra terrænlavning til terrænlavning.....	17
4.9	Vandløb .....	17
4.9.1	Medtagede vandløb .....	18
4.9.2	Vandføringsdata .....	19
4.9.3	Øvrige udløb .....	20
<b>5</b>	<b>Randbetingelser .....</b>	<b>20</b>
5.1	Valg af regn .....	20
5.1.1	Sikkerhedsfaktorer .....	21
5.2	Tidarealkurve og hydrologisk reduktionsfaktor .....	21
5.3	Sammenfald mellem høj vandstand og ekstrem regn.....	21

5.4	Vandstand i ikke modellerede vandløb .....	21
5.5	Vandstand i fjordene .....	22

## 1 MODELBESKRIVELSE

I forbindelse med udarbejdelsen af klimatilpasningsplanen for Holbæk Kommune har NIRAS udarbejdet en fuld dynamisk hydraulisk afløbsmodel for hele afløbssystemet i Holbæk Kommune.

Modellen af afløbssystemet er opbygget i DHI produktet MIKE URBAN 2011, servicepack 7.

## 2 DATAGRUNDLAG

Som primært grundlag for modellen er anvendt Holbæk Forsyning A/S' ledningsdatabase i DanDasGraf. Data er udleveret til NIRAS den 2/10 2012, og modellerne er opbygget på denne database.

Derudover har NIRAS modtaget en lang række data elektronisk fra Holbæk Forsyning, som beskriver dele af kloaksystemet. Disse oplysninger er enten tegninger eller excelark med oplysninger.

Beskrivelse	Datatype	Dato for modtagelse
DANDAS database for hele Holbæk Forsynings opland	XML	2/10-2012
Liste over alle bassiner i Holbæk Forsyning indeholdende blandt andet oplysninger om tørt/vådt bassin, total volumen og adresse.	Excel	11/11-2012
Geodatabase med oplysninger om adresser, vejmidte, bygningsflader og spildevandsplanoplande.	Access	15/10-2012
Enten projekttegninger eller som udført tegninger af en lang række bygværker, bassiner eller pumper.	Tegning	Løbende igennem hele perioden
Liste over adresser og pumpeydelse af en række pumpestationer.	Excel	15/11-2012
Oplysninger om tidligere udført SAMBA beregning for oplandet til Tysinge Renseanlæg.	Samba beregning	9/10-2012
Oplysninger om indløbsmængder til en lang række renseanlæg.	Mail fra Henrik Thygesen og telefonisk samtale med Kim Skov	19/2-2013

Det primære grundlag for modelopbygningen er ledningsdatabasen fra DANDAS. Det bør noteres, at datagrundlaget for DANDAS databasen stammer fra et udtræk foretaget i efteråret 2012, hvorfor oplysninger der ikke indgår i databasen på daværende tidspunkt ikke indgår i modellen. Derfor er helt nye anlægsprojekter ikke en del af modellen. Det betyder f.eks. at et 10.000 m<sup>3</sup> stort bassin i Tølløse ikke er medtaget.

Derudover er der foretaget opmåling af NIRAS og Holbæk Forsyning A/S i forbindelse med udarbejdelsen af klimatilpasningsplanen. Der er opmålt diverse overløbsbygværker og bassiner.

Overløbsbygværker har, hvis muligt, fået opmålt overløbskantlængde, overløbskantkote, terrænkote, nedstik til ind-, ud- og overløbsledning og dimensioner på ind-, ud- og overløbsledning. Følgende bygværker er opmålt:

Bygværk	Bemærkning
3753EX1	
8636OF5	
8636OH3	
GT1FV10	
O02C-37	
O04A-10	Overløb til bassin
O04C-08	Udmeldt til opmåling, men der skete desværre en fejl og bygværk er O04H-15 opmålt i stedet.
O04A-10_X	Overløb mellem bassiner
O04A-10_Y	Overløb ud af bassin
O04H-07	
O04H-15	Opmålt i stedet for bygværk O04C-08.
R01Æ118	Ikke opmålt, men der er i stedet foretaget opmåling af overløbsbrønd inde i bassinet.
T01FV10	
U01040F	

Der er også opmålt en række parametre ved en mindre række bassiner. Der har under opmålingen været fokus på, at opmåle udløbet, sådan udløbsvandføringen fra bassinet blev beskrevet så godt som muligt.

Der er så vidt muligt opmålt og registreret udløbsledningens bundkote og dimension, om der er vandbremse og, hvis muligt faldet på udløbsledningen ved at måle bundkoten ved udløbet.

Bassin	Bemærkning
B2433	
B2510	
B2533	
B2560	
B2563	
B2580X	Kunne ikke opmåles pga. is og meget sand i brønd.

Opmålingsresultaterne er videregivet til Holbæk Forsyning A/S.

