

Undersøgelse af afvandingsforhold for Hummingen Strand

*16. september 2014
Udarbejdet af civilingeniør Jan Gregersen
Version 4.0*

Indholdsfortegnelse

1 Baggrund.....	3
2 Konsekvens af fjernelse af styrt.....	7
3 Undersøgelse af afledning gennem KVL60.....	10
4 Kort over drænforholdene.....	15
5 Kapacitet ved ved anvendelse af pumpe.....	18
6 Konklusion.....	20
7 Referencer.....	20

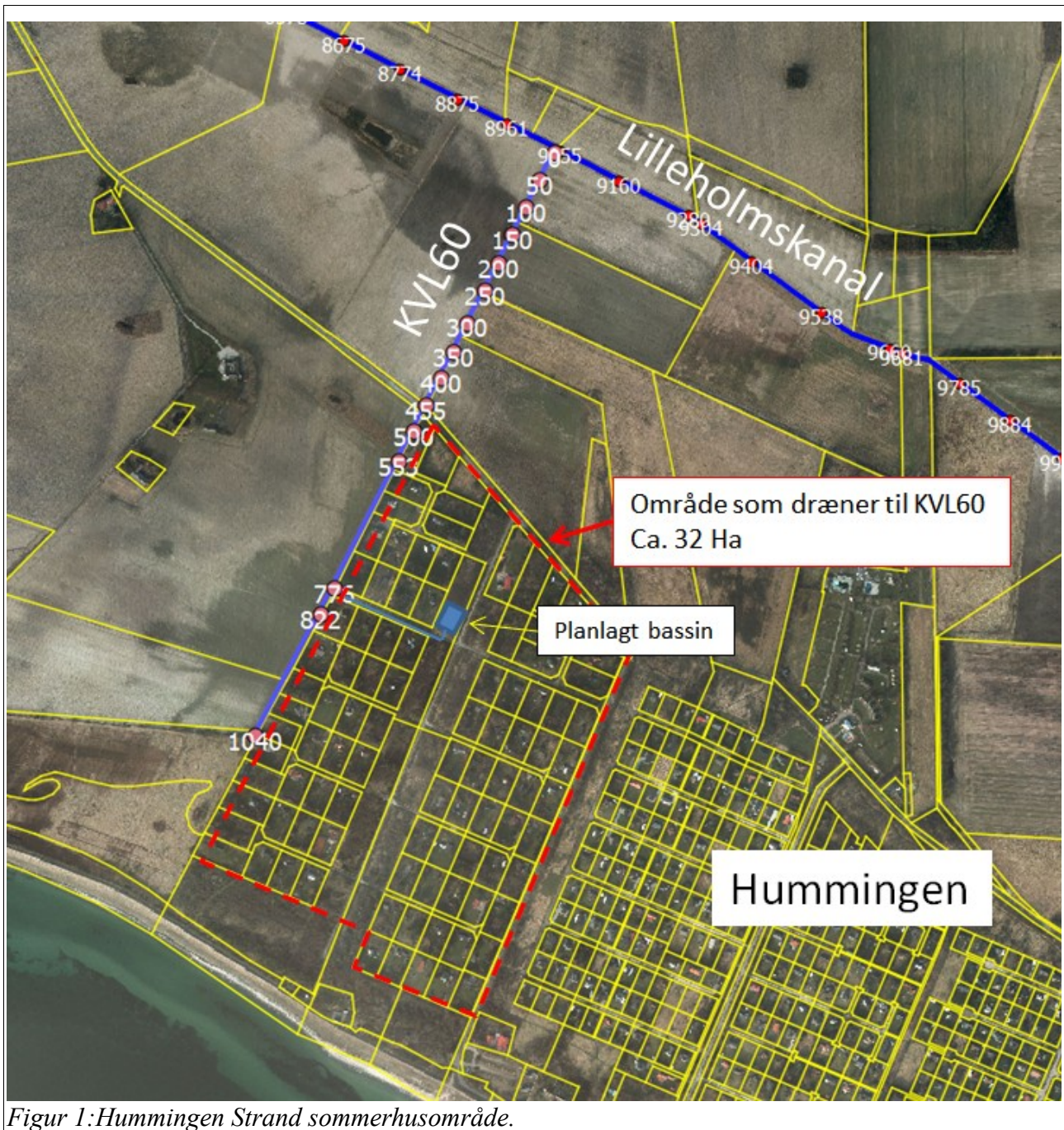
1 Baggrund

Sommerhusområdet Hummingen Strand har periodevis problemer med vandmættede forhold på grundene med svuppene jord, oversvømmelser og bygningsskader på de værst ramte grunde. Under oversvømmelsen i august 2011, måtte beredskabet tilkaldes for at pumpe vand væk fra området.

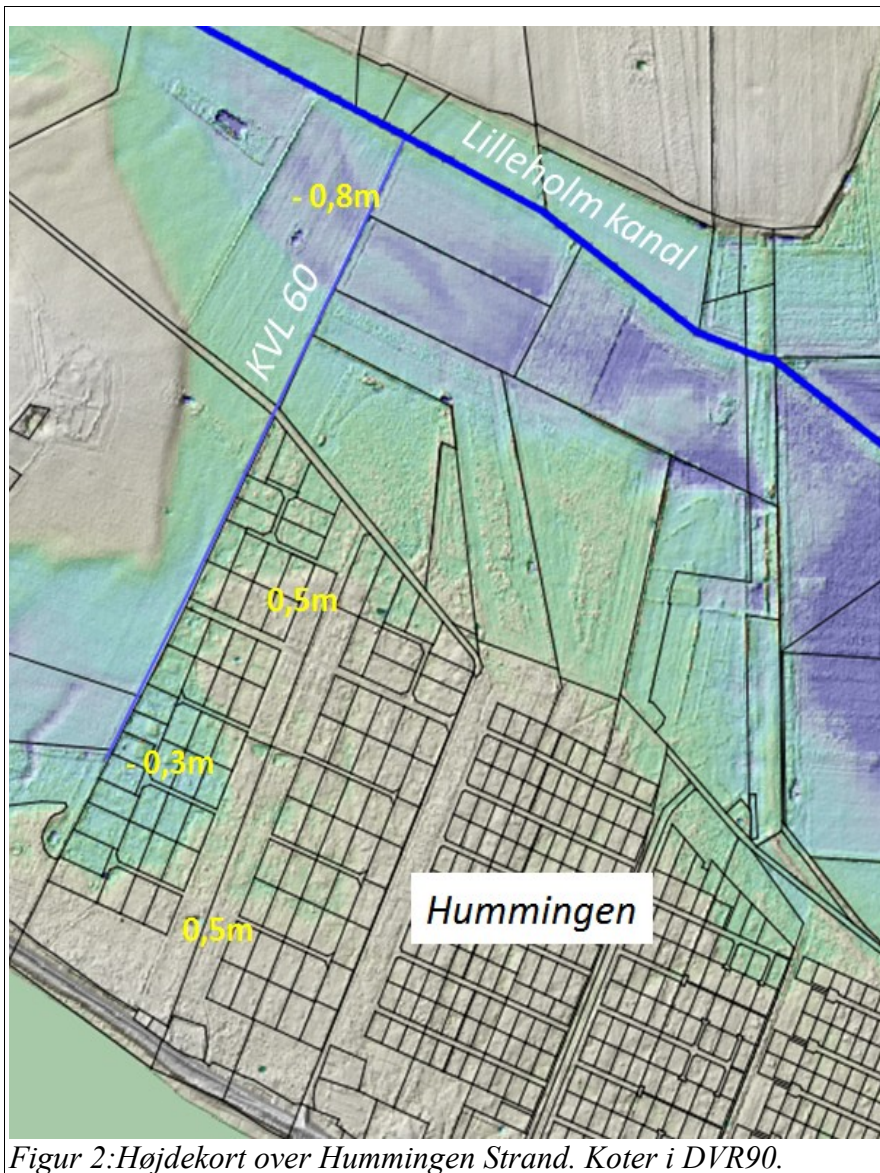
Drænsystemet fra den vestligste del af Hummingen Strand (ca 32 ha) udleder vand til kommunevandløb 60 Rudbjerg (KVL60), som fører vandet videre til Lilleholms kanal (se figur 1). KVL60 er rørlagt.

