

Jammerbugt Kommune og Brønderslev Kommune

Scenarieberegninger for Ryå med omgivende arealer

ANALYSE AF DE FAKTORER, DER ER BESTEMMENDE FOR VANDFØRINGS-
EVNE OG VANDSTAND SAMT BEREKNING AF EFFEKTERNE AF MULIGE
TILTAG TIL FORBEDRING AF VANDFØRINGSEVNEN

Jammerbugt Kommune og Brønderslev Kommune

Scenarieberegninger for Ryå med omgivende arealer

ANALYSE AF DE FAKTORER, DER ER BESTEMMENDE FOR VANDFØRINGS-
EVNE OG VANDSTAND SAMT BEREGNING AF EFFEKTERNE AF MULIGE
TILTAG TIL FORBEDRING AF VANDFØRINGSEVNEN

Rekvirent Jammerbugt Kommune
Vand og Natur
Lundbakvej 5
9490 Pandrup

Brønderslev Kommune
Plan og Miljø
Rådhusgade 5
9330 Dronninglund

Rådgiver Orbicon A/S
Gasværksvej 4
9000 Aalborg

Projektnummer 1321600257
Projektleder Henrik Vest Sørensen
Kvalitetssikring Henrik Vest Sørensen
Revisionsnr. 1
Godkendt af Simon Grünfeld
Udgivet 28-03-2017

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. INDLEDNING	12
2. SCENARIO 1: SLUTKALIBRERING AF DEN HYDRAULISKE MODEL FOR RYÅ	15
2.1. Kalibrering	15
2.1.1 Målestation 060148 – Hallund Å	16
2.1.2 Målestation 06.01 – Jerslev Bro	16
2.1.3 Målestation 060146 - Åbro	17
2.1.4 Målestation 06.02 – Manna Bro	17
2.1.5 Målestation 060107 – Hvide Bro	18
2.1.6 Målestation 060109 - Mejeribroen	19
2.1.7 Målestation 060142 – Haldager Bro	19
2.1.8 Målestation 060147 - Lygtebækken	20
2.1.9 Målestation 06.10 –Nørre Å opstrøms Brønderslev	20
2.1.10 Målestation 06.11 –Nørre Å nedstrøms Brønderslev	22
2.1.11 Målestation 060071 - Tiendebæk	23
2.2. Vurdering af de gennemførte kalibreringer	23
3. SCENARIO 2: KLIMAEFFEKTER	25
3.1. Økonomiske konsekvenser af klimabetingede forringelser af afvandingstilstanden	32
4. SCENARIO 3: BYERNES PÅVIRKNING AF VANDFØRING OG VANDSTAND I RYÅ	33
4.1. Problemstillingen	33
4.2. Metode	34
4.3. Resultater	35
4.4. Samlet vurdering	41
5. SCENARIO 4A: GRØDE OG GRØDESKÆRING	42
5.1. Besigtigelse 2016	42
5.1.1 Bundgrøden	43
5.1.2 Brinkvegetationen	44

5.2.	Grødemodeller formuleret på grundlag af eksisterende forhold	45
5.3.	Grødemodeller til simulering af fremtidige vandstandsforhold	47
5.3.1	Jerslev Bro.....	47
5.3.2	Manna Bro	49
5.4.	Skæring af bundgrøden vs. skæring af brinkvegetationen	51
5.5.	Strækningen nedstrøms Hvide Bro.....	53
5.6.	Perspektivering	53
6.	SCENARIO 4B – DYNAMISKE VANDSPEJLSBEREGNINGER VED HJÆLP AF GRØDEMODELLERNE FOR NUVÆRENDE OG ÆNDRET GRØDESKÆRING	54
7.	SCENARIO 5: PROFILUDVIDELSER.....	62
7.1.	Udvidelse af bundbredden.....	63
7.1.1	Beskrivelse af principperne og vilkårene for (regneteknisk) udvidelse af bundbredden	63
7.1.2	Afvandingsmæssige konsekvenser ved udvidelse af bundbredden	64
7.1.3	Natur- og miljømæssige effekter ved udvidelse af bundbredden	72
7.2.	Etablering af dobbeltprofiler	72
7.2.1	Beskrivelse af principperne i og vilkårene for etablering af dobbeltprofil i vandløb	73
7.2.2	Afvandingsmæssige konsekvenser ved dobbeltprofil	74
7.2.3	Naturmæssige forhold	82
8.	SCENARIO 6: FORSINKELSE OG EKSTENSIVERING	83
8.1.	Ekstensivering.....	92
9.	SCENARIO 7: SANDBANKEN VED RYÅ'S MUNDING I LIMFJORDEN	94

