

KLIMATILPASNING AF BOGENSE BYBÆK

FASE 1: HYDRAULISKE UNDERSØGELSER

INDHOLD

1	Indledning	1
2	Datagrundlag	2
3	Bybækken	2
3.1	Dyrehavekvarteret	2
3.2	Nedstrøms Skovvej	5
4	Østre Enges Landkanal og Kristianslunds Enge	6
4.1	Udløbet fra Østre Enges Landkanal og Ålebækken	6
4.2	Østre Enges Landkanal og Kristianslunds Østre Enge	8
5	Projektet	10
6	Konsekvenser	12
7	Mulig finansiering	13

1 Indledning

Et vigtigt element i Nordfyns Kommunes helhedsplan for klimatilpasning i Bogenese er at overføre vand fra Bybækken til Østre Enges Landkanal. Herved reduceres risikoen for oversvømmelser i byen.

Dette notat beskriver hydrauliske undersøgelser, der er nødvendige for at kunne dimensionere løsningen og for at kunne beregninger konsekvenserne i forhold til vandløbsloven og en mulig fordeling af bidrag. Analysen skal således bl.a. vise,

PROJEKTNR.

DOKUMENTNR.

A086

01

VERSION

UDGIVELSESDATO

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

KONTROLLERET

GODKENDT

01

august 2016

LAFN, BOC

JIJ

LAFN

hvilke ejendomme der vil få fordel af løsningen.

Afvandingen af Bogense er kompliceret, og både Bybækken og landkanalerne er kunstigt anlagte. Bybækken er flere steder over det vandløbsnære terræn, og det giver problemer ved ekstreme afstrømningshændelser, hvor der strømmer vand på terræn væk fra vandløbet.

For at analysere problematikken gennemgås de enkelte områder og vandløb for sig.

2 Datagrundlag

Beregningerne er foretaget som stationære beregninger udført for 3 udvalgte afstrømninger:

1	Medianmaksimum	36 l s ⁻¹ km ⁻²
2	100-års hændelse nu:	100 l s ⁻¹ km ⁻²
3	100-årshændelse fremskrevet:	160 l s ⁻¹ km ⁻²

Valget af afstrømninger er beskrevet i helhedsplanens afsnit 3.2.

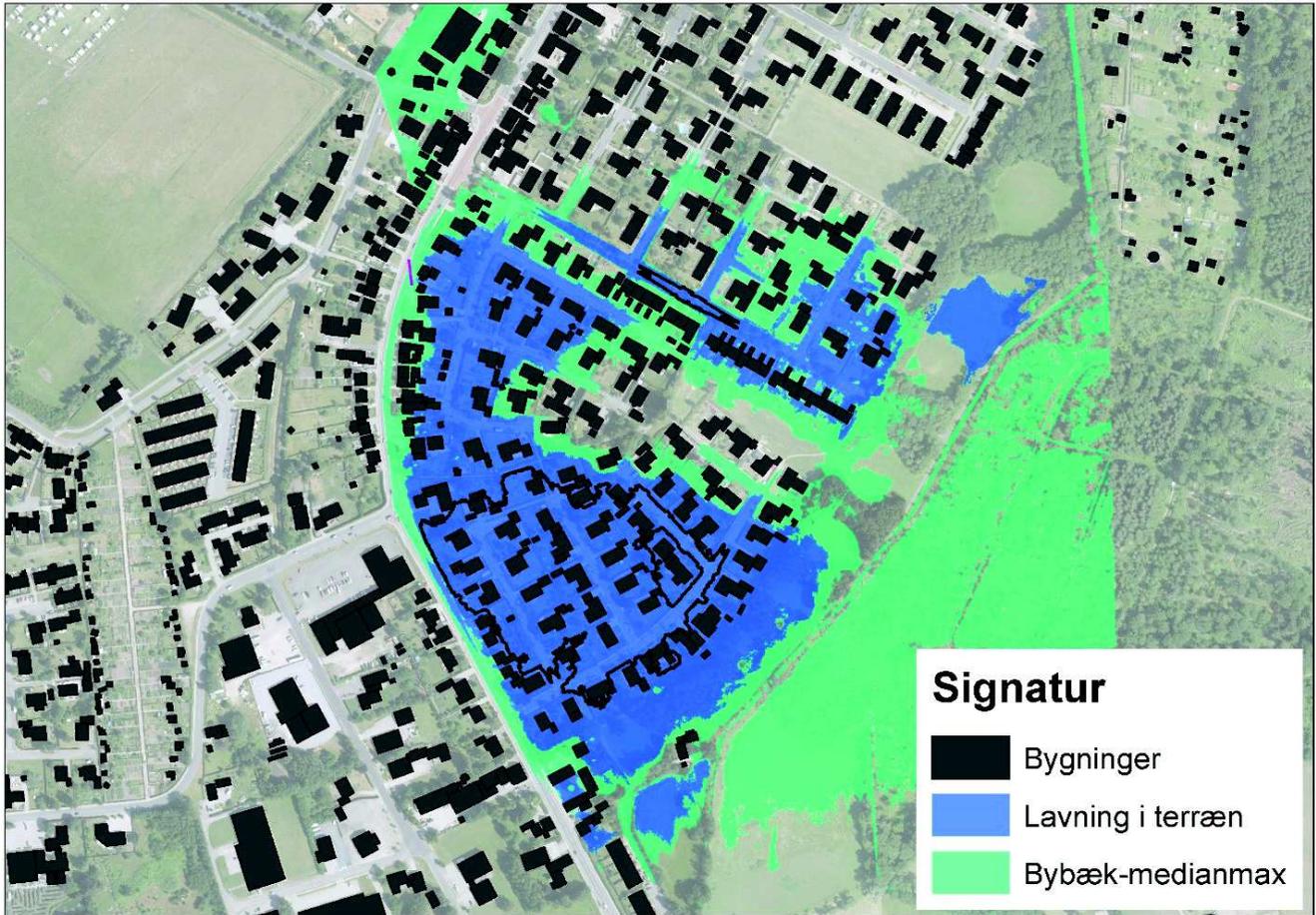
For Bogense Bybæk er grundlaget en opmåling fra 1990, mens Landkanalen og Kristianslund Østre Enge er opmålt i 2014.