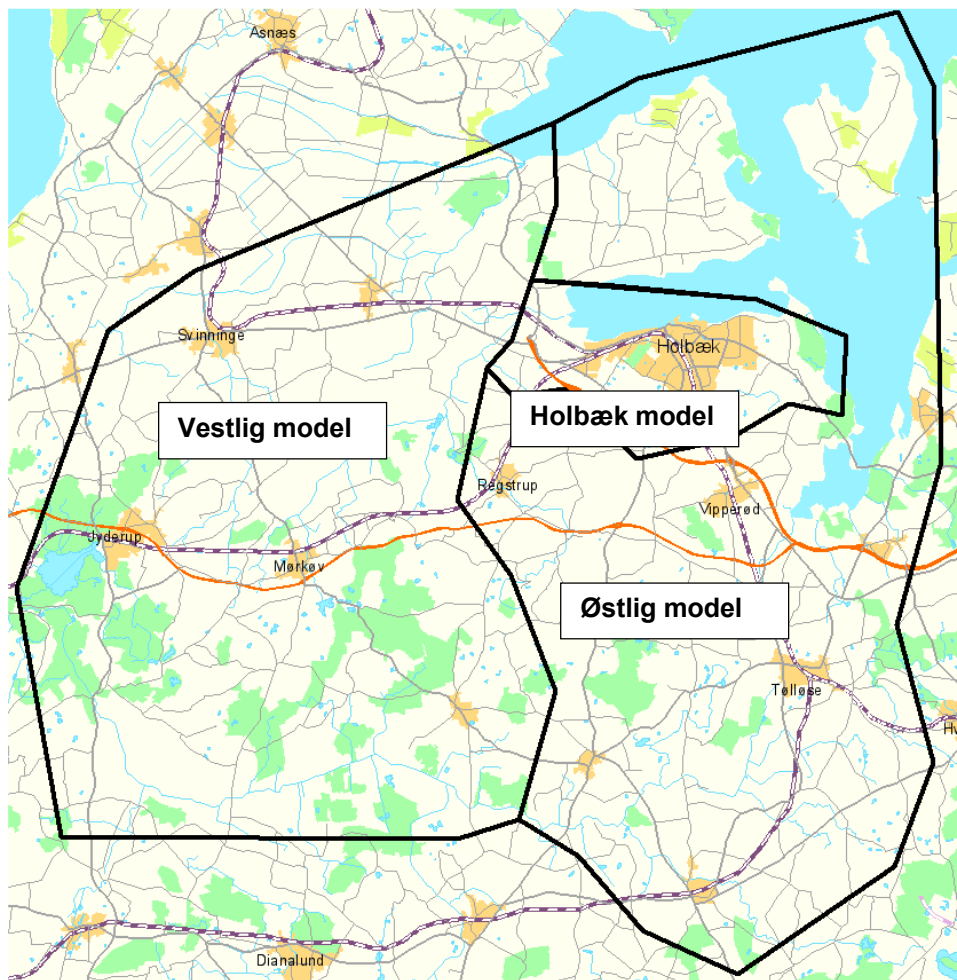
Der er konstateret usikkerhed på præcisionen af de foretagne opmålinger. En del af fejlene er rettet ved kvalificerede skøn. Det er vurderet at opmålingsfejlene ikke er betydende for modellens overordnede resultat.

### 3 MODELOPDELING

Den hydrauliske model, der ligger til grund for oversvømmelseskortene, er delt op i 3 hydrauliske delmodeller i MIKE URBAN. Opdelingen er sket i en model dækkende den vestlige del, østlige del og en særskilt model for Holbæk by. Opdelingen kan ses af figur 1.

Figur 1

Principskitse over modelinddelingen i tre forskellige hovedmodeller.



### 4 HYDRAULISK BESKRIVELSE

Dette afsnit omhandler de operationer der foretages i data for at kunne foretage en egentlig hydraulisk beregning.

#### 4.1 Datavask (forenkling af systemet)

Der er foregået en omfattende datavask af systemet, sådan at modellen ikke indeholder unødvendige ledningssystemer. Derfor er alle ledninger,

pumpestationer, overløb eller brønde/knudepunkter, der i DanDasGraf databasen er benævnt som enten stikledning eller internt ledningssystem slettet af modellen. Derudover er der foretaget en kraftig reduktion i spildevandssystemet, se afsnit 4.4 side 7. Øvrige ledninger og brønde er bibeholdt.

Ledninger der i DanDasGraf databasen er angivet til at være "døde" eller "ikke i brug" er ligeledes slettet af modellen.

## 4.2 Statuskoder i model

Der er anvendt en række statuskoder i forbindelse med udarbejdelsen af modellen. Dette er gjort for at holde styr på de mange data og deres oprindelse. Generelt er der anvendt statuskoder på to forskellige niveauer, først på overordnet niveau (Element\_S), hvor f.eks. knuden eller ledningens status beskrives. Derefter på et underordnet niveau, hvor f.eks. bundkoten eller ledningsdiameterens status beskrives.

MIKE URBAN opererer med 10 forskellige standard-statuskoder, men disse er udvidet med yderligere 7 i dette projekt for at opnå en mere fuldent databeskrivelse.

Statuskode	Nummer	Anvendelse
Model	1	Ikke anvendt
GIS	2	Ikke anvendt
Imported	3	Ikke anvendt
Inserted	4	Anvendt til at beskrive om brønddiameter er antaget. Typisk antaget til 1 meter brønde, hvis data mangler.
Modified	5	Ikke anvendt
Calibrated	6	Ikke anvendt
Verified	7	Ikke anvendt
Erroneous	8	Ikke anvendt
Unknown	9	Ikke anvendt
Other	10	Ikke anvendt
Interpoleret	13	Anvendt hvis data er interpoleret, som f.eks. bundkoter eller ledningsdimensioner.
DANDAS	20	Data stammer fra DANDAS databasen.
Skønnet	30	Data er skønnet bedst muligt.
Opmålt	40	Data er målt op af Holbæk Forsyning i forbindelse med udarbejdelsen af modellerne.

---

Statuskode	Nummer	Anvendelse
Fiktiv	50	Data der er indsat af modeltekniske årsager.
Oplyst af HF	60	Data der er oplyst af Holbæk Forsyning via tegninger, mails eller lign. i forbindelse med udarbejdelsen af modellerne.
Fra DTM	70	Data, hvor terrænkoten er tildelt fra DTM-modellen. (Digital Terræn Model)

#### 4.3 Oplandsbeskrivelse

For at beskrive de befæstede arealer i Holbæk Kommune er der anvendt geografiske oplysninger omkring bygningsflader og vejarealer. Alle veje i Holbæk er antaget at være 4,5 meter brede, og derefter er vejarealet genereret ud fra en bufferlinje på 4,5 meter omkring midterlinjen af vejen.

Derefter er både vejarealer og bygningsflader importeret ind i MIKE URBAN, og hver bygningsflade betragtes som ét opland. Områder hvor vejflader og bygningsflader overlapper er dette overlap fjernet i vejarealet, sådan arealet ikke optræder to gange.