Det anslås, at KVL60 er anlagt i perioden 1930 – 1935, og rørlægningen kun er dimensioneret for en afledning af 0,5 l/s/ha og rørledningens tilstand generelt er dårlig (Ref 2). Det regulativmæssige fald på KVL60 er 0,5 ‰ på hele strækningen.

Hele oplandet til KVL60 er på omkring 123 ha. Den del af Hummingen Strand, som dræner til KVL60, har et areal på omkring 32 ha og terrænkoter mellem -0.3m og 0.6m DVR90.



Figur 1: Hummingen Strand sommerhusområde.



Figur 2: Højdekort over Hummingen Strand. Koter i DVR90.



Figur 3: Udløb af KVL60 til Lilleholm Kanal (st. 9047m)

Efter vurdering af rørlægningens tilstand agter Lolland kommune at rejse en sag om udskiftning af rørene i hele kommunevandløb 60's strækning. I forslaget herom dimensioneres de nye rør til en afledning på 1 l/s/ha svarende til den afstrømning, der er dimensionsgivende for dræned landbrugsarealer i dag. Ved et afvandingsprojekt for Hummingen Strand med udpumpning vil det være et krav, at udledningen forsinkes til højst 32 l/s svarende til 1 l/s/ha.

Der nedsives gråt spildevand fra de enkelte sommerhuse på grundene i Hummingen Strand. Der er derfor restriktion på drænsystemt, idet der er krav til afstanden fra nedsivningsområderne til drænrørene. Der er således kun placeret drænrør langs vejnettet.

I dette projekt undersøges kommunevandløb 60's evne til at aflede drænvand og overfladevand fra Hummingen Strand. Yderligere er konsekvenser af udpumpning undersøgt.

Afvandingsforholdene undersøges for:

- 1) **Gældende regulativ**
Regulativmæssige dimensioner for KVL60
- 2) **Reguleringsforslag**
Udskiftning af rør til større rørdimensioner og 11 cm dybere bundkoter i forhold til gældende regulativ.
- 3) **Dybere bundkoter.**
Udskiftning af rør til større rørdimensioner og 47cm dybere bundkoter for KVL60 i forhold til gældende regulativ. (ref 2).
- 4) **Åbent vandløb.**
Omlægning af KVL60 til åbent vandløb med samme bundkoter som i eksisterende regulativ, bundbredde på 0,6m og sideanlæg på 1: 1,25

Detaljer for de tre geometrier fremgår af tabel 1 nedenfor.

Station	1: Gældende Regulativ			2: Reguleringsforslag			3: Dybere bundkoter og større rør			4: Åbent vandløb				
	Bundkote	Diameter	Fald	Bundkote	Diameter	Fald	Bundkote	Diameter	Fald	Bundkote	Bundbredde	Fald	Opland	Terræn
1040	-1.76			-1.87			-2.23			-1.76			36	-0.4
		0.39	0.5		0.4	0.5		0.4	0.5		0.60	0.5		
776	-1.89			-2.00			-2.37			-1.89			88	-0.4
		0.39	0.5		0.6	0.5		0.6	0.5		0.60	0.5		
500	-2.03			-2.14			-2.50			-2.03			96	0.0
		0.47	0.5		0.6	0.5		0.6	0.5		0.60	0.5		
0	-2.28			-2.39			-2.75			-2.28			123	-0.3
m	m DVR90	m	o/oo	m DVR90	m	o/oo	m DVR90	m	o/oo	m DVR90	m	o/oo	Ha	m DVR90

Tabel 1: Geometrier for de fire alternativer for henholdsvis rør og åbent vandløb. For åbent vandløb anvendes sideanlæg på 1: 1.25 på hele vandløbets længde.

Ved Lilleholms kanals indløb til Hovedkanalen findes et styrt. Det undersøges yderligere hvordan styrtets påvirker vandstanden i Lilleholms kanal ved indløb af KVL60 (2500 m opstrøms styrtet) og dermed påvirker afvandingsforholdene for Hummingen Strand.

De hydrauliske undersøgelser udføres med en tilpasning og udbygning af den eksisterende hydraulisk model for Rødby Fjord (Ref 1).

2 Konsekvens af fjernelse af styrt

Umiddelbart inden Lilleholms Kanals udløb i Hovedkanalen findes et styrt (se figur 4). Styrtet har en overløbshøjde på 113 cm. Yderligere udgør styrtet en indsnævring af vandløbet, idet styrtets lysåbning er 244 cm, medens vandløbets ved vandoverfladen er omkring dobbelt så bredt.

Som tidligere nævnt udledes drænvand fra Hummingen Strand via det rørlagte vandløb KVL60 til Lilleholms Kanal, med udløb i dennes station 9047 (2500 m opstrøms styrtet). Vandstanden i Lilleholms Kanal ved tilløbet fra KVL60 har betydning for den vandføring, som kan opnås i KVL60, og det er dermed relevant at undersøge om styrtet giver anledning til forhøjede vandstande ved tilløbet fra KVL60.



Figur 4: Styrt på Lilleholms Kanal (3L) (st. 11548m) umiddelbart før Lilleholm Kanals udløb i hovedkanal (39L).

Påvirkningen fra styrtet er undersøgt ved at anvende Rødby Fjord modellen med stationære beregninger af vandstande for den eksisterende situation med styrt og for en situation hvor styrtet er fjernet. I beregningerne uden styrt er bundkoterne ved Lilleholm Kanals udløb i hovedpumpekanalen reguleret, således at disse svarer til den geometri som vandløbet vil forventes at have hvis styrtet blev fjernet.