Alle beregninger er foretaget med et Manningtal på 25, som kan bruges for et forholdsvis stort vandløb med stor vandføring og kun lidt grøde.

3 Bybækken

3.1 Dyrehavekvarteret

På strækningen nær Dyrehavekvarteret er vandløbet stort set fyldt til kanten ved medianmaksimum, og ved større afstrømning løber bækken over sine bredder og strømmer ned i det lavtliggende parcelhusområde, der ligger lavere end vandløbet. Figur 1 viser områder, der ligger lavere end Bybækkens vandspejl ved medianmaksimum (lysblå).



Figur 1 Dyrehavekvarteret. Grøn er arealer, der ligger lavere end Bybækkens vandspejl ved medianmaksimum. Blå arealer viser lavninger inden for oversvømmelsesområdet. Såfremt afløbssystemet ikke kan følge, vil lavningerne helt eller delvist blive fyldte. De sorte kurver angiver de dybeste lavninger. Såfremt afløbssystemet overbelastes vil det være ejendomme i bunden af lavningerne som vil opleve problemerne først og dermed har de en større sandsynlighed for oversvømmelse.

Ved ekstreme afstrømninger fungerer den pågældende strækning af Bybækken reelt som et nødoverløb, der aflaster Bybækken. Herved reduceres den vandføring, bækken leder gennem byen, til medianmaksimum (dvs. vandløbets kapacitet) og resten strømmer over terræn. Ved en 100-årshændelse nu vil "overløbet" være 512 l/s og ved en fremskrevne 100-årshændelse 992 l/s. Disse værdier er døgnmidler. I korte perioder vil der også ske overløb, selvom døgnmiddel er mindre end medianmaksimum.

Overløb sker både mod vest til Dyrehavekvarteret og til skoven øst for bækken, hvor vandet strømmer til Kristianslunds Østre Enge og Østre Enges Landkanal.

Dyrehavekvarteret er regnvandskloakkeret og afvander gennem en Ø900 mm ledning under Odensevej til Vestre Enge, hvorfra vandet pumpes til Vestre Enges Landkanal, der løber ud i havnen sammen med Bybækken.



Figur 2 *Oversigt over kloakeringen af Dyrehavekvarteret. Selve Dyrehavekvarteret er separatkloakeret og leder via Ø900 regnvand frem mod Vestre Enge til videre oppumpning til Vestre Enge Landkanal*

Regnvandsledningen er sandsynligvis stor nok til at håndtere den vandmængde, der strømmer over terræn fra Bybækken til regnvandssystemet såfremt tilstrømningen til området er begrænset. Så længe regnvandssystemet ikke er overbelastet af regnvand, og vandstanden i Vestre Enge ikke er for høj, vil der derfor ikke ske opstuvning i Dyrehavekvarteret.

Strømningen over terræn fra Bybækken kan imidlertid volde skade i Dyrehavekvarteret.

Overløbet til Dyrehavekvarteret kunne forhindres ved at lave et dige langs Bybækken. Et sådant dige skulle være højt, hvis det skulle forhindre overløb ved ekstreme afstrømninger, hvilket skyldes, at Bybækkens vandføringsevne er begrænset. Samtidig ville et sådant dige skabe oversvømmelser nedstrøms og blot flytte problemet.