Oplandene er derefter koblet til nærmeste fælles- eller regnvandsbrønd, som ikke er tryksat. Er oplandet mere end 150 meter væk fra en fælles- eller regnvandsbrønd eller ikke inde i et kloakopland er oplandet fjernet. Dette er gjort da, spildevandsplanen indeholder lang række områder ude i det åbne land, som ikke er koblet til almene kloaksystem.

Er oplandet mindre end 10 m<sup>2</sup> er oplandet ligeledes fjernet fra modellen, for at begrænse antallet af oplande (der genereres en masse meget små oplande under GIS arbejdet med bygningerne og vejfladerne), samt optimere på beregningstiden. Det er undersøgt, hvor stor betydningen af denne forsimpning er, og denne betydning er vurderet meget lille for de enkelte kloakledninger.

#### 4.4 Spildevandssystemet og spildevandsbelastning

Når der er tale om oversvømmelser på terræn i forbindelse med kraftige regnskyl, så er det selvsagt kraftige regnhændelser som forårsager problemerne. Derfor er der i denne model kun medtaget spildevandssystemet i et begrænset omfang. Det er medtaget i de tilfælde, hvor spildevandssystemet kobles på et fællessystem, og dermed har betydning for vandføringen i fællessystemet. Opstrøms fællessystemet er spildevandssystemet medtaget i forenklet form, hvor det er vurderet hvilke strækninger der har været behov for.

#### 4.4.1 *Beskrivelse af spildevandsbelastning*

For at modellere spildevandsmængderne i spildevandsystemet er der tilkøbet spildevandsflow i den hydrauliske model.

Denne beskrivelse foregår ved, at adressepunkter for hele Holbæk Forsyning er omdannet til en spildevandsbelastning svarende til 2,5 personers daglige spildevandsforbrug. Dette daglige spildevandsforbrug er antaget at være 150 l/s/person, og dette forbrug inkluderer tillæg på 30%, som udgør et estimat for mængden af uvedkommende vand til spildevandssystemet. Adresser uden for kloakerede oplande er sorteret fra, sådan disse ikke bidrager med spildevandsbelastning i modellen.

Der er i modellen arbejdet med en døgnvariation af spildevandsmængderne, og spildevandsmængderne er derfor fordelt over døgnet, som vist i efterfølgende tabel og afbilledet i figur 2. Faktoren ganges på middeltimedevandforbruget.

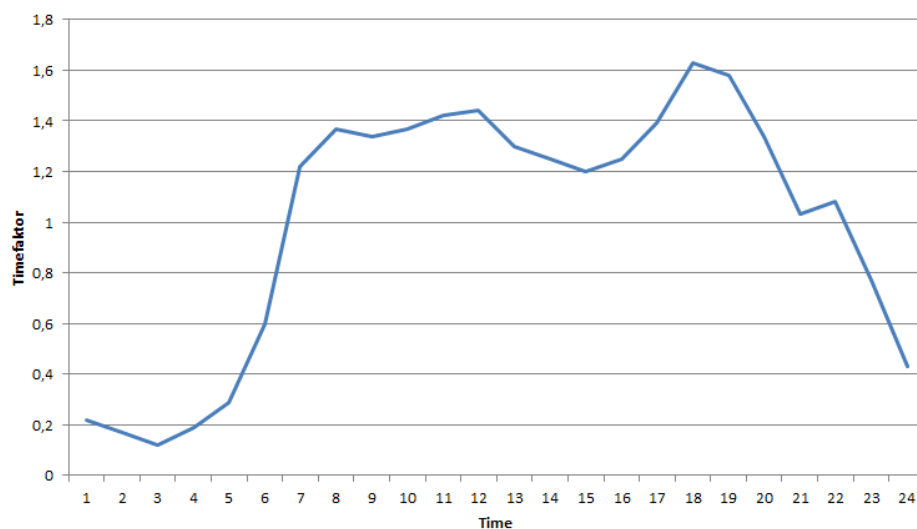
Time	Faktor [-]	Andel af total daglig vandforbrug [%]
00-01	0,22	0,92 %
01-02	0,17	0,71 %
02-03	0,12	0,50 %
03-04	0,19	0,79 %
04-05	0,29	1,21 %
05-06	0,6	2,50 %
06-07	1,22	5,08 %
07-08	1,37	5,71 %
08-09	1,34	5,58 %
09-10	1,37	5,71 %
10-11	1,42	5,92 %
11-12	1,44	6,00 %
12-13	1,3	5,42 %
13-14	1,25	5,21 %
14-15	1,2	5,00 %
15-16	1,25	5,21 %
16-17	1,39	5,79 %
17-18	1,63	6,79 %
18-19	1,58	6,58 %
19-20	1,34	5,58 %
20-21	1,03	4,29 %



Time	Faktor [-]	Andel af total daglig vandforbrug [%]
21-22	1,08	4,50 %
22-23	0,77	3,21 %
23-00	0,43	1,79 %
Sum	24	100 %

Figur 2

Døgnvariation i spildevandsmængden angivet som timefaktor.



#### 4.5 Udfyldelse af manglende data

For at kunne foretage hydrauliske beregninger er det nødvendigt, at der ikke er "huller" i de data, der foretages beregninger på. Derfor der foretaget skøn af data de steder, hvor disse har manglet.

##### 4.5.1 Bund- og terrænkoter

Brønde, der ikke har angivet en bundkote, har fået skønnet en bundkote ud fra interpolation af opstrøms og nedstrøms brøndes bundkoter. Enkelte steder har det været nødvendigt at skønne groft, da der har været mindre områder med store mangler. Bundkoter der er interpoleret er mærket med statuskoden "Interpoleret" under "InvertLevel\_S".

Manglende terrænkoter er blevet skønnet via højdemodellen (HydroDTM med 1,6 meters opløselighed), der også er anvendt til at beskrive lavningerne. Terrænkoter, som er fundet via højdemodellen, har fået statuskoden "Fra DTM" under "GroundLevel\_S".