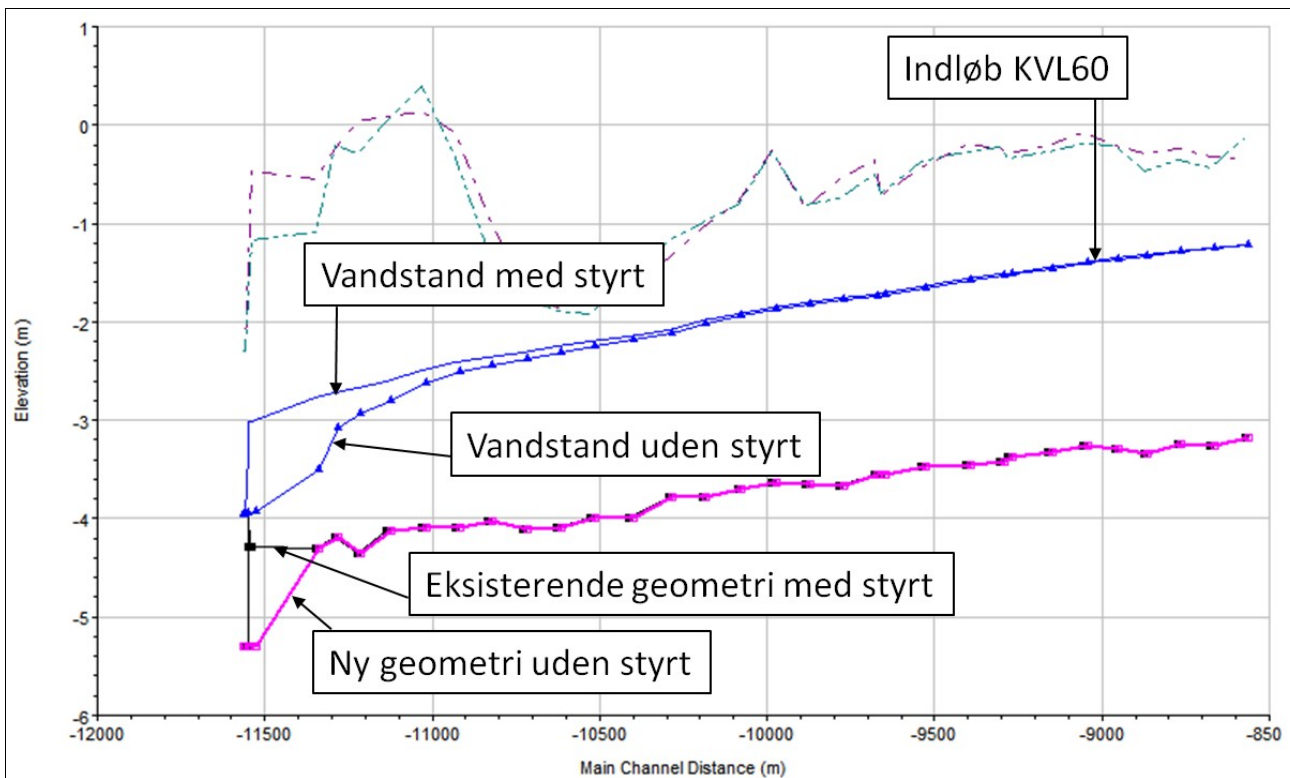
Resultaterne fra beregningerne fremgår af tabel 2 nedenfor

Styrt	Årstid	Manningtal	Strømning	q	Vandstand Ved tilløb KVL 60	Forskel
Med	Vinter	22	Middel vinter	8,6	-2,66	
Uden	Vinter	22	Middel vinter	8,6	-2,66	0
Med	Vinter	22	Maksimum median vinter	58,5	-1,81	
Uden	Vinter	22	Maksimum median vinter	58,5	-1,81	0
Med	Vinter	22	Maks afstrømning august 2011	80	-1,6	
Uden	Vinter	22	Maks afstrømning august 2011	80	-1,6	0
Med	Vinter	22		100	-1,43	
Uden	Vinter	22		100	-1,44	0,01
Med	Sommer	17	Middel Sommer	2,2	-2,92	
Uden	Sommer	17	Middel Sommer	2,2	-2,92	0
Med	Sommer	17	Maksimum median sommer	19,8	-2,24	
Uden	Sommer	17	Maksimum median sommer	19,8	-2,24	0
Med	Sommer	17	Maks afstrømning august 2011	80	-1,4	
Uden	Sommer	17	Maks afstrømning august 2011	80	-1,4	0
Med	Sommer	17		100	-1,21	
Uden	Sommer	17		100	-1,22	0,01
Enhed		$M^{1/3}/s$		L/s/km ²	Kote Meter DVR90	Meter

Tabel 2: Beregnede vandstande i Lilleholms Kanal (station 9047 m) ved tilløb af KVL60.

Resultaterne fra beregningerne (Tabel 2) viser, at fjernelse af styrtet på Lilleholms Kanal ikke har nogen indvirkning på vandstanden Lilleholms Kanal omkring tilløbet af KVL60. Dette stemmer overens med de undersøgelser, som blev gennemført i Rødby Fjord projektet, hvor det blev konkluderet, at fjernelse af styrt i Rødby Fjord kun vil påvirke vandstanden opstrøms disse i en afstand af maksimalt 1000 m (Ref 1).

Dette er også illustreret på figur 5 nedenfor.



Figur 5: Længdeprofil af Lilleholms Kanal med beregnet vandspejl. Sommer situation med afstrømning svarende til maksimum afstrømningen i august 2011 (80 l/s/km²).

Som det ses af figur 5 ovenfor nærmer de beregnede vandstande for situationen med styrt og uden styrt sig hinanden, når man bevæger sig væk fra styrtet. Ved station indløb af KVL60 (station 9047) er der ingen forskel på de to vandstande.

3 Undersøgelse af afledning gennem KVL60.

Der er beregnet vandspejlskoter/trykhøjder for fire forskellige geometrier for KVL60 (se tabel 1). Beregningerne er udført både for sommer situationer, hvor der på grund af grødevækst vil være større hydraulisk modstand i vandløbene og for vintersituationer med mindre hydraulisk modstand. Grødevæksten påvirker ikke den rørlagte strækning, men har indvirkning på Lilleholms kanal, hvilket gør det nødvendigt at skelne meller sommer og vinter.

Alle modelberegninger er udført med den samlede Rødby Fjord model, hvor KVL60 er tilføjet. Dermed er påvirkningen fra vandstanden i Lilleholms kanal indregnet.