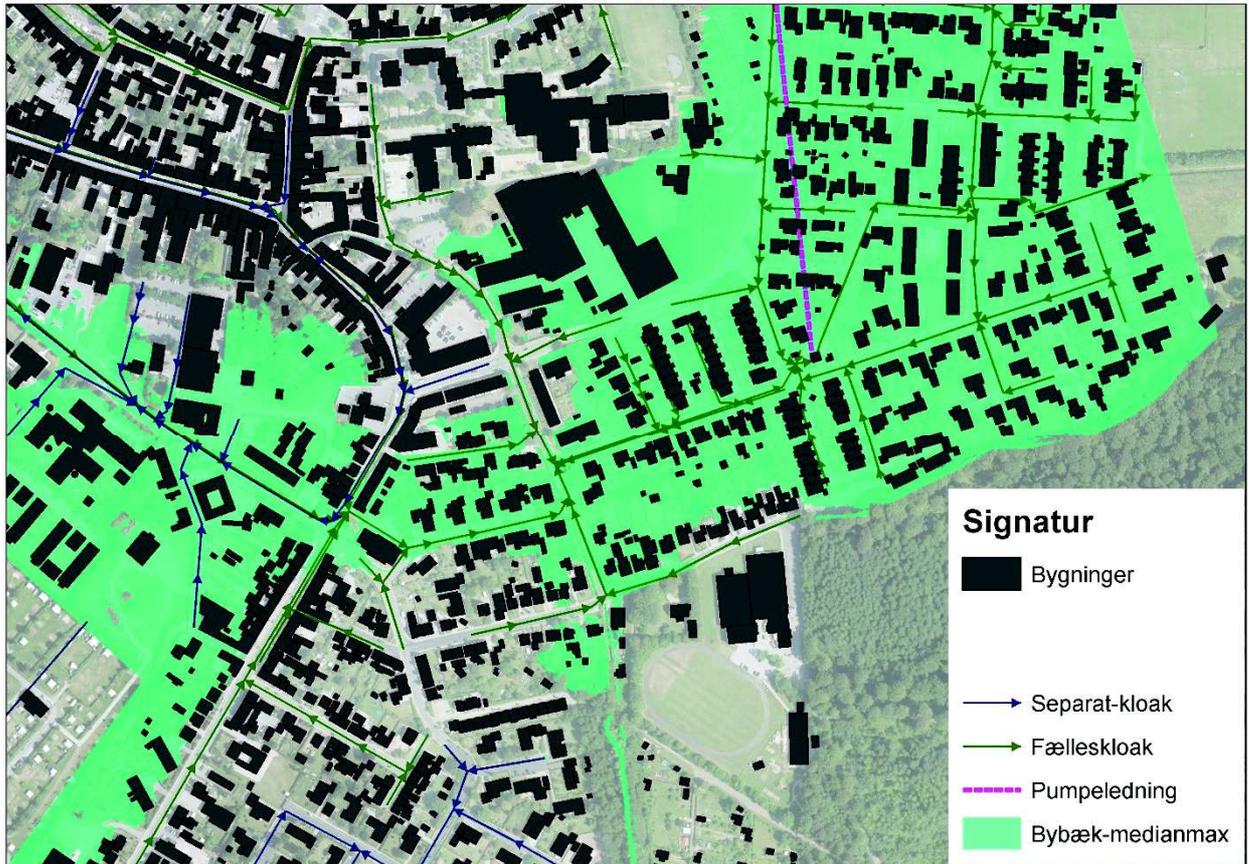
Konsekvenser Dyrehavekvarteret

Såfremt Bybækken løber over sider breder, vil vandet løbe mod de lavt liggende områder i Dyrehavekvarteret. Skader i området vil opstå som følge af vandets strømning på terræn samt evt. opfyldning af lavtliggende områder såfremt afløbssystemet ikke kan følge med.

Vandet vil løbe via Vandcenter Syds ledninger frem mod Vestre Enge som dermed modtager uvedkommende vandløbsvand som skal pumpes gennem Vestre Enges Landvindingslag til Vestre Enge Landkanal og udløbet i Bogense Havn.

3.2 Nedstrøms Skovvej

På strækningen nedstrøms Skovvej passerer Bybækken en række overkørsler og broer med begrænset kapacitet. Disse giver opstuvning ved stor afstrømning.



Figur 3 Områder der ligger lavere end vandspejlet i Bybækken ved medianmaksimum. Der kan ske oversvømmelser opstrøms Skovbrovej/Skovvej og i området Skovvej, Plantagevænget, Mejerivej og Bøgevej. Vandet vil både strømme mod øst og vest, dvs. til både Østre og Vestre Enge. En stor del af vandet vil løbe i kloakken. Området er primært fælleskloakeret, så oversvømmelser kan medføre, at pumpestationen i kloaksystemet, der pumper vandet til renseanlægget, bliver overbelastet, og at systemet derfor aflaster opspædet husspildevand til Østre Enge.

Figur 3 viser, at der kan ske oversvømmelser opstrøms Skovbrovej/Skovvej og området Skovvej, Plantagevænget, Mejerivej og Bøgevej. Vandet vil strømme til både Østre og Vestre Enge. En stor del af vandet vil løbe i kloakken. Området er fælleskloakeret, så oversvømmelser kan medføre overløb af opblandet husspildevand.

