

# Undersøgelse af mulighederne for at tilbageholde vand på HCA-Golf

## INDHOLD

1	Indledning	1
2	Kortlægning af oversvømmelser lokalt	2
3	Oplande og afstrømning	5
4	Mulig tilbageholdelse	9
5	Udformning af et anlæg	10
6	Konklusion	13

### 1 Indledning

Nordfyns Kommune er i gang med at udarbejde en helhedsplan for klimatilpasning i Bogense. Helhedsplanen skal synliggøre de tiltag, der samlet set skal sikre Bogense mod oversvømmelser. Oversvømmelser som forværres i takt med at de forventede ændringer i klimaet træder i kraft.

I slutningen af december 2015 optrådte en hændelse, som gav anledning til store oversvømmelser langs vandløb og afvandingskanaler.

Et antal bygninger på HCA Golf ved Bogense blev bl.a. beskadiget af oversvømmelserne. Efterfølgende har HCA Golf påbegyndt tiltag på eget initiativ med det primære formål at sikre bygningerne mod næste oversvømmelse. Nordfyns Kommune ønsker i samarbejde med HCA Golf at undersøge mulige løsninger, der både kan friholde bygninger for fremtidige hændelser med meget stor afstrømning og samtidig afhjælpe oversvømmelsesproblemer nedstrøms ved at forsinke afstrømningen.

PROJEKTNR.

A080014

DOKUMENTNR.

003

VERSION

1

UDGIVELSES DATO

25.1.2016

BESKRIVELSE

Vurdering af muligheder

UDARBEJDET

BOC/LAFN

KONTROLLERET

BOC

GODKENDT

LAFN



Figur 1      *Strømningsveje på terræn, som vandet vil følge, når kapaciteten af det rørlagte vandløb overskrides.*

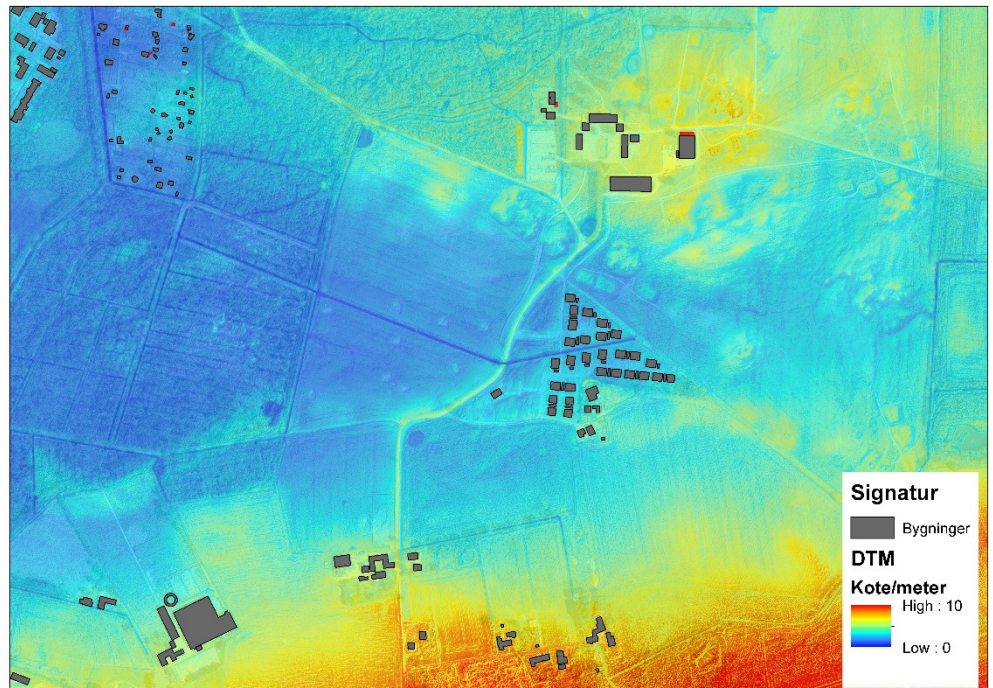


Figur 2      *De udsatte huse ved HCA golf. Husene ligger uhensigtsmæssigt lavt i forhold til omgivende terræn.*

Dette notat redegør for mulighederne i forhold til udnyttelse af arealerne ved HCA Golf.