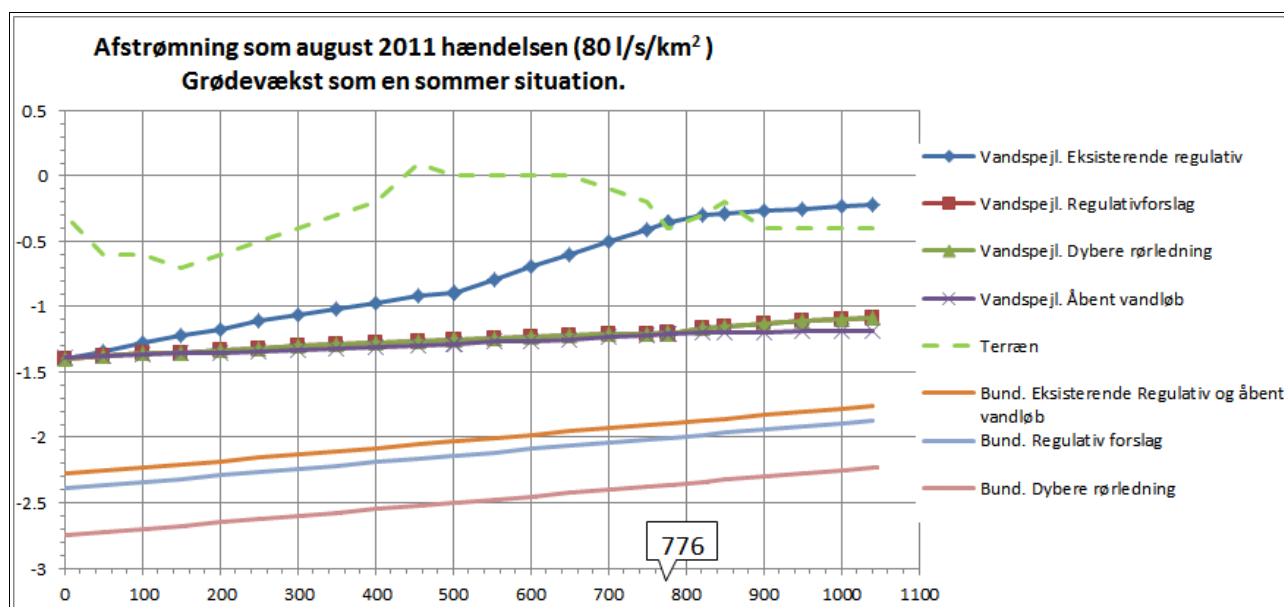
Der er anvendt Manningtal 65 m^{1/3}/s for rørledningerne svarende til regnvandsledninger udført i beton med strømningshastigheder under 1 m/s (Ref 3).

I scenariet med KVL60 som åbent vandløb er der anvendt Manningtal på 8 m^{1/3}/s for sommersituationer og Manningtal på 17 m^{1/3}/s for vintersituationer.

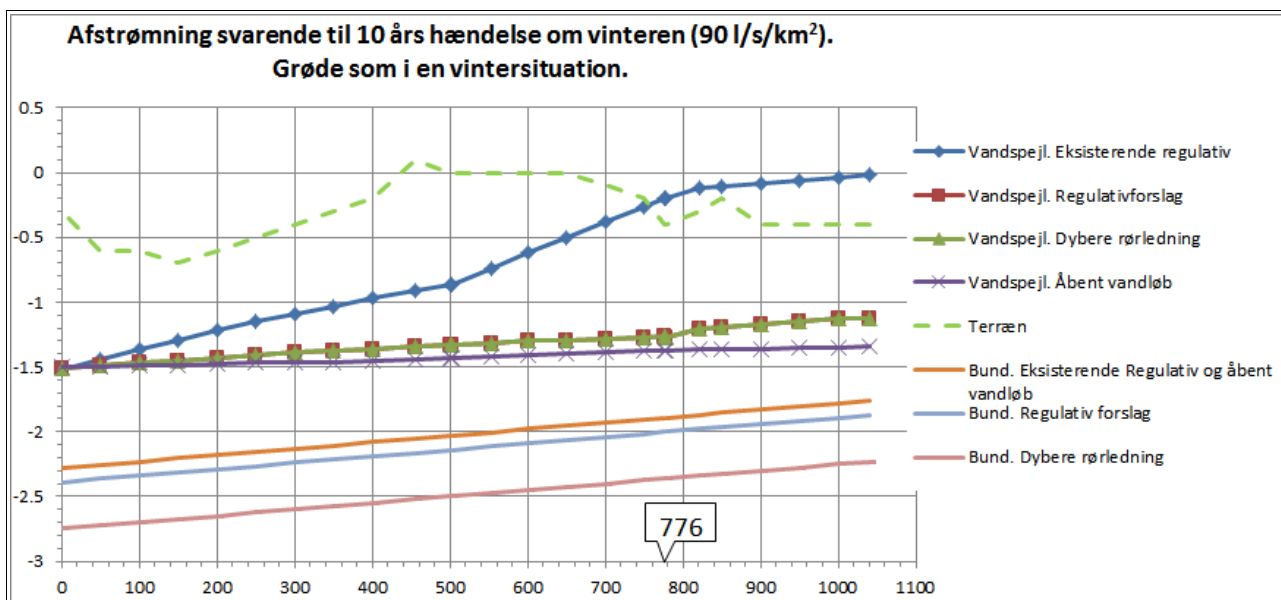
For den resterende del af Rødbyfjordsystemet er der anvendt Manningtal for sommer og vinter som er afhængige af vandløbsbredderne (se detaljer i Ref. 1).

Resultater

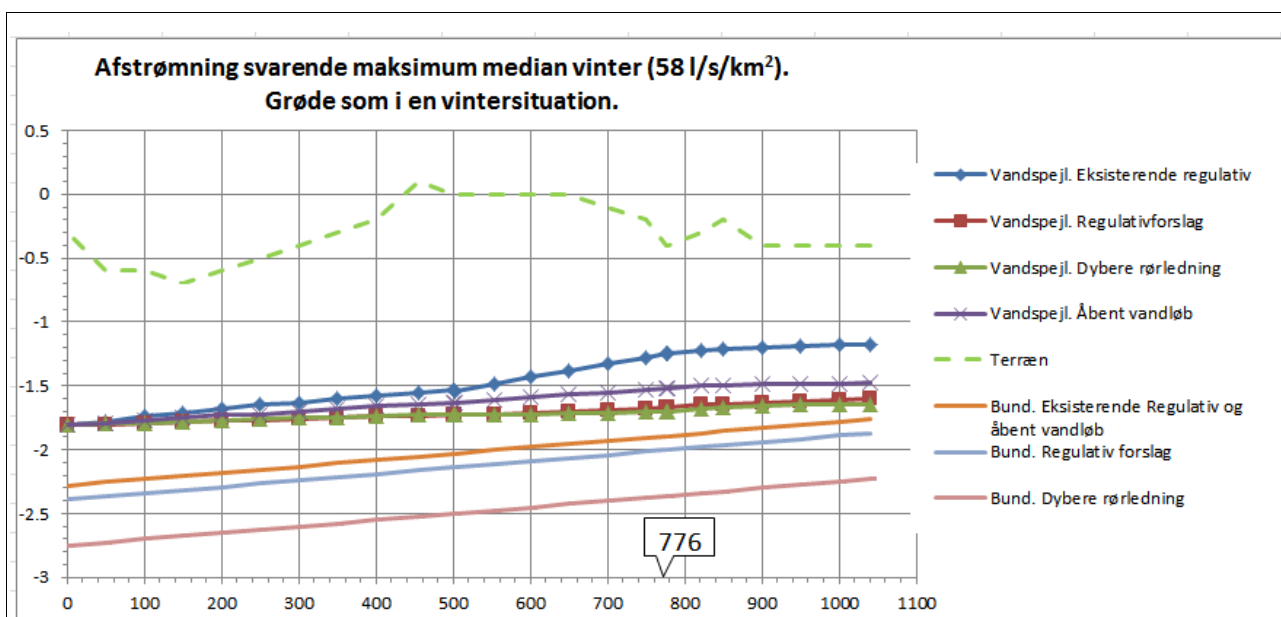
Længdeprofiler med de beregnede vandspejlskoter for de fire geometrier er vist på figur 6 til 10 nedenfor.