Alle terrænkoter der i DanDasGraf databasen har oprindelsen "beregnet", "skønnet", "uoplyst" eller "uden angivelse" er alle blevet erstattet med en terrænkote fra DTM modellen. Dette skyldes, at typisk var en stor uoverensstemmelse mellem terrænkoten i DanDasGraf og DTM koten.

Der er ligeledes udført en kontrol af jorddækningen i databasen, og er jorddækningen mindre end 0,8 meter er terrænkoten kunstigt forhøjet sådan, at jorddækningen af ledningen er 0,8 meter.

#### 4.5.2 *Ledningsdimensioner og –materialer*

Manglende ledningsdimensioner er blevet interpoleret ud fra opstrøms og nedstrøms ledningsdimensioner. Der er interpoleret i og derefter afrundet til nærmeste handelsdimension. I tilfælde, hvor topstrækningen mangler ledningsdimension er dimensionen valgt til at være en ø200.

Ved manglende materialeangivelse på ledningerne er det antaget, at ledningen er fremstillet af beton. Ligesom materialeangivelse "ukendt" antages at være beton.

#### 4.5.3 *Pumpestationer*

Der er pumpestationer, hvor der har manglet informationer om pumpeydelsen, udgående tryklednings dimension og start- og stopkoter.

Pumpeydelsen er i de tilfælde, hvor der ikke haves oplysninger fra Holbæk Forsyning, skønnet. Skønnet er baseret på den udgående tryklednings dimension og en forudsætning om, at vandhastigheden i trykledningen i gennemsnit er 1 m/s.

Pumpeydelsen er for alle pumper antaget at være uafhængig af trykhøjde.

Er den udgående tryklednings dimension ikke kendt er denne skønnet. Skønnet er foretaget ud fra en vurdering af oplandets størrelse.

Der haves ingen oplysninger om start og stopkoter, hvorfor alle disse er skønnede. Start- og stopkoterne er antaget til at være hhv. bundkote + 20% af brøndens dybde og bundkote + 10% af brøndens dybde.

#### 4.5.4 *Bassiner*

Der har manglet flere forskellige oplysninger omkring bassinerne, herunder især effektiv opstuvningsvolumen, udløbsvandføring og geometrien af bassinet. Disse er i mange tilfælde blevet skønnet.

#### 4.5.4.1 *Volumen af bassinerne*

Der har i langt de fleste tilfælde været oplysninger om bassinvolumen i de enkelte bassiner, men der har hovedsagligt været tale om det totale volumen, altså volumen inkl. et eventuelt permanent vådt volumen, som ikke kan anvendes til opmagasinering af overfladevand. I de tilfælde, hvor der har været tale om enten lukkede eller tørre bassiner er det totale volumen anvendt som det effektive volumen. I de tilfælde, hvor der har været tale om et vådt bassin er det effektive volumen antaget at være lig med 70% af det totale volumen. Denne antagelse er grov, men vurderes overordnet set at være passende.

I tilfælde, hvor der ikke har været oplysninger om bassinets volumen er dette vurderet ud fra overfladearealet målt på ortho-fotos.

#### 4.5.4.2 *Udløbsvandføring*

For at få en god beskrivelse af bassinet er det nødvendigt at kende udløbsvandføringen, da denne er afgørende for f.eks. opholdstiden af overfladevandet i bassinet og for, hvor meget vand der ledes ud af modellerne (og som dermed ikke kommer på terræn).

NIRAS har prioriteret, at de vigtigste udløbsvandføringer er fra bassiner, der har udløb til recipient. Derfor har NIRAS gennemgået alle disse bassiner med henblik på at vurdere om der i DanDasGraf allerede er data om en evt. drossling af udløbsvandføringen. I de tilfælde, hvor det er vurderet at der ikke allerede er oplysninger (det vurderes om f.eks. en udløbsledning på  $\varnothing 200$  kan fungere som drosselledning) er disse oplysninger fundet.

Manglende oplysninger omkring udløbsvandføringen er ved større, betydende bassiner fundet via opmåling, mens mindre og mindre betydelige bassiner fundet via et skøn af oplandets og bassinets volumen (typisk er udløbsvandføringen sat til 1 l/s per hektar totalt oplandsareal). For yderligere information om, hvilke bassiner der er opmålt se afsnit 2 side 2.

#### 4.5.4.3 *Bassingeometri*

Bassinernes geometri har meget sjældent været kendt, hvorfor det har været nødvendigt med en række antagelser hvad bassingeometrierne angår. Der er gjort en række forskellige antagelser afhængig af, hvad type bassin der er tale om.

Generelt er alle bassinet opbygget som "kasser", hvor der ikke tages højde for at skråningerne i bassinerne, samt at der mindre overfladeareal i bassinbund end i bassintop. Dette er gjort af hensyn til at holde geometrierne så enkle som muligt.

**Våde bassiner:** Disse bassiner er kendetegnet ved at have et permanent vådt volumen. Er der oplysninger omkring indløbsrørets højde over bassinets bund er det permanente volumen placeret under denne højde. Er der ingen oplysninger om placeringen er det permanente, våde volumen placeret fra bund til 60 cm over bunden.

Er der ikke kendskab til terrænkoten er denne vurderet ud fra terrænmodellen. Bundkoten er typisk opgivet, ellers er den interpoleret/skønnet ud fra omkringliggende brønde.

Er bassinvolumen ikke kendt er denne skønnet ud fra bassinets overfladeareal målt fra orthofotos.

**Tørre bassiner:** Er der ingen oplysninger om bassingeometri er bundkoten først forsøgt skønnet ud fra udløbsrørets kote, og derefter ud fra terrænmodellens kote i bassinbunden. Derefter er terrænkoten vurderet ud fra terrænmodellen.

Er bassinvolumen ikke kendt er denne skønnet ud fra bassinets overfladeareal målt fra orthofotos.