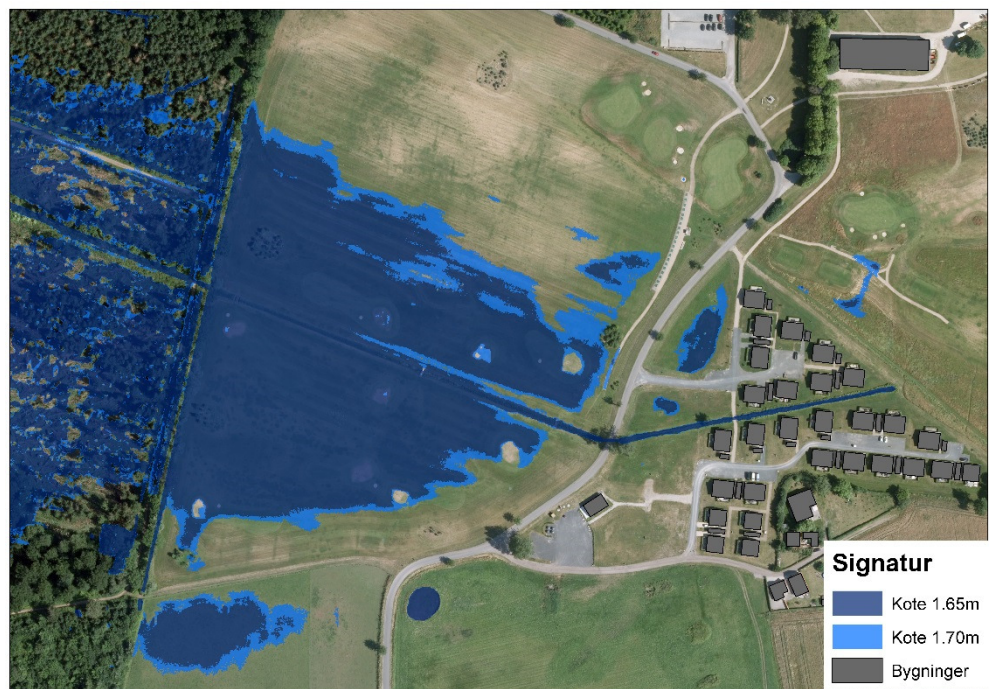
## 2      Kortlægning af oversvømmelser lokalt

Et antal feriehuse ved HCA Golf blev som resultat af den langvarige regnhændelse i december 2015 udsat for oversvømmelse med store skader til følge.



Figur 3 Feriehuse ved HCA Golf beliggenhed i forhold til terræn. Specielt de nordligst beliggende huse er placeret uhensigtsmæssigt i forhold til afstrømning fra omgivende terræn.

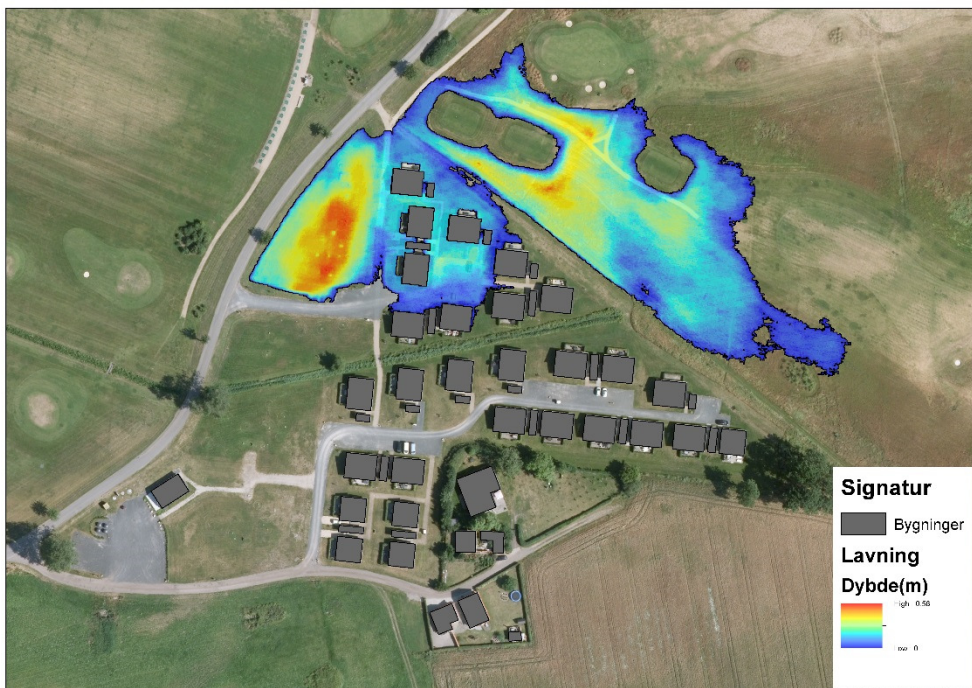
Ved hændelsen i december 2015 blev oversvømmelsesudbredelsen kortlagt via drone. Ud fra billedmaterialet har vi forsøgt at gengive oversvømmelsesudbredelsen på Figur 4. Dronen har dog været i luften efter at hændelsen har toppet og "worst case" er således ikke optaget.