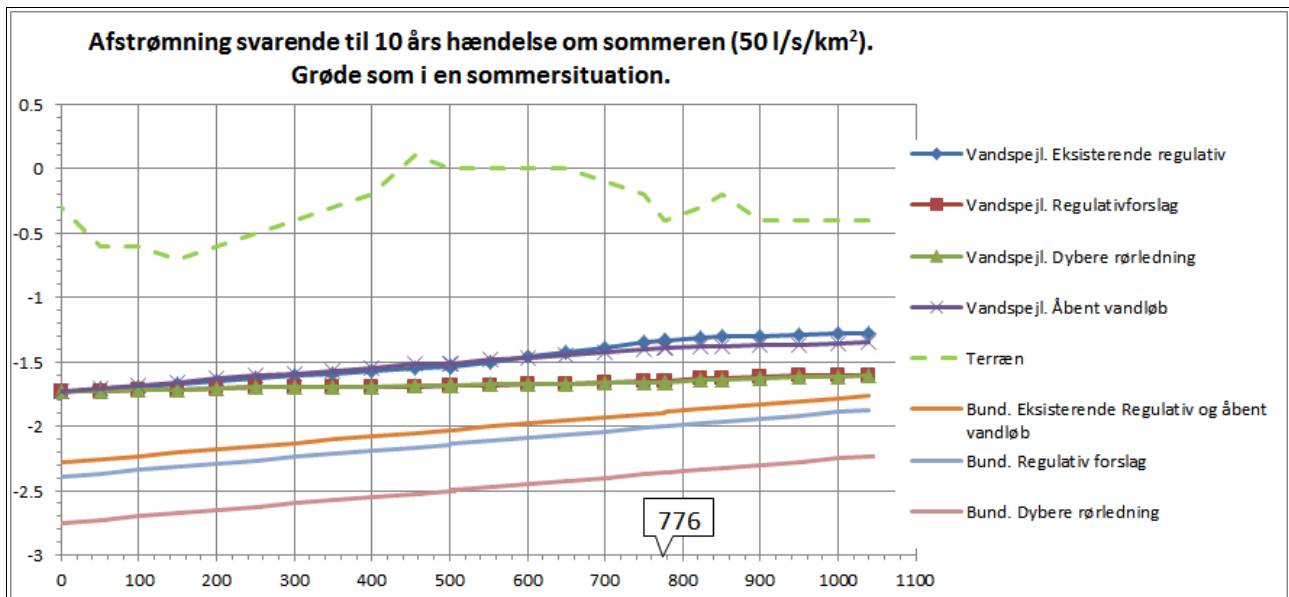
Figur 6: Længdeprofiler for KVL60 med angivelse af beregnede vandstande/trykhøjder for de fire alternative geometrier for afstrømning svarende til hændelsen i august 2011. Scenariet med KVL60 med regulativmæssige dimensioner giver trykhøjder nær og over terræn, hvilket bevirker, at afdræning med frit tilløb (altså uden pumpe) ikke vil være muligt i denne situation. Rørledningen med større dimensioner (regulativforslag) yder langt bedre. Her er der trykhøjder pænt under terræn. Tilsvarende afleder det åbne vandløb afstrømningen med vandstande under terræn. Geometrien med den dybere rørledning giver samme vandspejlskoter som rørledningen i regulativforslaget. Dette skyldes at KVL60 i denne situation er fuldtløbende og har dykket udløb i Lilleholms kanal. Ved de høje afstrømninger er der altså ingen afdræningsmæssige forbedringer ved at vælge en dybere rørledning.



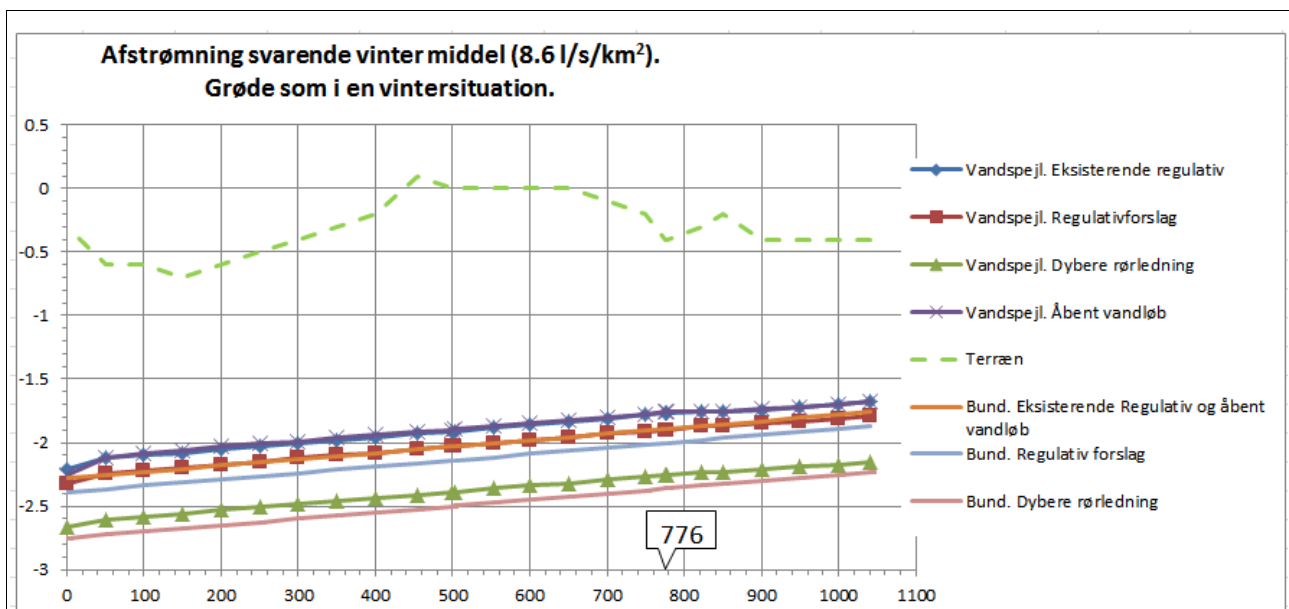
Figur 7: Længdeprofiler for KVL60 med angivelse af beregnede vandstande/trykhøjder for de fire alternative geometrier for afstrømningshændelse med gennemsnitlig gentagelsesperiode på 10 år om vinteren. KVL60 med regulativmæssige dimensioner kan ikke aflede vandet tilfredsstillende, medens både det åbne vandløb og den rørledning med større dimensioner (regulativforslaget) afleder vandet med trykhøjder / vandstande under terræn. Den dybere rørledning giver ikke nogen afvandingsmæssige forbedringer. Dette skyldes at KVL60 i denne situation er fuldtløbende og har dykket udløb i Lilleholms kanal.