**Lukkede bassiner:** Lukkede bassiner er bygget som "kasser" fra bundkoten til topkoten. Topkoten er, i de tilfælde hvor den ikke er angivet, antaget til at være 1 meter under terræn. Bundkoten er, hvis den er ukendt, interpoleret/skønnet ud fra omkringliggende brønde.

#### 4.5.5 *Overløb*

Der er foretaget en screening af alle overløbsbygværkerne i modellen for at undersøge, hvilke der har manglet informationer på. De overløbsbygværker, hvor der har manglet informationer på er derefter blevet vurderet efter, hvor betydningsfulde disse er i forhold til afløbssystemets funktion. Dette er blandt andet vurderet ud fra oplandets størrelse, opstrøms lednings fald ned til overløbsbygværket og forholdet mellem indløbsvandføring og udløbsvandføring.

De overløbsbygværker, som er vurderet vigtige er blevet opmålt med henblik på at bestemme f.eks. kantlængde og kantkote, se afsnit 2 på side 2 for yderligere information om, hvilke bygværker der er opmålt.

Resterende overløbsbygværker med manglende informationer har fået disse oplysninger skønnet. Kantlængde er skønnet til at svare til "brøndens" diameter, mens kanthøjden er skønnet til at være 50 cm over bundkoten.

#### 4.6 Beskrivelse af bassiner

Bassinernes opbygning er beskrevet tidligere under afsnit 4.5.4 på side 10.

#### 4.7 Beskrivelse af renseanlæg

Der er modtaget en række oplysninger omkring opbygningen af renseanlæggene hos Holbæk Forsyning A/S. Renseanlæggene er opbygget efter disse oplysninger, hvor størstedelen er oplyst af Holbæk Forsyning A/S.

Renseanlæg	Opbygning	Bemærkning
Algestrup renseanlæg	Direkte udløb til recipient	Skønnet
Audebo renseanlæg	Direkte udløb til recipient	Skønnet
Bybjerg renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 65 m <sup>3</sup> /t. Der er kan pumpes yderligere 50 m <sup>3</sup> /t til buffertank på 225 m <sup>3</sup> .	
Gislinge renseanlæg	Maksimalt indløbsflow på 408 m <sup>3</sup> /t.	Normale indløbspumper kan yde 72 m <sup>3</sup> /t, mens 3. pumpe træder i kraft ved ekstremhændelser. 3. pumpe yder 336 m <sup>3</sup> /t.
Hellestrup Syd renseanlæg	Maksimalt indløbsflow skønnet til 108 m <sup>3</sup> /t.	Indløbsflowet er skønnet.
Holbæk renseanlæg	Maksimalt indløb til renseanlæg er på 1.500 m <sup>3</sup> /t de første to timer indtil renseanlægget er fyldt. Derefter 700 m <sup>3</sup> /t. Modelleret vha. fast indløb på 700 m <sup>3</sup> /t, men med bassinvolumen svarende til 2 timers ekstra indløbsflow på differencen 800 m <sup>3</sup> /t.	
Igelsø renseanlæg	Direkte udløb til recipient	Skønnet
Maglesø renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 18 m <sup>3</sup> /t.	
Næsby renseanlæg	Slettet i model.	Næsby er separeret, og der er ingen regnvandspåvirkning af renseanlæg.
Regstrup renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 100 m <sup>3</sup> /t.	
Skov Vallenrød renseanlæg	Direkte udløb til recipient	Skønnet
St. Merløse renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 150 m <sup>3</sup> /t. Bassinvolumen på 1.100 m <sup>3</sup> .	

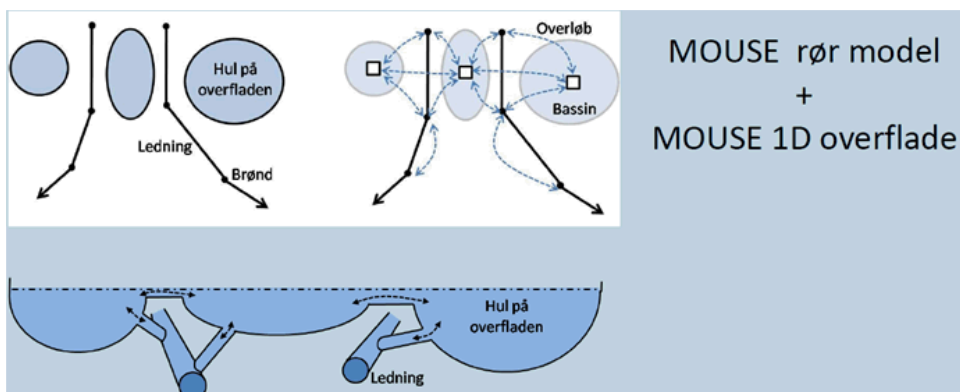
Renseanlæg	Opbygning	Bemærkning
Svinninge renseanlæg	Maksimalt indløbsflow til 720 m <sup>3</sup> /t.	Ved flow højere end 360 m <sup>3</sup> /t starter to ekstra pumper, hvis kapacitet er antaget til 360 m <sup>3</sup> /t.
Tornved renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 790 m <sup>3</sup> /t.	
Tysinge renseanlæg	Maksimalt indløbsflow på 720 m <sup>3</sup> /t.	
Ugerløse renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 180 m <sup>3</sup> /t og et bassinvolumen på 310 m <sup>3</sup> .	
Ulkestrup renseanlæg	Maksimalt indløbsflow skønnet til 144 m <sup>3</sup> /t.	Indløbsflowet er skønnet.
Undløse renseanlæg	Maksimalt indløbsflow er 270 m <sup>3</sup> /t.	
Østrup renseanlæg	Maksimalt indløbsflow skønnet til 144 m <sup>3</sup> /t.	Indløbsflowet er skønnet.