Figur 4 Oversvømmelsesudbredelse svarende til filmen optaget med drone efter hændelsen i december 2015. På dette tidspunkt var vandet ved feriehusene pumpet

*væk så kortet viser ikke den kritiske udbredelse med skader på bygninger. Kortet svarer til dronens optagelse vest for Kristianslundsvej.*

De udsatte feriehuse ligger lavt og nogle i en lokal lavning. Lavningen er gengivet på Figur 5 med vanddybder ved en opfyldning af lavningen.



*Figur 5      Visning af lavning, som skaber problemer med oversvømmelse af feriehuse. Lavningen er vist med angivelse af dybde i meter såfremt lavningen er totalt opfyldt.*

Bygningskader opstår oftest ved vanddybder større end 10 cm. På Figur 6 er der vist de områder inden for lavningen, hvor der vil være vanddybder større end 10 cm, hvis lavningen fyldes.

Terrænet mellem bygningerne ligger ifølge højdemodellen omkring kote 1,95 m. Ved hændelsen i december 2015 stod vandet mellem bygningerne ca. 20-30 cm over terræn, hvilket svarer til kote 2,15 m.

Video fra en drone-flyvning efter seneste oversvømmelseshændelse i december 2015 viste, at vandstanden nedstrøms (vest for Kristianslundsvej) på dette tidspunkt stod i ca. kote 1,7 m, men optagelsen er taget efter hændelsen kulminerede og efter, at nødpumpning ved bygningerne var afsluttet.



Figur 6 *Visning af lavning som giver problemer med oversvømmelse af feriehusene. Rød farve angiver en minimumsdybde på 10 cm, som oftest er kriterie for bygningsskader.*

### 3 Oplande og afstrømning

#### Vandløb

Projektområdet afvander gennem vandløbet Kristianslund Østre Enge. Kristianslund Østre Enge løber langs Bogense Bybæk på en ca. 400 m lang strækning, indtil det løber ud i Østre Enge Landkanal, der er et tilløb til Ålerenden.



Figur 7 *Vandløbet Kristianslund Østre Enge set fra Kristianslundsvej mod de udsatte feriehus øst for vejen.*



Figur 8      *Vandløbet Kristianlund Østre Enge set mod vest set fra Kristianslundsvej.*

Opstrøms bygningerne er vandløbet rørlagt. Terrænet langs det rørlagte vandløb falder ca. 0,6 m langs den 385 m lange strækning, dvs. et fald på 1,7 ‰.

Ifølge vandløbsopmålingen i 2014 er vejunderføringen Ø100 cm, mens den rørlagte strækning opstrøms bygningerne er Ø65 cm.



Figur 9      *Indløb til Ø65 cm ledning (mod højre i billedet). Ved kraftige hændelser kan røret ikke følge med og vandet stuver op og løber ud på terræn.*