Figur 8: Længdeprofiler for KVL60 med angivelse af beregnede vandstande/trykhøjder for de fire alternative geometrier. Afstrømning svarende til maksimum median værdien (hændelse med gennemsnitlig gentagelsesperiode på 2 år). Alle geometrier afleder ved trykhøjder under terrænkoter.



Figur 9: Længdeprofiler for KVL60 med angivelse af beregnede vandstande/trykhøjder for de fire alternative geometrier. Afstrømning svarende til 10 år hændelse om sommeren.



Figur 10: Længdeprofiler for KVL60 med angivelse af beregnede vandstande/trykhøjder for de fire alternative geometrier. Afstrømning svarende til vinter middel afstrømning. Ved denne afstrømning giver den dybere rørledning lavere vandspejlskoter, i forhold til de øvrige geometrier.

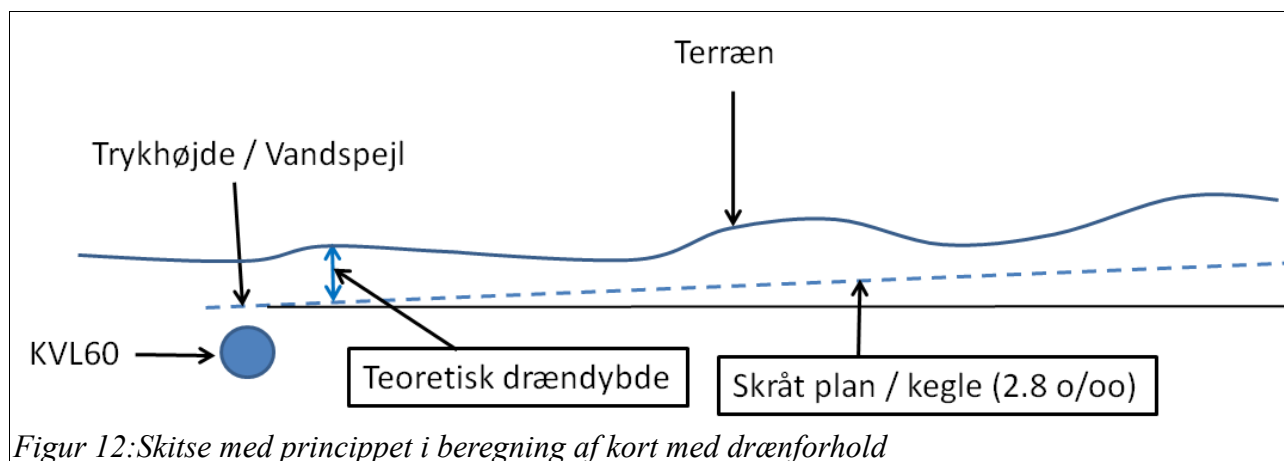
På figur 11 nedenfor er trykhøjder/vandstande for KVL60 ved tilslutningen af drænsystemet (KVL60 st. 776) vist.



Figur 11: Beregnede vandstande/trykhøjder ved indløb af drænsystem fra Hummingen (KVL60 st. 776) for forskellige alternative udformninger af KVL60 ved forskellige afstrømningshændelser. Yderligere er beregnede vandstande i Lilleholms kanal ved tilløb af KVL60 vist. Terrænkoten ved station 776 er omkring -0,4m

4 Kort over drænforholdene

I afsnit 3 ovenfor blev det vist hvordan vandstande/trykhøjder i KVL60 fordeler sig for de forskellige geometrier og afstrømningshændelser. Men det interessante er at se hvordan Hummingen Strand kan dræne til KVL60 under disse forhold. Derfor er der lavet analyser, hvor den digitale højdemodel (10m grid) er anvendt til at se hvilke områder, der kan opnå tilstrækkelig drændybde til at afdræningen kan ske ved normal gravitation (altså uden pumpe).



Figur 12: Skitse med princippet i beregning af kort med drænforhold

Princippet i beregningen (se figur 12) er, at der for hvert grid pixel (10X10m) i den digitale højdemodel beregnes afstanden fra terræn til et skråt plan som starter i den beregnede vandstand nærmeste sted i vandløbet (her KVL60) og stiger med 2.8 promille.

Der er anvendt en hældning på 2.8 promille, som er kvadratrods 2 gange 2 promille. Dette skyldes, at dræningerne i Hummingen Strand følger vejnettet og ikke løber den direkte vej til vandløbet. Den længere vej kompenseres dermed ved at gange med kvadratrods 2.

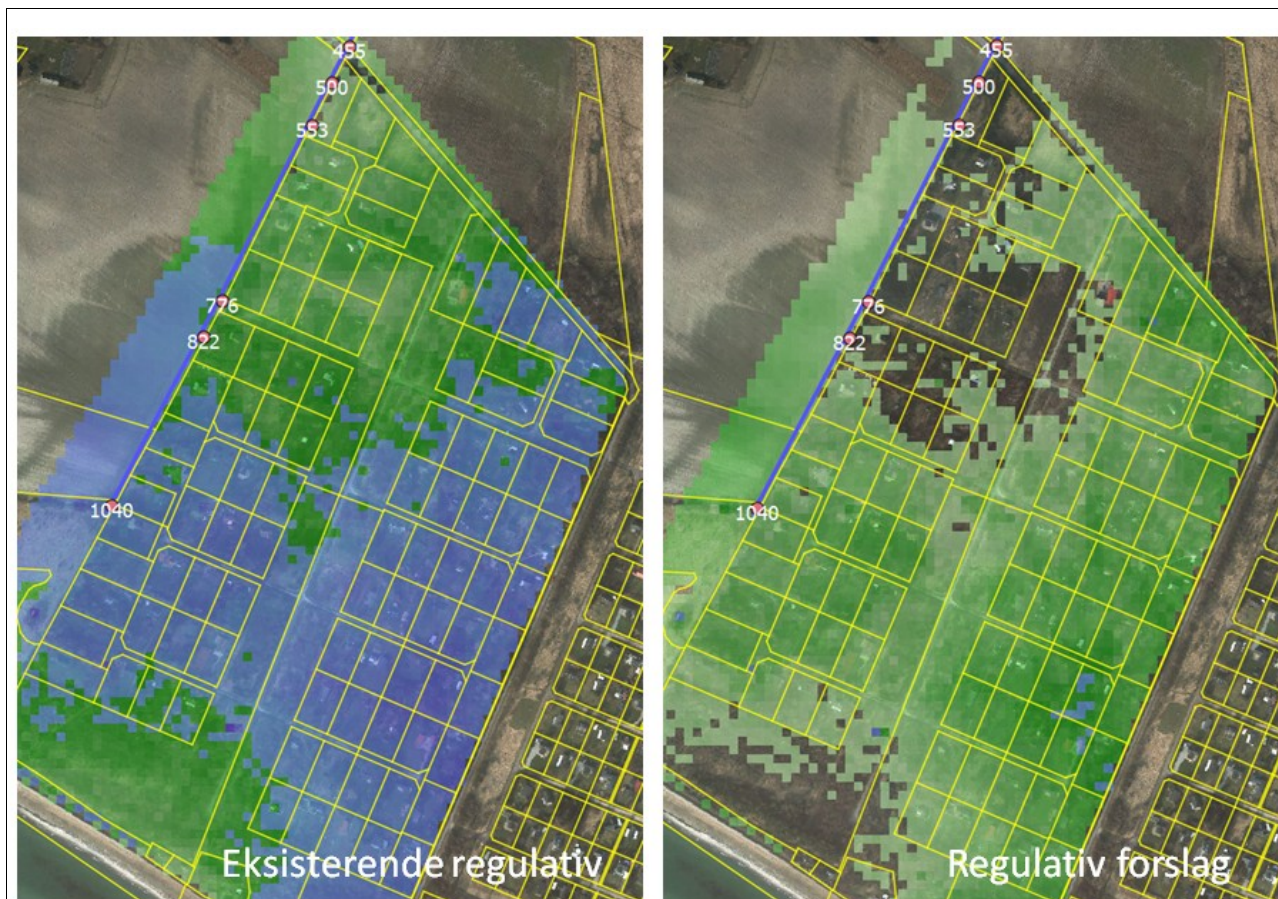
På figur 13, 14 og 15 ses resultater fra analyserne for tre udvalgte scenarier.