BILAGSFORTEGNELSE

Bilag 1. Notat om screening af områder til ekstensivering

IKKE-TEKNISK RESUMÉ

Denne redegørelse omhandler analyser af en række forskellige scenarier vedrørende vandføringsevnen i Ryå og afvandingstilstanden omkring åen. Scenarierne er udvalgt af Jammerbugt Kommune og Brønderslev Kommune og vedrører de faktorer, der påvirker eller styrer åens vandføringsevne og afvandingstilstanden omkring åen, samt nogle af de virkemidler, der kan tages i anvendelse til forbedring af vandføringsevnen og afvandingstilstanden. Baggrunden for analyserne er, at lodsejerne langs å-systemets vandløb oplever stigende problemer med især tidvise oversvømmelser af landbrugsarealerne.

De aftalte scenarieanalyser er gennemført hver for sig, for at man kan få et billede af, hvad hvert enkelt virkemiddel kan bidrage med. Virkemidlerne kan kombineres, men den samlede effekt af flere virkemidler anvendt samtidig er ikke nødvendigvis lig summen af de enkelte virkemidlers effekter, hvorfor scenarier med flere virkemidler i spil kræver beregninger, der ligger uden for rammerne af nærværende redegørelse.

SCENARIO 1 – KALIBRERING AF VANDLØBSMODEL FOR RYÅ-SYSTEMET

Det gennemgående værktøj i analyserne er en vandløbsmodel for hele Ryå-systemet, opstillet og kalibreret på grundlag målinger i perioden 2015-2016 af vandstand og vandføring på i alt 10 stationer i hovedløbet og de største og mest betydende tilløb. Dertil kommer vandstandsdata fra Limfjorden.

Kalibreringen af modellen op mod de målte vandstande viser, at den opstillede model er i stand til at gengive de registrerede værdier med en høj grad af overensstemmelse. De afvigelser, der er konstateret, ligger alle inden for rammerne af den usikkerhed, der er knyttet til sådanne modelberegninger. Det er på den baggrund konkluderet, at modellen er velegnet til at gennemføre analyserne i de enkelte scenarier.

SCENARIO 2 - KLIMAFORANDRINGER

I lighed med resten af landet forventes der i de kommende år fortsatte klimaforandringer i Ryå-oplandet. Disse klimaforandringer forudses at give større ekstremafstrømninger af overskudsnedbør gennem vandløbene samtidig med at vandstanden i Limfjorden forudses at stige. Begge disse forandringer indebærer forventelige forringelser af afvandingstilstanden omkring Ryå, dels fordi større vandføring i åen er ensbetydende med højere vandstand, og dels fordi højere vandstand i Limfjorden er ensbetydende med højere vandstand i den nedre del af åen.

Vandstandsstigningen i Limfjorden forudses i år 2050 at være 0,4 meter, og denne stigning vil, alt andet uforandret, forringe afvandingstilstanden omkring de nederste ca. 20 km af Ryå med tilløb. Vandstandsstigningen kan ikke imødegås

gennem forbedringer af åens vandføringsevne, hverken gennem grødeskæring eller gennem profilændringer.