## Oplande

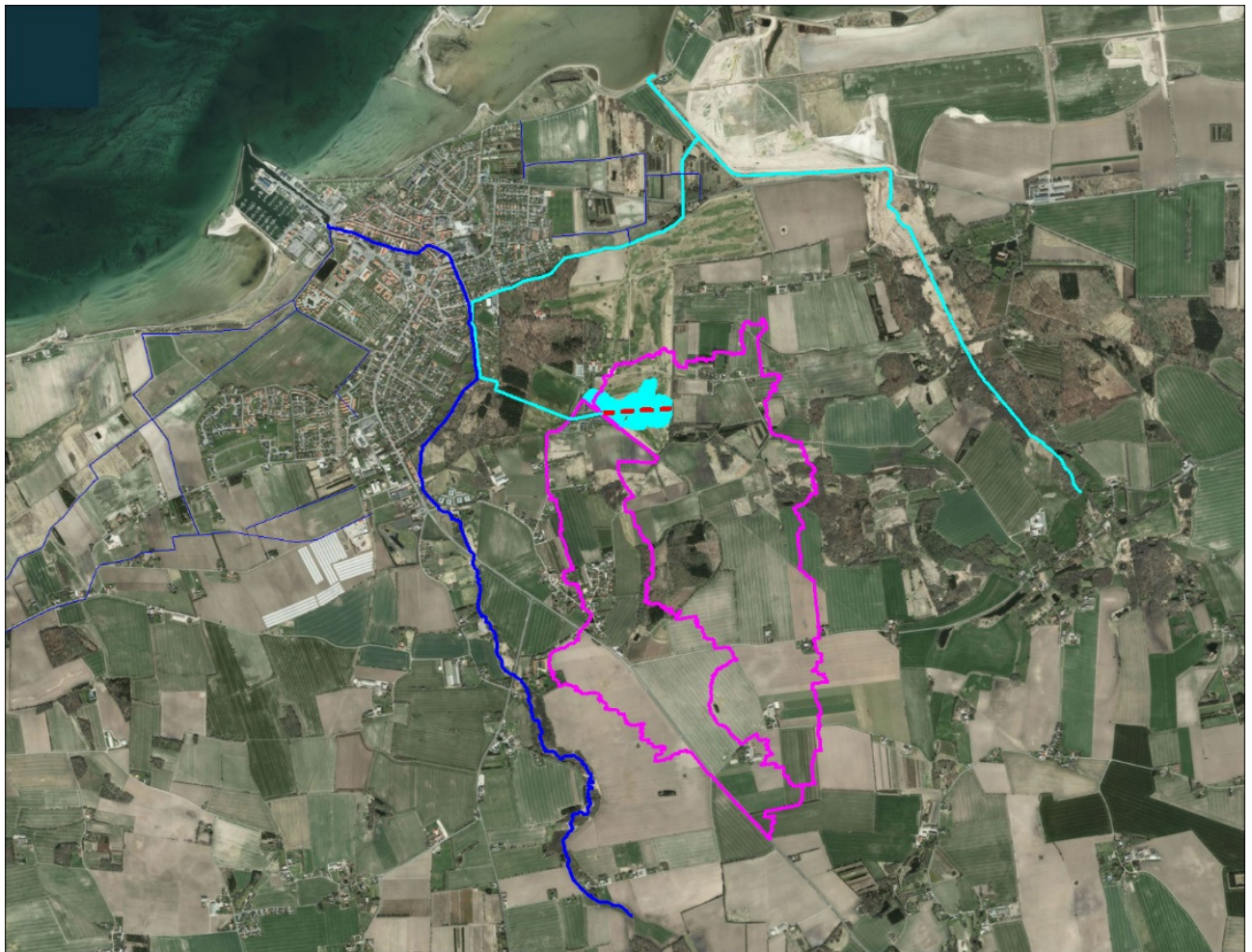
På grundlag af 2014-højdemodellen har vi afgrænset to oplande som vist på Figur 11. Oplandet mod øst er 1,92 km<sup>2</sup>. Det østlige opland afleder gennem den rørlagte strækning af vandløbet. Det vandet fra det østlige opland, der kan tilbageholdes.

Det vestlige opland er 1,26 km<sup>2</sup>. Det strømmer til Kristianlund Østre Enge umiddelbart neden for bygningerne gennem tre drænledninger, som er vist på Figur 10. Ledninger er angivet på grundlag af opmålingen af vandløbet i 2014.



Figur 10 Tilløb fra syd (diameter i mm)

Det er vanskeligt at afgrænse oplandene med sikkerhed, hvor terrænet er fladt, og dræn og rørlagte strækninger ikke ses, men de opmålte dræn passer med terrænmodellen.



Figur 11 Oplande til projektområdet

Til sammenligning har Bogense Bybæk et opland på ca. 7,5 km<sup>2</sup> til det sted, hvor den løber parallelt med Kristianslund Østre Enge. Vandføringen i bybækken er derfor omtrent dobbelt så stor.