Ved medianmaksimum er strømmingen af vand på terræn formentlig meget ringe, men ved større vandføringer vil de være betydelige. Som forholdene er nu,

reduceres de store vandføringer gennem byen imidlertid effektivt, fordi der som nævnt sker overløb til Dyrehavekvarteret.

Det er ikke praktisk muligt at reducere oversvømmelserne i byen ved hjælp af diger. Oversvømmelserne kan reduceres ved at fjerne de vigtigste flaskehalse. Den vigtigste indsnævring er nu ved Hotelpassagen (st. 490-498), men den giver kun en mindre opstuvning (ca. 10 cm) ved medianmaksimum. Ved ekstreme afstrømninger får en række andre begrænsninger betydning. Disse fremgår af de beregnede vandspejle, der er vist som bilag. Fjernelse af indsnævringer er imidlertid ikke tilstrækkeligt til at løse problemet.

Konsekvenser Skovvej

Såfremt Bybækken løber over sine breder, vil vandet løbe mod de lavtliggende områder ved Skovvej. Såfremt afløbssystemet ikke kan følge med, vil der opstå skader i området som følge af vandets strømning på terræn samt evt. opfyldning af lavtliggende områder.

Vandet vil løbe via Vandcenter Syds ledninger både mod Vestre Enge via regnvandskloakken og mod Østre Enge via fælleskloakken. Vestre Enge vil dermed modtage uvedkommende vandløbsvand som skal håndteres via pumpestationen før udløb i Vestre Enge Landkanal mod Bogense Havn.

Kvartererne ved Skovvej vil kunne opleve opstuvning af opspædet spildevand, hvis systemet overbelastes. Når pumpestationen i fællesystemet overbelastes, vil der ske aflastning af spildevand ud til Østre Enge, hvilket både er til gene for området af hygiejniske årsager, samt bidrage til at antallet af overløb fra fællesystemet øges. Vandløbsvandet ender ved pumpestationen ved Østre Enge, som dermed skal håndtere uvedkommende vandløbsvand.

4 Østre Enges Landkanal og Kristianslunds Enge

4.1 Udløbet fra Østre Enges Landkanal og Ålebækken

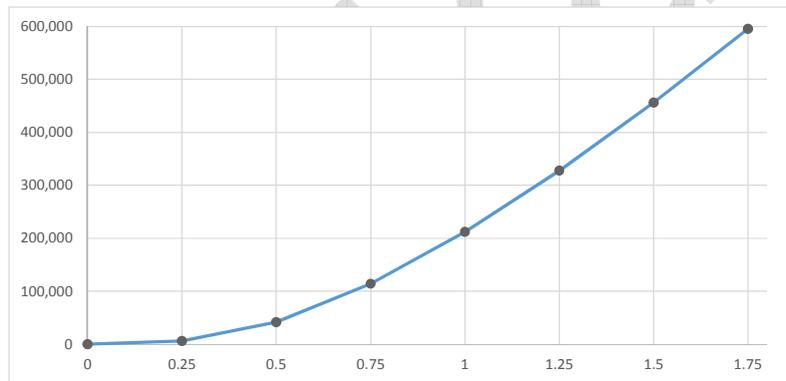
Østre Enges Landkanal udmunder i Ålebækken, der løber ud i Kattegat gennem et højvandsslukke. For at kunne beregne vandspejle i Østre Enges Landkanal er det nødvendigt at kende vandstanden ved udløbet.

Der er desværre ingen målestation, der registrer vandstanden i Ålebækken, så vi har i stedet beregnet sandsynlige vandstande. Disse vandstande er brugt som randbetingelser ved de hydrauliske beregninger af systemet længere opstrøms.



Figur 4 Opstuvning i Ålebækken. Lysblå = terræn under kote 0,50 m og lys grøn = terræn under 1,00 m.

Umiddelbart opstrøms Gyldenstensvej er der en ret bred ådal, som kan opstuve betydelige mængder vand (Figur 4). Mængden er vist i Figur 5.



Figur 5 Beregnet opstuvet volumen (m³) i Ålebækken ved forskellig vandstand (0-1,75 m)

Hvis højvandslukket træder i funktion ved en havvandstand på kote 0, kan der opstuves 212,400 m³ inden vandstanden bag højvandslukket stiger til 1,00 m. Hvis højvandslukket først lukkes ved kote 0,50 m, kan der stadig opstuves 170,600 m³ under kote 1,00.

Tabel 1 Mulig opstuvning ved Ålebækken

Niveau	Areal (ha)	Volumen (m ³)
0 - 0,50 m	20,8	41,800
0,50 - 1,00	43,1	170,600
0 - 1,00	43,1	212,400

Ålebækkens opland er ca. 20 km². Ved en 100-årshændelse under de nuværende forhold vil således strømme 173,000 m³ til "reservoiret" i løbet af 24 timer. Hvis vandstanden var 0, når afløbet blev lukket, vil vandstanden således stige til ca. 0,90 m. Hvis vandstanden ved start var 0,50 m, vil niveauet stige til ca. 1,0 m.