#### 4.8 Overflademodel

Holbæk modellerne er en såkaldt 1D-1D model, som fungerer rent teknisk ved, at vand der stuver op fra en brønd ledes til en lavning (bassin) via et overløb, se principskitse af figur 3. På den måde kan overfladeberegningerne og rørberegningerne set som to "adskilte" modeltyper, hvor rørmodellen indeholder en hel ordinær hydraulisk model, med bassiner, brønde, vandbremsere og ledninger. Overfladeberegningerne foregår ved hjælp af fiktive overløb, der forbinder terrænlavningerne med brønde (og terrænlavningerne i mellem). Når en brønd går i overløb vil vandet forsvinde ud af rørmodellen og over i overflademodellen og ligge i en lavning. Vandet kan ikke løbe tilbage fra overflademodellen til rørmodellen.

Figur 3

Principskitse over 1D-1D modelleringen af terræn. Rørmodellen er koblet en "forsimplet" terrænmodel beskrevet vha. bassiner og overløb.



Resultatet på oversvømmelseskortene er vanddybderne i terrænlavningerne, og ikke resultatet af rørberegninger. Derfor kan vand i bassiner ikke ses af oversvømmelseskortene, da almindelige bassiner ligger i rørmodellen.

#### 4.8.1 *Beskrivelse af terrænlavninger*

Terrænlavningerne er fundet via en GIS-analyse af terrænmodellen, og det er HydroDTM, som er anvendt som terrænmodel.

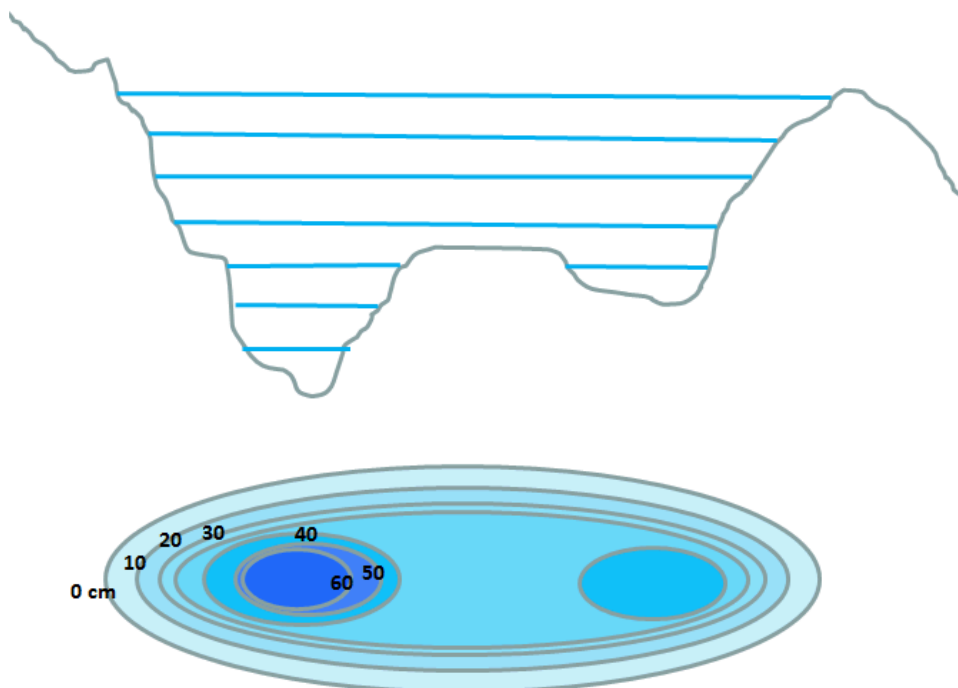
Lavnings volumener er beregnet for snit med 10 cm intervaller. Der er beregnet både areal og volumen under disse snit. Areal og volumen er beregnet i forhold til højde over laveste terrænkote i hver lavning. For en principskitse af en lavningsopbygning se figur 4.

Efterfølgende er alle lavningernes vandopland bestemt via en GIS-analyse på terrænmodellen. Denne analyse giver oplysninger om, hvilken lavning, som vand på terræn vil søge i mod. Brønde en lavnings "opland" er derfor forbundet med et fiktivt overløb fra brønden til lavningen (se mere om dette i afsnit 4.8.2).

Disse lavninger er importeret til MIKE URBAN, hvor bassingeometrien så er beskrevet for hvert snit, som er ved hvert 10. cm. Mellem snittene interpolerer MIKE URBAN lineært. I realiteten vil der være afvigelser, men GIS beregninger viser at afvigelsen er ubetydelig.

Figur 4

Principskitse af en lavningsopbygning. De blå streger i øverste billede angiver "snittene" ned igennem lavningen. Der er snit for hver 10 cm.



I praksis er alle lavninger beskrevet via et bassin i modellen. Da bassiner af modeltekniske årsager ikke kan stå alene i MIKE URBAN har det været nødvendigt at indføre en fiktiv ledning og tilhørende fiktiv brønd. Disse ledningerne har ingen betydning for modelkørslerne.

Er der bassiner i lavningsoplandet er der for hver enkel bassin foretaget en visuel vurdering af, om vandet vil strømme til bassinet eller lægge sig et andet sted. Er det vurderet at vandet vil strømme helt eller delvist til bassinet er alle overløb til lavningen flyttet, sådan alle knuder nu har 1D overløb til bassinet i stedet. I nogle tilfælde.

Ligger der et bassin i lavningsoplandet er der endvidere, hvis bassinets volumen udgør over 5-10% af lavningens totale volumen, foretaget en reducere af lavningens volumen, svarende til at bassinets volumen er fratrukket. Dette er gjort ved at reducere overfladearealet til hvert enkelt "snit" i lavningens geometriske beskrivelse.