Bogense Bybæk er forbundet med Kristianslunds Enge med en rørforbindelse, der kan lukkes med et manuel skod. Kommunens vandløbsmedarbejder oplyser, at vandspejlet normalt er højest i bybækken, som således aflaster til Ålebækken. Udløbet af Ålebækken er forsynet med højvandsklapper, og ved sammenfald af højvande og stor afstrømning kan der ske tilbagestuvning.

### Afstrømning og vandføring

Afstrømningen i oplandet er skønnet på grundlag af vandføringsmålinger i Storå og Lunde Å. De ekstreme værdier for de to stationer er vist i Tabel 1.

Tabel 1      Ekstremafstrømning beregnet med Gumbel-fordelingen

Station Vandløb Opland km <sup>2</sup>	43.04 Storå, Møllebro 137	45.23 Lunde Å 42
Gentagelse År	l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>	l s <sup>-1</sup> km <sup>-2</sup>
2	30	44
10	56	73
20	67	84
50	80	98
100	90	109
500	112	133
1000	122	144

Det ses, at en 100-års hændelse har en døgnmiddelfafstrømning på ca. 100 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>. Der er her ikke taget hensyn til klimændringer, som ventes at øge de ekstreme afstrømninger. Dertil kommer, at afstrømningen i små oplande normalt er mere ekstreme end i store. I de følgende overslag regner vi med 200 l s<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup>.

Ved en ekstrem afstrømning tilføres projektområdet således ca. 380 l/s fra det vestlige opland og 250 l/s fra det østlige.

Til sammenligning kan det rørlagte vandløb føre ca. 280 l/s, når ledningen er fuldt-løbende. De tre drænledninger fra syd kan tilsammen føre ca. 250 l/s. Disse skøn er usikre, da vi ikke kender ledningernes tilstand og for drænenes fald osv. Skønnet for den rørlagte ledning passer med, at der var afstrømning over terræn i december 2014 (vi kender ikke afstrømningen ved den hændelse).

Rørunderføringen under Kristianslundsvej kan (med et fald på 0,5 ‰) føre ca. 600 l/s.



## 4 Mulig tilbageholdelse

### Potentiale

Ved at anlægge et 230 m langt dige øst for bygningerne kan man stuve vandet op til kote 2,75 m. Herved oversvømmes et areal på 6,2 ha med en gennemsnitlig vanddybde på 0,5 m, hvilket svarer til et magasinvolumen på 31.000 m<sup>3</sup>.



Figur 12 Oversvømmelse til kote 2,75 (Orange=dige i kote 3,00 m. Stipleet rød streg=rørlagt vandløb. Vandet løber mod vest)

En opstuvning til kote 2,75 m vil ikke medføre en oversvømmelse af andre arealer, men det vil bevirke en opstuvning opstrøms.

På et døgn med en ekstrem afstrømning på 200 l<sup>-1</sup> km<sup>-2</sup> vil magasinet blive tilført 33.200 m<sup>3</sup>. Når magasinet er fuldt, vil afløbet fra magasinet være 380 l/s.



Figur 13      *Diget tager form*

### Effekt nedstrøms

Østre Enges Landkanal har ved begyndelsen et opland på ca. 3,8 km<sup>2</sup>. Projektet kan således tilbageholde ca. halvdelen af den mængde vand, der tilføres begyndelsen af Østre Enges Landkanal i næsten et døgn, og vil således kunne få en mærkbar effekt på vandstanden i landkanalen.

Vi har på nuværende tidspunkt ikke tilstrækkelige data til at beregne effekten på vandstanden, da det kræver en hydraulisk model.

## 5      Udformning af et anlæg

### Dæmningen

Dæmningen skal dimensioneres, så den kan modstå et vandtryk på ca. 1 m.

### Regulering af magasinet

Anlægget vil være mest effektivt til tilbageholdelse, hvis regulering er aktiv – det vil sige, at udløbet kun lukkes, når der er behov for at forsinke afstrømningen. Det kunne gøres med en brønd med et spjæld, der betjenes manuelt. Ulempen ved denne metode er imidlertid, at det kræver aktiv medvirken på det rigtige tidspunkt, og det er nok upraktisk med et enkelt anlæg af denne type.