Figur 13 viser afdræningens forholdene, som er beregnet for en sommersituation med grødevækst og afstrømning svarende til den afstrømning, som fandt sted under august 2011 hændelsen (80 l/s/km²). Figuren til venstre viser forholdene hvis KVL60 har dimensioner og fald som angivet i gældende regulativ. Figuren til højre viser forholdene hvis KVL60 har dimensioner og fald som angivet i reguleringsforslaget og stadig med afdræning ved gravitation (altså ingen pumpe). De blå områder viser hvor der slet ikke kan afdrænes, medens de grønne områder viser hvor der kan opnås drændybder fra nul til en meter. Områder uden farvemærkning er steder, hvor der kan opnås drændybder over en meter. Den store udbredelse af det blå område på figuren til venstre viser altså, at det ikke var muligt at afdræne området under august 2011 hændelsen. Yderligere må det antages, at situationen i august 2011 har været mere markant end vist på figuren, idet KVL60 har en generel dårlig tilstand og dermed sandsynligvis større hydraulisk modstand end den, som er anvendt i beregningerne. På figuren til højre (figur 13 også) ses, at de større rørdimensioner, som angivet i reguleringsforslaget, giver en markant forbedring i forhold til afdræningsforholdene. Dog har størstedelen af området stadig problematiske afdræningsforhold.

Figur 14 viser drænsituationer for en vinterafstrømning svarende til maksimum median værdien,

altså den afstrømning, som forventes at optræde i gennemsnit hvert andet år. Igen ses det, at de større rørdimensioner i reguleringsforslaget giver en markant forbedring i forhold til de eksisterende forhold (regulativ). Dog er der stadig store områder, hvor der ikke kan opnås dræningsdybder over 1 meter. Som vist tidligere på figur 8 vil en dybere rørlægning ikke forbedre situationen for Hummingen strand ved disse høje afstrømningsrater.

Figur 15 viser situationen for en middel vinterafstrømning. Her er der problematiske drænforhold når KVL60 har dimensioner som i regulativet, medens rørlægningen med de større dimensioner faktisk formår at aflede vand så der kan opnås drændybder over en meter i hele området.



Figur 13: Dræningsforhold ved afstrømning som i august 2011 (80 l/s/km^2), med fri dræning til KVL60. Blå farver markerer områder, som slet ikke kan drænes. Grønne farver viser områder hvor der kan opnås drændybder mellem 0 og 1 m, medens områder uden farvemarkering er områder hvor der kan opnås drændybder over 1 meter. Området udenfor det vestlige Hummingen Strand er ikke med i analysen, så her skal der altså ikke lægges betydning i, at der ikke er farvemarkering.



Figur 14: Dræningsforhold ved afstrømning svarende til vinter maksimum median (2 års hændelse) (59 l/s/km^2), med fri dræning til KVL60. Blå farver markerer områder, som slet ikke kan drænes. Grønne farver viser områder hvor der kan opnås drændybder mellem 0 og 1 m, medens områder uden farvemarkering er områder hvor der kan opnås drændybder over 1 meter. Området udenfor det vestlige Hummingen Strand er ikke med i analysen, så her skal der altså ikke lægges betydning i, at der ikke er farvemarkering.



Figur 15: Dræningsforhold ved afstrømning svarende til vinter middel (9 l/s/km^2), med fri dræning til KVL60. Blå farver markerer områder, som slet ikke kan drænes. Grønne farver viser områder hvor der kan opnås drændybder mellem 0 og 1 m, medens områder uden farvemarkering er områder hvor der kan opnås drændybder over 1 meter. Området udenfor det vestlige Hummingen Strand er ikke med i analysen, så her skal der altså ikke lægges betydning i, at der ikke er farvemarkering.

5 Kapacitet ved ved anvendelse af pumpe

Kjeld Morel har i et projekt præsenteret en løsning, hvor drænsystemet i det vestlige Hummingen Strand leder drænvand og overfladevand til en samlebrønd, hvorfra vandet oppumpes til et bassin (se figur 1). Bassinbunden har en udstrækning på $4 \times 7 \text{ m}$, sideanlæg på 1:1 og bundkote -1.10 m . Fra bassinet løber vandet ved gravitation via en 180 m lang regnvandsledning med gennemsnitlig fald på 3 ‰ til KVL60 station 776 m . Ledningen fra bassin til KVL60 indrettes således, at der højst tillades en gennemstrømning på 1 l/s/ha , hvilket svarer til 32 l/s , idet det drænedede areal er 32 ha .

Med etableringen af pumpe afkobles drænsystemet i Hummingen Strand hydraulisk fra det øvrige Rødby Fjord system, forstået på den måde, at afledningen kan ske uden stuvningspåvirkning fra Lilleholms kanal. Yderligere giver etableringen af pumpen større frihed i forhold til de drændybder