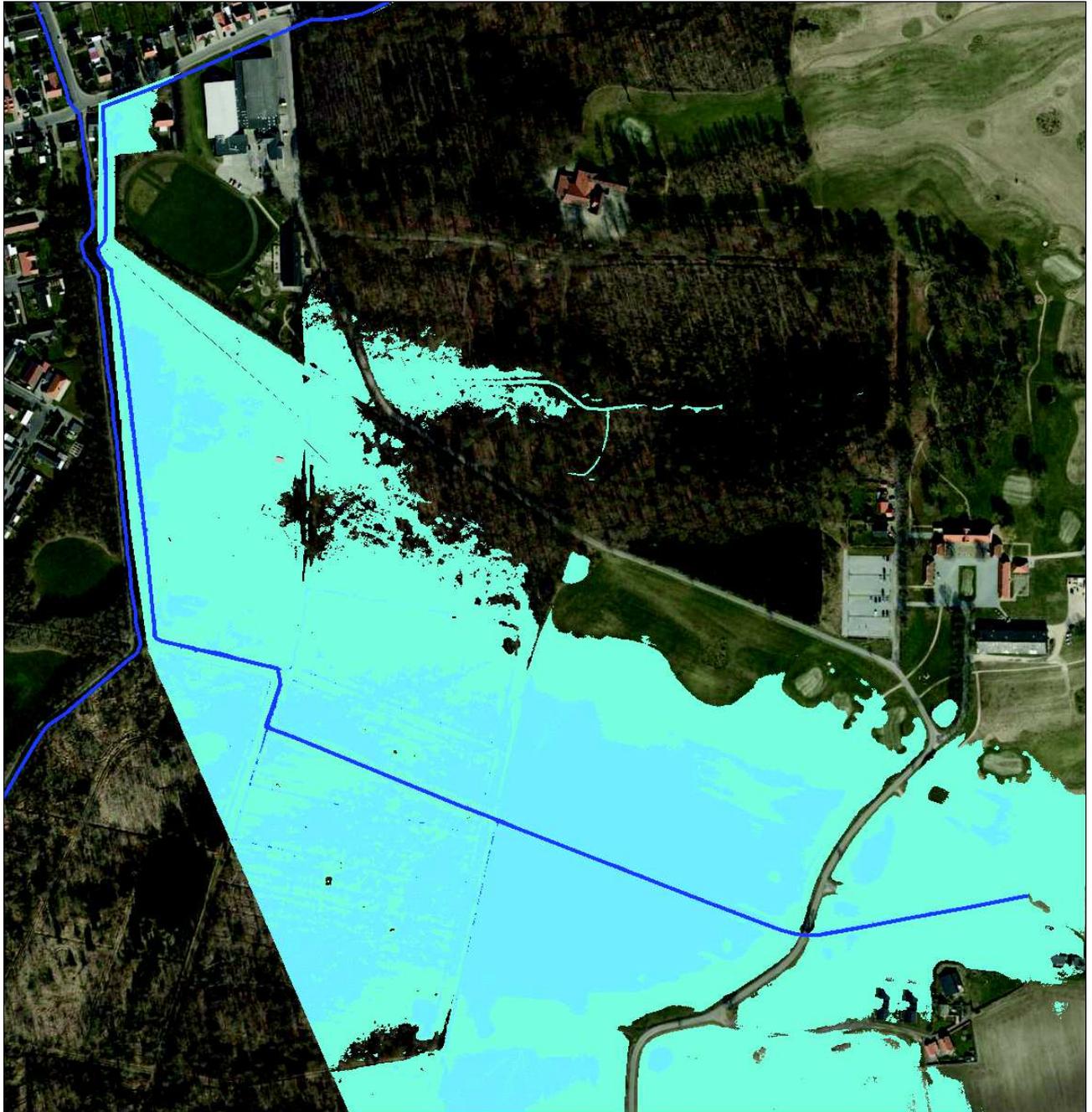
Digerne langs landkanalen er anlagt i kote 1,42 m (1,50 m DNN). Gyldenstensvejs overflade er kun omkring kote 0,80-0,85, men broen er forsynet med kantmure som den ikke oversvømmes, selvom vandstanden i landkanal bliver større.

I de hydrauliske beregninger bruger vi to randbetingelser, dels en vandstand ved udløbet af landkanalen på 0,1 m ved normal havvandstand, dels en vandstand på 1,0 m ved betydelig opstuvning.

Det skal tilføjes, at det er usandsynligt, at ekstremt højvande og ekstrem afstrømning indtræder samtidig.

4.2 Østre Enges Landkanal og Kristianslunds Østre Enge

Ved medianmaksimum sker der ikke oversvømmelser, men ved ekstreme afstrømninger sker der omfattende oversvømmelser (Figur 6).



Figur 6 Oversvømmelser ved Kristianslunds Østre Enge med vandløbets nuværende skikkelse ved en 100-årshændelse nu (mellemblå) og klimafremskrevet (lys blå). Vandstanden ved udløbet er sat til 0,1 m. Ved beregningen er set bort fra eventuelle overløb fra Bybækken. Den vestlige afgrænsning er kunstig. Der er set bort fra det dige, der nu er anlagt på golfområdet.