#### 4.8.2 Overløb fra brønde til terrænlavninger

For at forbinde brønde med terrænlavningerne er brønde forbundet med et overløb. Overløbskanten for overløbet sidder i samme niveau som brøndens terrænkote, og overløbslængden er lig med brøndens omkreds (typisk 3,14



meter). Alle overløb, der er dannet i forbindelse med overflademodelleringen, har fået prefix "L\_weir\_\*", hvor \* henviser til lavningens navn. For at sikre, at vandet i lavningerne ikke tømmes tilbage i systemet ad uhensigtsmæssige veje er der alle overløb udstyret med kontraklapper, sådan vandet kun kan ledes til lavningerne og ikke tilbage. Dette er principielt forkert, men det er med denne metode svært at styre, hvilke brønde, som overløbsvandet vil blive ledt tilbage i.

Alle brønde, pånær udløb, trykbrønde og vandløbsknuder, er forbundet med et overløb til en lavning.

Hver lavning har et "opland", hvor overfladevand vil strømme ned mod lavningen. Dette opland er anvendt til at bestemme, hvilken lavning brøndens overløb skal forbindes til.

For at mindske mængden af "blå støj" på oversvømmelseskortet er alle lavninger under 10 m<sup>3</sup> fjernet fra modellen. Knuder der ligger i oplandet til en lavning med volumen under 10 m<sup>3</sup>, har et overløb til den lavning, hvis opland ligger tættest på knuden.

#### **4.8.3** *Overløb fra terrænlavning til terrænlavning*

Overløb mellem en terrænlavning til en anden sker ligeledes ved hjælp af et overløb. Overløbskanten ligger i terrænkoten for bassinet, og overløbskanten er sat til fiktive 50 meter. Der er kun etableret overløb mellem lavninger, hvor der under 100 års CDS regn vil optræde opstuvning til terræn i lavningen.

Lavningerne er forbundet internt med overløb ved hjælp af en visuel inspektion af hver lavning, hvor der sker opstuvning til terræn. Overløbsvandets "retning" er vurderet ud fra et kort over flowvejene på terræn.

Vil vandet fra en lavning løbe ud i en fjord, å eller anden recipient vil vandet forsvinde ud af modellen vha. et overløb uden "endestation". Lavninger med udløb til modellerede vandløb vil dog have overløb til vandløbet, og vandet vil dermed ikke forsvinde af systemet.

### **4.9 Vandløb**

I afløbsmodellerne er der også medtaget vandløb af hensyn til at kunne modellere udløbene fra afløbssystemet til vandløbene korrekt. Der er derfor i det omfang, det har været muligt medtaget vandløb i modellen. Disse er koblet sammen med afløbssystemet, således at vandstanden i udløbet er afhængigt af vandstanden i det modellerede vandløb og ikke en fast rand, som ellers ville være nødvendigt. På denne måde medtages de dynamiske effekter på vandløbene og deres sammenspil med udløbene fra afløbssystemet, under en

regnhændelse i beregningerne. Vandløb, der ikke er medtaget i modellen, er beskrevet ved et fast vandspejl i udløbsrørene fra afløbssystemet, se afsnit 4.9.3.

#### 4.9.1 Medtagede vandløb

Holbæk kommune har leveret data i form af en Proka-database, som indeholdt de nyeste oplysninger omkring vandløbene i kommunen. Disse data er grundlaget for at lave længde- og tværsnitsprofilerne for de udvalgte vandløb.

Vandløbene blev udvalgt ved at sammenligne placeringen af udløbene med placeringen af vandløbene og medtage de vandløb, hvor der var både data for vandløbet samt udløb fra afløbssystemet. På denne måde blev der udvalgt 8 vandløb og 2 tilløb, som blev integreret i modellen og placeringen af disse kan ses på figur 5. For f.eks. Kalvemose Å blev det vurderet, at datagrundlaget ikke var tilstrækkelig godt til at kunne modellere vandløbet. Vallendrød Bæk er medtaget pga. et udløb fra Gammel Tølløse til bækken.

Figur 5

Viser de medtagede vandløb i modellen angivet med blå streg.  
De røde prikker angiver placeringen af de 3 anvendte målestationer.



I de tilfælde hvor der var data tilgængelig til det, er der taget udgangspunkt i opmålinger af vandløbene, mens der ellers er taget udgangspunkt i regulativerne for på den måde at få så præcis en beskrivelse af vandløbet som muligt.

I tabellen nedenfor kan de medtagede vandløb i modellen ses med angivelse af datagrundlag, karakteristisk vandføring, oplandsareal og delmodel. Ud fra den karakteristiske vandføring kan den anvendte målestation til vandløbet ses ud fra tabel 1. Oplandsarealet er angivet ved slutningen eller udløbet fra vandløbet og angiver altså det totale oplandsareal. Der er ned gennem vandløbets stationering bestemt oplandsarealer og på den måde er vandføringen indført i modellen ned gennem vandløbets længde.

Vandløbsnavn	Datagrundlag	Karakteristisk vandføring [l/s/km <sup>2</sup> ]	Oplandsareal [km <sup>2</sup> ]	Delmodel
Svinninge Å	Opmåling	12,50	82,3	Vest
Audebo Kanal	Regulativ	12,50	59,1	Vest
Byløbet (Tilløb til Audebo Kanal)	Opmåling	12,50	1,6	Vest
Lundemarksløbet (Tilløb til Audebo Kanal)	Regulativ	12,50	2,0	Vest
Åmose Å	Opmåling	8,38	523,5	Vest
Elverdamsåen	Regulativ	10,84	41,2	Øst
Muskebæk	Opmåling	8,38	11,0	Øst
Truelsbæk	Opmåling	10,84	12,7	Øst
Tåstrup Å	Opmåling	8,38	47,0	Øst
Vallenderød Bæk	Opmåling	8,38	15,2	Øst

#### 4.9.2 Vandføringsdata

Der er indhentet vandføringsdata fra 3 målestationer i området, hvilket var de data der var tilgængelige for området med en tilstrækkelig måleperiode til at foretage den statistiske bearbejdning af dataene. Der blev for de tre vandføringsserier fundet oplandsareal til målestationen og ud fra dette bestemt karakteristiske vandføringer. Til modellering blev der anvendt en sommer median maksimums vandføring til at modellere afstrømningen og dermed vandstanden i vandløbene, der fungerede som randbetingelse til udløbene fra modellen. Vandet fra udløbene medførte naturligvis stigende vandføring og vandstand ned gennem systemet og på den måde blev påvirkningen fra udløbene medtaget i beregningen af vandløbene.