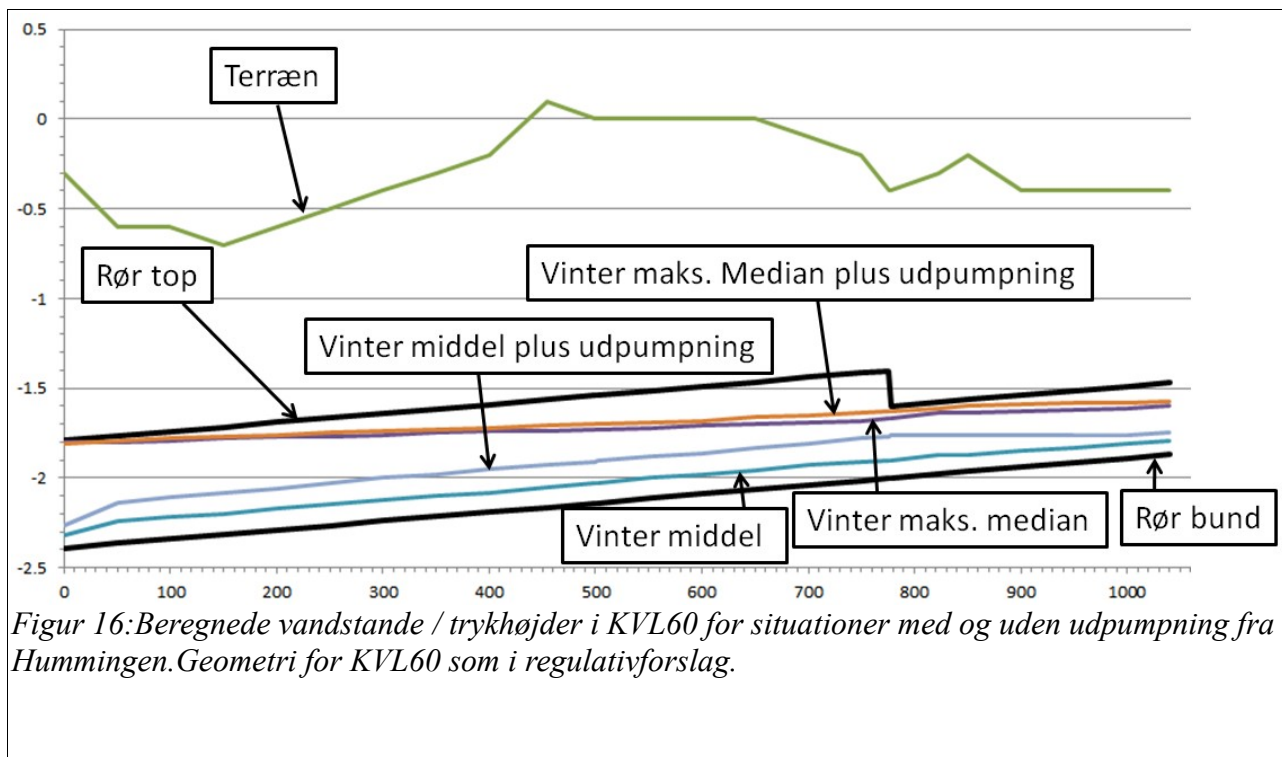
der kan opnås. Udover drænstrømningen modtager pumpe og bassin også overfladevand, idet der gives mulighed for, at der fra de enkelte parceller kan afledes overfladevand (tagvand og vand på terræn) til drænsystemet.

I forbindelse med etablering af pumpe er det relevant at se på hvordan udpumpningen påvirker vandstanden i KVL60, idet udpumpningen potentielt kan være til gene for lodsejere udenfor Hummingen Strand, som dræner til KVL60 ved gravitation.

Ved de langvarige nedbørshændelser, som generelt er de kritiske i Rødby Fjord, vil drænvandet udpumpes i samme takt, som det tilløber drænene og bidraget fra overfladevand vil ikke være signifikant. Med ved mere højintense kortvarige nedbørshændelser vil overfladevand, som ledes til systemet have betydning. I sådanne situationer vil der kunne udledes 1 l/s/ha fra Hummingen Strand, hvilket ikke ville være sket, hvis der ikke havde været pumpe.

For at undersøge konsekvensen af etableringen af pumpen, er der lavet beregninger hvor vandstande / trykhøjder i KVL60 er sammenlignet for situationer med og uden udpumpning. Som basis afstrømning er anvendt henholdsvis middel vinter afstrømning og maksimum median afstrømning. For beregningerne med pumpe er det ekstra bidrag som udledningen fra bassinet på 1 l/s/ha indregnet. Vandstande /trykhøjder for denne analyse er vist på figur 16 nedenfor.

Med en basis afstrømning svarende til vinter maksimum median afstrømning giver udledningen fra bassinet en forskel i trykhøjde på maksimalt 4cm. Med basis afstrømning svarende til vinter middel afstrømning giver udledningen fra bassinet anledning til en maksimal vandstandsstigning på 14 cm. Dette giver ikke anledning til gener for lodsejere uden for Hummingen Strand, som afleder drænvand ved gravitation.



6 Konklusion

- **Påvirkningen fra styrtet**
Beregningerne viser, at fjernelse af styrtet ved Lilleholms kanals udløb ikke har nogen effekt i forhold til forbedring af afvandingsforholdene i det vestlige Hummingen Strand.
- **August 2011 hændelsen**
Beregningerne viser, at stuvning i KVL60 har bidraget signifikant til oversvømmelserne i Hummingen Strand under august 2011 hændelsen
- **Reguleringsforslaget**
Beregningerne viser, at de større dimensioner som angivet i reguleringsforslaget for KVL60 giver en signifikant forbedring af afdræningsforholdene. Dog vil etablering af den nye rørledning ikke alene kunne løse de problematiske drænforhold.
- **Dybere rørledning.**
Beregningerne viser at en dybere rørledning (47 cm dybere end gældende regulativ) med større rørdimensioner (samme dimensioner som i reguleringsforslaget) ikke har nogen gavnlig effekt på afdræningsforholdene ved de meget høje afstrømningsrater (f.eks. 10 års hændelser. Derimod vil den dybere rørledning give mulighed for større drændybder ved mindre afstrømninger (f.eks. vinter middel afstrømning), hvor vandspejlet ved station 776m (indløb fra Hummingen Strand) vil være 36 cm lavere (figur 11)
- **Omlægning af KVL60 til åbent vandløb.**
For store afstrømninger vil et åbent vandløb med bundkoter svarende til nuværende regulativ og bundbredde på 0,6 meter kunne give lavere vandstande i KVL60. Dog vil dette ikke være tilstrækkelig til at opnå gode afdræningforhold uden anvendelse af pumpe.
- **Oppumpning og bassin**
For at opnå gode drænforhold er det nødvendigt at etablere en pumpe, som gør afvandingsforholdene i Hummingen Strand uafhængige af vandstanden i Lilleholms kanal og KVL60. Da der findes restriktioner for dræningen i Hummingen Strand på grund af nedsivning af gråt spildevand, vil supplement med direkte afdræning af overfladevand, som foreslået i Kjeld Morels rapport, være en god løsning. Beregningerne viser, at udstrømning fra bassinet på maksimalt 1 l/s/ha ikke vil påvirke de lodsejere, som dræner til KVL60 ved gravitation,.

7 Referencer

Ref 1: Rødby Fjord Modellen, Lolland Kommune og HydroInform 2014.

<http://www.lolland.dk/Om-kommunen/Projekter/Klimatilpasningsprojekt-i-Roedby-fjord->

[oplandet.aspx](#)

Ref 2: ”Regulering af Kommunevandløb nr.60 i Hummingen, Lolland Kommune”.
Udgave nr.: 2 af 15.11.2013. Udarbejdet af Kjeld Morel for Lolland Kommune.

Ref 3: ”Praktisk forekommende ruheder I afløbssystemer”. PH-Consult 2004.