Ved nuværende 100-årshændelse sker der oversvømmelser af kolonihaver, af skoven og af golfbanen vest for Kristianslundsvej. Desuden strømmer der vand over Skovvej. Oversvømmelserne ved denne hændelse svarer nogenlunde til hændelsen i december 2015, som blev dokumenteret med droneoptagelser.

Oversvømmelserne skyldes tre flaskehalse, som det ses på Bilag B:

- > den rørlagte strækning ved Bogense Hallerne
- > de to overkørsler ved skovvejene

Ved udarbejdelse af kortet over oversvømmelserne er der regnet med, at vandet strømmer over terrænen ved skovvejene (og altså ikke de højere koter, VASP beregningen i Bilag B giver).

Ved beregningerne er der set bort fra, at der kan strømme vand fra Bybækken til Kristianslunds Østre Enge.

5 Projektet

Ved projektet ledes vand via et overløbsbygværk fra Bybækken til Kristianslunds Østre Enge, og landkanalen udvides og omlægges. Projektets hovedelementer er:

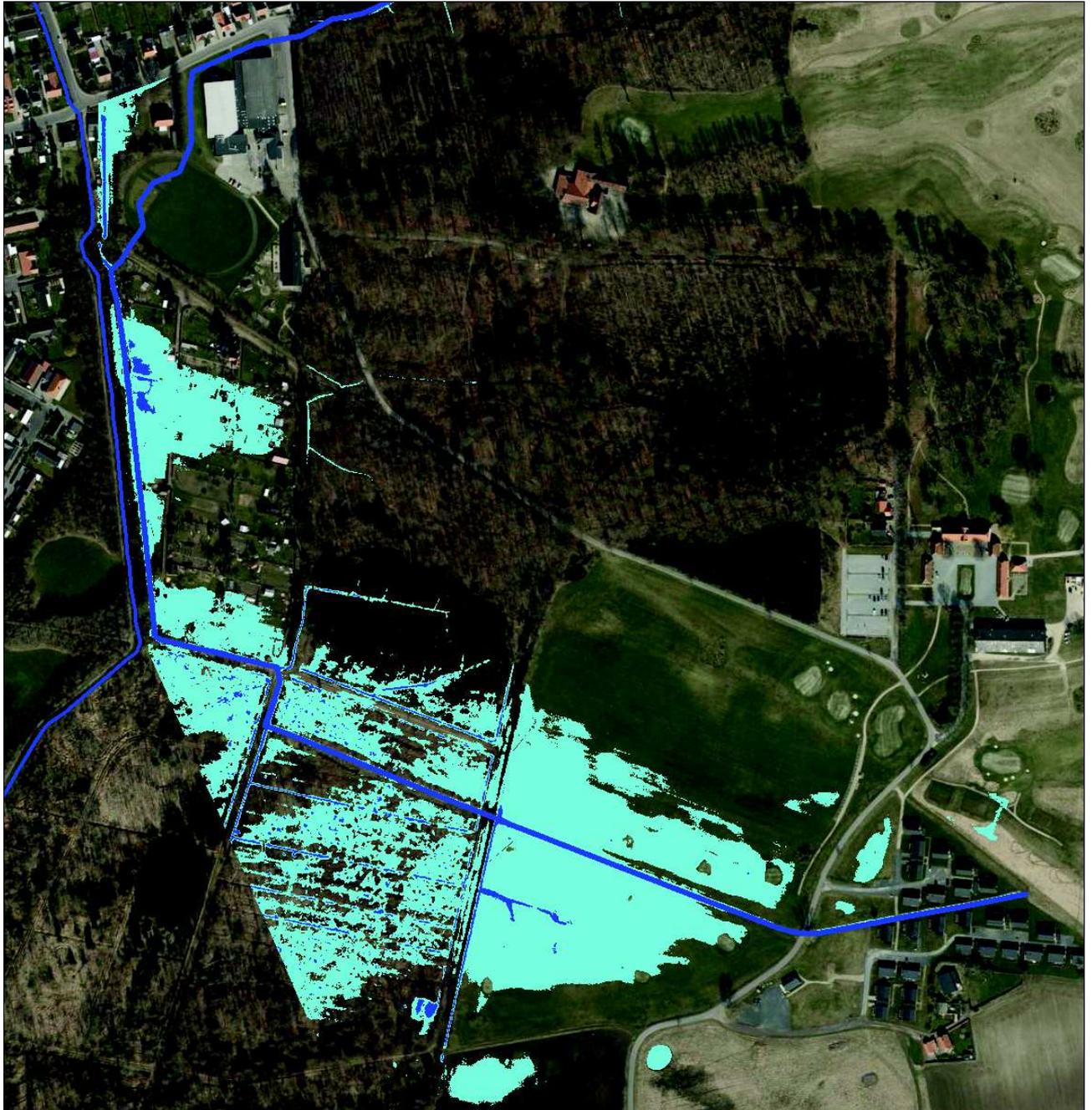
- > overløbsbygværk ved Bybækken
- > åbning af den rørlagte strækning af Østre Enges Landkanal ved Bogense Hallerne
- > ny underføring af Kristianslundsvej ved Bogense Hallerne samt ændring af vejen i skoven
- > udvidelse af landkanalen
- > udskiftning af overkørsel til Østre Enge ved pumpestationen
- > udskiftning af to røroverkørsler i skoven