I tabel 1 er de anvendte målestationer vist med angivelse af måleperiode, oplandsareal til målestationen og de anvendte karakteristiske vandføringer, som i dette tilfælde baserer sig på sommer median maksimum.

Vandløb	Mst. placering	DDH mstnr.	Måleperiode	Oplandsareal [km <sup>2</sup> ]	Sommer median maks. [l/s/km <sup>2</sup> ]
Åmose Å	Bromølle	55.01	1992-2011	286,6	8,38
Svinninge Å	Marke Bro	51.06	1992-2005	36,9	12,50
Tuse Å	Nybro	51.07	1979-2011	108,5	10,84

Tabel 1. Viser de anvendte målestationer og karakteristiske vandføringer.

#### 4.9.3 Øvrige udløb

Der har også været tilfælde, hvor der har været udløb til vandløb eller grøfter, der ikke har været data for. For at medtage effekten af et muligt vandtryk i disse, blev der derfor gjort en antagelse om en fast vandstand i disse udløb. Denne byggede på en antagelse om at vandstanden i de ikke medtagede vandløb var omkring 0,5 m, hvilket blev vurderet med udgangspunkt i resultaterne fra de medtagede vandløb, samt at udløbene kom ud midt i vandsøjlen. Derfor blev der koblet et fast modtryk på 0,3 m lagt til i bundkoten på udløbene. På denne måde blev der taget højde for at der ikke nødvendigvis er frit udløb fra udløbene.

Ved udløb til søer og havet, er der for søer vurderet en vandstand ud fra den digitale højdemodel, mens der ved havet er indsat en vandstand på 0,5 m, se afsnit 5.5. Vandstanden i havet, er naturligvis også koblet på udløbene fra vandløbene.

## 5 RANDBETINGELSER

### 5.1 Valg af regn

Der er anvendt 5 forskellige syntetiske regnhændelser og en historisk regnhændelse til at vise oversvømmelserne i Holbæk Kommune. Der er såkaldte CDS-regn (syntetisk genereret nedbør kaldet Chicago Design Storm, som består af en masse "kasseregn" slået sammen) for gentagelsesperioderne 5, 10, 20, 50 og 100 år, mens den historiske regn er målt en regnmåler på Holbæk Renseanlæg den 8. august 2010.

Til at danne CDS-regnene er anvendt Spildevandskomitéens regneark "Regional CDS Ver\_3.2.xls" og der er anvendt faktorerne:

- Årsmiddelnedbør: 600 mm/år

- Region: 2 (østlige Danmark)
- Frekvensfaktor: 0
- Varighed: 360 minutter (6 timer)
- Tidsskridt: 10 minutter
- Asymmetrikoefficient: 0,5 (Symmetrisk regn)

Dermed opnås følgende karakteristika for de 6 forskellige regn, før sikkerhedsfaktorer.

	T = 5	T = 10	T = 20	T = 50	T = 100	8/8 – 2010
Regndybde, mm	32,6	38,8	45,7	56,2	65,3	59,4
Maks 10-min. intensitet l/s/ha	161	192	227	279	323	156

#### 5.1.1 Sikkerhedsfaktorer

Der er anvendt sikkerhedsfaktorerne 1,11, 1,14, 1,15, 1,17 og 1,18 for regnhændelserne med hhv. en gentagelsesperiode på 5, 10, 20, 50 og 100 år. Disse er alle valgt ud fra Naturstyrelsen vejledning for udarbejdelse af klimatilpasningsplaner. Der er ikke anvendt sikkerhedsfaktor på den historiske regn.

#### 5.2 Tidarealkurve og hydrologisk reduktionsfaktor

Der er for alle oplande anvendt en hydrologisk reduktionsfaktor på 0,9. Ligeledes er der for alle oplande anvendt en lineær tidarealkurve (TACurve1), og en afstrømningstid på 7 minutter.

#### 5.3 Sammenfald mellem høj vandstand og ekstrem regn

Der er ikke taget højde for ekstreme

#### 5.4 Vandstand i ikke modellerede vandløb

Da det ikke er alle vandløb, som er modelleret er det nødvendigt at kunne beskrive det vandspejl, som de ikke modellerede vandløb vil have på en anden måde. Dette er gjort ved at sætte en konstant vandstand ind i de udløb, som har udløb til et ikke modelleret vandløb. Denne vandstand er vurderet at være 30 cm over bundkoten i udløbet. Dette er vurderet ud fra, at et udløbene har udløb ca. midt i vandløbet (midt i mellem vandløbsbund og vandspejl) og at vanddybden er

0.5 m i vandløbet. Vanddybden er vurderet ud fra vanddybden fra de modellerede vandløb under sommer median maksimum vandføring.

### **5.5 Vandstand i fjordene**

Der er regnet med forventet fremtidig normalmiddelvandstand i havet i scenarie 2050, jf. Naturstyrelsens vejledning om klimatilpasningsplaner og klimalokalplaner (januar 2013), hvilket vil sige +0,5 meter.

Der ikke taget højde for et sammenfald mellem ekstrem nedbør og en ekstrem højevandssituation. Dette skyldes, at de højeste vandstande sker meget ofte sker i vinterperioden, mens ekstreme nedbørshændelser sker i sommerperioden. Derfor vurderes det ikke som værende et realistisk scenarie, at begge ekstremesituationer forekommer samtidigt, men der vil dog altid være en sandsynlighed for at dette vil forekomme, om end sandsynligheden er meget lav.