Vi foreslår derfor en passiv regulering. Ved ekstrem afstrømning virker det lange rør allerede sådan, idet rørets kapacitet er begrænsende. Man kan begrænse indløbet til røret yderligere med en vandbremse indsat i en brønd ved enten udløbet af den rørlagte strækning (B) eller indløbet til røret fra grøften mod øst (C). Vandbremsen kunne f.eks. dimensioneres til 50 l/s, hvilket ville give opstuvning ved en afstrømning lidt under medianmaksimum.

Indløbet til magasinet foreslås etableret ved at åbne vandløbet på en kort strækning lige øst for (B). Terrænet er lavt her, så man kan lave et vandhul. Ved stor

vandføring vil vandet stuve op gennem vandhullet, og når der igen er plads i afløbet, vil vandstanden falde.

Når vandstanden i den østlige grøft stiger, fordi rørets kapacitet er nået, vil vandet løbe over terrænet ved (C) til reservoiret. Der skal udformes et simpelt indtag (en rende), der leder vandet ud på terrænet, hvis røret ikke kan klare det.

### Nødoverløb

Dæmningen skal forsynes med et nødoverløb. En mulighed er vist med blå streg på Figur 14. Nødoverløbet vil kun sjældent være i brug, men det skal designes til at klare en meget stor vandføring. Dæmningen skal således have en overløbskant, der måske er 10 m bred og 25 cm lavere end resten af diget. Disse dimensionerne er anslåede og skal beregnes. Nødoverløbet skal sikres mod erosion, for eksempel med udlæg af sten.

### Afløb fra magasinet

Der er to mulige forløb af afløbet fra magasinet. Det skitserede forløb på vestsiden af vejen har den fordel, at bygningerne beskyttes af Kristianslundsvej, der fungerer som dæmning. Ulempen er, at der er kun lidt plads mellem vejen og stien.



Figur 14 Skitse af projektmulighed

Alternativt kunne overløbet placeres øst for Kristianslundsvej. Der er bedre plads her, men man skal så anlægge en jordvold for at sikre bygningerne.

### Højvandslukke og pumpe

Vi har skitseret et højvandslukke med en pumpestation ved (A). Ideen er at sikre bygningerne mod tilbageløb fra Kristianslund Enge fra vest.

Pumpen skal dimensioneres til at tage den vandmængde, der kan strømme forbi (B), hvilket som foreslået er 50 l/s. En sådan pumpestation koster ca. 200.000 kr. Der kan muligvis monteres en klap på den eksisterende rørunderføring.

Denne løsning forudsætter, at de store drænledninger fra syd omlægges, så de føres forbi dæmningen ved (A). Ellers skal pumpestationen dimensioneres til en meget stor vandføring, og det bliver langt dyrere end at ændre udløbene.

Højvandslukket og pumpen kunne i stedet placeres øst for Kristianslundsvej, hvilket ville gøre omlægning af tilløbene fra syd enklere. En sådan løsning er skitseret på Figur 15. Tilløbene fra syd skal også flyttes ved denne løsning for at begrænse pumpens kapacitet.

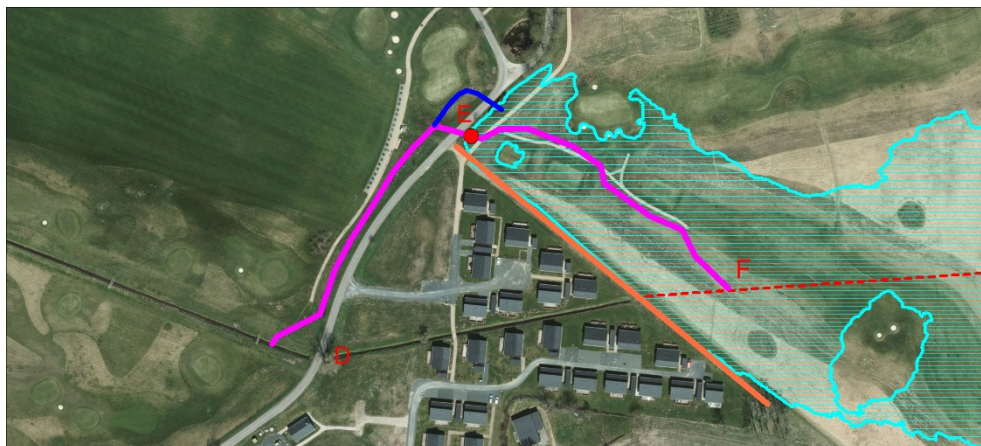


Figur 15      Alternativ løsning ved husene

### Omlægning af vandløbet

Behovet for pumpekapacitet kunne nedsættes yderligere ved at omlægge vandløbet, så det føres forbi husene, som så ville komme til ligge i en "polder" omgivet af diger.