I de hydrauliske beregninger er forudsat, at vandføring større end ca. 220 l/s (dvs. lidt under medianmaksimum på 296 l/s) ledes gennem et overløb placeret nær den nordlige ende af kolonihaverne (st. 1100) eller længere mod syd (st. 1850)¹. Ved en afstrømning svarende til den nuværende 100-årshændelse overføres 600 l/s og ved en fremskrevne 100-årshændelse 1080 l/s.

Projektet er endnu ikke udformet i detaljer, så tallene er foreløbige, men de viser, at der ikke længere vil ske oversvømmelser fra Bybækken - hverken i Dyrehavekvarteret eller nedstrøms Skovvej.

De beregnede vandspejle er medtaget som Bilag C. Oversvømmelsernes udbredelse er vist på Figur 7.

¹ Hvis overløbet placeres mod nord nær kolonihaverne, vil det være nødvendigt, at sikre Dyrehavekvarteret mod ekstrem afstrømning med en lav jordvold eller anden terrænregulering. Det undgås, hvis overløbet placeres mod syd, men så skal vandløbet Kristianslunds Østre Enge udvides over en længere strækning.



Figur 7 Oversvømmelser med projektet ved en 100-årshændelse nu (mørkblå) og fremskrevet (lysblå).

Projektet betyder, at der stort ikke sker oversvømmelser ved en 100-årshændelse med den nuværende afstrømning, og at oversvømmelserne ved den fremskrevne 100-årshændelse bliver lidt mindre end ved den nuværende 100-årshændelse uden projekt. Den viste oversvømmelse ved Skovvej kan undgås ved at tilkaste den overflødige strækning helt eller delvist.

Projektet vil også have effekt selvom vandet opstaves nær udløbet på grund af højvande. Beregninger viser, at en kombination af en afstrømning på $100 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ og en vandstand ved udløbet på 1,00 m vil resultere i en oversvømmelse, der er en mindre end den lysblå flade på Figur 7. Det er meget usandsynligt, at stort højvande og ekstrem vandføring indtræffer samtidigt.

Beregningerne viser, at der er ca. 30 cm opstuvning ved Gyldenstensvej ved ekstrem afstrømning og højvande. Indsnævringen har således betydning, men vi vurderer, at det ikke er nødvendigt at udvide broen foreløbigt.

Beregningerne viser, at Ålebækken har stor kapacitet til at opstuve vand, således at vandstanden ikke stiger så meget selv ved meget stor afstrømning samtidig med højvande². Beregningerne tyder således på, at det ikke er nødvendigt at etablere en pumpestation ved udløbet af landkanalen eller af Ålebækken foreløbigt. Vi anbefaler dog, at der etableres en målestation til registrering af vandstanden ved udløbet, således at der på sigt tilvejebringes et mere sikkert projekteringsgrundlag.

De mere detaljerede beregninger i dette notat peger således på at både udskiftning af broen på Gyldenstensvej og etablering af pumpestation og højvandslukke kan udskydes i mange år. Dette reducerer omkostningerne ved projektet til ca. 3,5 mio. kr. Tallet er foreløbigt og vil ændre sig efter detailprojekteringen.

6 Konsekvenser

Bogense Bybæk er et usædvanligt vandløb, idet det flere steder ligger højt i terrænet, således at vandet strømmer væk fra vandløbet, når det går over sine bredder. Det skyldes, at vandløbets forløb er kunstigt. Konsekvenserne af oversvømmelser kan derfor ikke beregnes på samme måde som i "normale" vandløb, hvor vandet samles i de vandløbsnære områder.

Ejendomme kan påvirkes af oversvømmelser på tre måder:

- > de ligger i en lavning, hvor vandet samles
- > vand strømmer over ejendommen, når vandløbet går over bredden
- > vand strømmer op gennem regnvands- eller spildevandssystemet, fordi det overbelastes af tilført vandløbsvand

Konsekvenserne er sammenfattet i Tabel 2.

Tabel 2 Sammenligning af scenarier

	Nu	Med projekt
Dyrehavekvarteret	Strømning på terræn ved afstrømning over medianmaksimum kan give skader på ejendomme.	Projektet udformes så strømning på terræn forhindres
Skovvejskvarteret	Strømning på terræn ved afstrømning over medianmaksimum kan give skader på ejendomme. Lavtliggende ejendomme kan påvirkes af opstigende	Projektet udformes så strømning på terræn forhindres

² Opstuvningen vil kunne mindskes ved etablering af et vådområdeprojekt, som beskrevet i et separat notat.

	vand fra overbelastede kloakker.	
Kristianslunds Enge	Omfattende oversvømmelser ved store afstrømninger	Kun oversvømmelse ved fremskrevet 100-årshændelse
Forsyningen	<p>Belastning af regnvandssystemet ved Dyrehavekvarteret. Hvis det regner samtidig med ekstrem afstrømning, kan ledningen næppe følge med.</p> <p>Belastning af det fælleskloakerede område ved Skovvej m.fl. med mulige overløb af kloakker. Omfang kan ikke fastslås uden forsyningens hydrauliske model.</p>	Belastning undgås
Vestre Enge	Vestre Enge får tilført vand fra Bybækken, hvilket er at betragte som uvedkommende. Pumpestationen er således påvirket af de ekstra vandmasser	Belastning undgås
Østre Enge	Østre Enge får tilført vand fra Bybækken via fælleskloakken samt overfladisk afstrømning, hvilket er at betragte som uvedkommende. Pumpestationen er således påvirket af de ekstra vandmasser. Østre Enge får tilført opspædet spildevand.	Belastning undgås

7 Mulig finansiering

Bogense Bybæk og Kristianslunds Østre Enge er begge offentlige vandløb. Østre Enges Landkanal er anlagt i forbindelse med landvindingen, og det er nærmere beskrevet i vedtægterne for pumpelaget. Landkanalerne er ikke formelt optaget som offentlige vandløb, men de vedligeholdes af kommunen.

Regulering af vandløb

Projektet er en regulerings sag i henhold til vandløbslovens kapitel 6. Udgifterne til reguleringsprojekter fordeles som udgangspunkt mellem grundejerne efter den nytte, foranstaltningerne har for den enkelte ejendom. For offentlige vandløb kan vandløbsmyndigheden helt eller delvist afholde udgifterne. Fordelingen af udgifterne kan forlanges indbragt for taksationsmyndighederne.

Reglerne for reguleringsprojekter minder om reglerne for pumpelag, men pumpelag oprettes af hensyn til afvanding og fordelingen af de løbende udgifter her til. Disse regler kan således ikke anvendes her.

Nogle grundejere har væsentlig mindre risiko end for skader som følge af oversvømmelse end andre. Dette følger af, at de skadevoldende begivenheder indtræffer sjældent, og skaderne kan indtræffe på forskellige ejendomme afhængigt af, hvilken hændelse, der er tale om.

Påvirkningen varierer en del mellem de enkelte matrikler. De hydrauliske forhold er komplicerede, og strømningsvejene påvirkes af små ændringer i terrænet. Hvis en lodsejer laver en vold, der blot er 10 cm høj, ender vandet måske hos naboen i stedet. Nogle steder kan man måske styre oversvømmelserne ved at ændre kantstenene.

Oversvømmelsernes omfang afhænger i høj grad af, om spildevandssystemet har kapacitet til at håndtere den store mængde overfladevand. Spildevandssystemet kapacitet kan være brugt, inden der strømmer vandløbsvand til.

Projektets karakter er derfor forskelligt fra typiske regulerings- og afvandingsprojekter, og det er vanskeligt at afgøre, hvilken nytte projektet har for den enkelte grundejer. Hvis enkelte grundejere pålægges individuelle bidrag, må man derfor forudse tvister herom.

Omvendt er der ikke tvivl om, at projektet er til gavn for landvindingslagene som helhed. Projektet er desuden til gavn for golfbanen, nogle kolonihaver og skoven.



Figur 8 Interessenter. Rød=Vestre Enge Landvindingslag, grøn = Østre Enge Landvindingslag og lys blå= andre områder med reduceret oversvømmelse (del af Kristianslunds Enge).

Medfinansiering

Forsyningen kan dække udgifter, som er nødvendige af hensyn til håndtering af tag- og overfladevand, i forbindelse med medfinansiering af kommunale og private projekter. Spildevandsforsyningselskabets udgifter må ikke overstige udgifterne til sædvanlig afhjælpning af kapacitetsproblemer i spildevandsanlægget.

Dette projekt vil reducere belastningen af regnvandssystemet i separatkloakerede områder og af fælleskloakerede områder. Vi vurderer derfor, at spildevandsforsyningen har en interesse i at deltage i projektet, da det vil mindske forsyningens kapacitetsproblemer.

Kommunen

Projektet giver fordele for kommunale veje og beredskabet, og vi vurderer, at der er en kommunal interesse i projektet, der går ud over kommunens rolle som grundejere.

Synergiprojekt

Projektet kan kombineres med et vådområdeprojekt, som beskrives i et separat notat. Det giver mulighed for at søge tilskud hertil fra staten.

Udkast

Bilag A Beregnede vandspejle Bogense Bybæk

Udkast

Bilag B Beregnede vandspejle Østre Enges Landkanal

Udkast

Bilag C Beregnede vandspejle med projekt

Udkast