Der skulle så anlægges et nyt vandløb fra (F) til en reguleringsbrønd (E) og videre på vestsiden af vejen. Nødoverløbet etableres som et styrt eller stryg nær (E). Man kunne så nøjes med en lille pumpe ved (D) til afvanding alene af "polderen", når vandstanden i vandløbet er høj.



Figur 16 Alternativ løsning med omlægning af vandløbet

## 6 Konklusion

De skitserede forslag har to formål:

- > Tilbageholdelse af vand for at mindske risikoen for oversvømmelser i Bogense
- > Sikring af bygningerne på HCA Golf.

### Tilbageholdelse

Vi foreslår, at et eventuelt projekt til tilbageholdelse af vand udføres med et dige i kote 3,0 og en fast regulering, hvor det rørlagte vandløb neddrøles til en vandføring på maksimalt 50 l/s. Denne vandføring er lidt mindre end medianmaksimum af døgnmiddel, og der må således forventes en vis opstuvning på arealet hvert eller hvert andet år, men reservoiret vil kun blive fuldt ved ekstreme hændelser. Selve diget skal udføres, så det kan holde til et vandtryk på 1 m, og det skal forsynes med et nødoverløb.

Diget på HCA Golf kan tilbageholde ca. 31.000 m<sup>3</sup>, hvis det udføres som skitseret. HCA Golf har oplyst, at man har udgravet ca. 1.000 m<sup>3</sup> til diget, hvilket kun bidrager marginalt.

Det rørlagte vandløb har et opland på 1,92 km<sup>2</sup>. Umiddelbart neden for bygninger tilføres et opland på yderligere 1,26 km<sup>2</sup> og ved begyndelsen af Østre Enges Landkanal er det samlede opland øget til ca. 3,8 km<sup>2</sup>. Projektet regulerer således afstrømningen fra ca. halvdelen af oplandet til begyndelsen af Østre Enges Landkanal. Ved ekstrem afstrømning vil det have en mærkbar effekt på vandstanden i op til et døgn, fordi vandføringen halveres. Herefter vil reservoiret være fuldt.

Når vandstanden i Østre Enges Landkanal reduceres, kan der strømme mere vand fra Bogense Bybæk til Østre Enges Landkanal. Projektet kunne således have en positiv effekt på vandstanden i byen. Bogense Bybæk har et opland, der er næsten dobbelt så stort som oplandet til Østre Enges Landkanal, nemlig 7,5 km<sup>2</sup>. Tilbageholdelsen omfatter således kun 17 % af det samlede opland til de to vandløb det pågældende sted, så ser man på de to vandløb under et, er effekten mindre.

Effekten på vandstanden i Bogense Bybæk eller Østre Enges Landkanal kan ikke kvantificeres uden modellering med forskellige scenarier for vandføring og havvandstand, som tillige inddrager forbindelsen mellem de to vandløb samt opstuvning og strømning på terræn samt regnvandshåndteringen i Bogense.

Det er således nødvendigt med en helhedsplan, der omfatter alle vandløb nær byen, og analyserer effekten af mulige tiltag i forskellige situationer, før man kan sige, om projektet på HCA Golf er effektivt.

Omkostningen til etablering af dige, regulering og nødoverløb anslås groft til 500.000 kr. Et mere præcist overslag forudsætter en projektering.

### Sikring af bygningerne

Bygningerne er placeret i et område, der naturligt oversvømmes i ekstreme situationer. Undersøgelsen skitserer flere forslag til sikring af bygningerne. Den mest effektive sikring vil indebære en omlægning af vandløbet forbi bygningerne kombineret med en omlægning af de store drænafløb fra syd samt et højvandsslukke og en lille pumpestation til at friholde området med bygninger i tilfælde af skybrud på området.

Et sådant projekt vil give optimal sikkerhed for bygningerne. Vi anslår, at det vil koste 500.000-800.000 kr., men et mere præcist overslag kræver en projektering.