Effekterne af klimaforandringerne på vandstand og oversvømmelse er undersøgt ved at beregne vandstande i åsystemet ved 1) en afstrømningshændelse svarende til den, der fandt sted i oktober 2014, og 2) en tilsvarende afstrømningshændelse med tillæg af den forventelige stigning i år 2050. Beregningerne viser, at en sådan øgning af en ekstremafstrømning vil bevirke indtil ca. 20 cm højere vandstande i store dele af åsystemet. **Det betyder samlet set, at øget nedbør (2050) forventeligt vil øge vandstanden i store dele af åsystemet med indtil 20 cm, mens den øgede vandstand i Limfjorden forventeligt vil øge vandstanden med 40 cm i den nederste del af åen, hvis åen fremover forbliver i den tilstand, den har i dag. Det store lavtliggende område omkring åen syd for Hvide Bro vil som følge af de lave terrænkoter være det mest udsatte område for både forhøjede vandstande i Limfjorden og tilførsel af øgede mængder vand fra de opstrøms dele af åsystemet. Men også andre lavtliggende områder omkring åen vil blive udsat for flere og mere omfattende oversvømmelser.**

SCENARIO 3 – BYERNES VAND

Alle befæstede arealer i oplandet til Ryå udleder regnvand med en anden afstrømningshastighed end de ubefæstede oplandsarealer. Det gælder i særlig grad de store byer i oplandet til Ryå. Hovedparten af regnvandet udledes i dag uforsinket, og det er ved hjælp af vandløbsmodellen og modellen for byernes afstrømning beregnet, hvordan disse regnvandsudledninger påvirker vandstanden på forskellige steder i vandløbssystemet nedstrøms udledningerne. Det er på tilsvarende vis beregnet, hvordan en neddrogning af regnvandsafstrømningen fra byerne til 1 l/s/ha vil kunne påvirke vandstanden. Begge beregninger omfatter 40 udledninger og er foretaget på grundlag af data omfattende en stor regnhændelse i juli 2016.

Beregningerne viser, at effekterne af regnvandsudledning – både uden og med forsinkelse – er størst nærmest udledningsstederne, særlig hvor disse er beliggende i de øvre dele af Ryå-systemet. Ved en nedbørshændelse som i juli 2016 ville forsinkelse af afstrømningen kunne mindske maksimumsvandstanden i Lygtebækken med ca. 30 cm, aftagende til ca. 10 cm i Ryå ved Manna Bro og til 0 cm ved Mejeribroen og i hele den nederste del af åen.

Det betyder samlet set, at forsinkelse af afstrømningen af regnvand fra de befæstede arealer i oplandet til Ryå fortrinsvis vil have effekt på vandstanden i åen og dermed på risikoen for oversvømmelse af de ånære arealer nærmest udledningsstederne. Effekten på vandstanden aftager hurtigt i nedstrøms retning, og selv de uforsinkede udledninger har ingen målbar effekt på vandstanden i hele den nedre del af Ryå.

SCENARIO 4 – GRØDE OG GRØDESKÆRING

Der gennemføres i Ryå hvert år en omfattende og forholdsvis intensiv skæring af bundgrøden, hvilket ifølge både vandstandsmålingerne og kommunernes vandløbsmedarbejdere kan sænke vandstanden med i størrelsesordenen 25 cm. Den fulde effekt af grødeskæring er imidlertid meget kort varig (3 – 5 uger) på grund af grødens genvækst, som neutraliserer effekten af en grødeskæring i løbet af 3-5 uger. Idet grøden i dag bortskæres på hovedparten af bunden, er 25 cm den maksimalt opnåelige vandstandssænkning ved skæring af bundgrøden.

Ryå løber på lange strækninger dybt nedskåret under terræn, og de høje brinker er generelt bevokset med høj stivstænglet vegetation, der på lange strækninger tilmed består af tagrør. Vandstandsmålingerne har vist, at brinkvegetationen påvirker vandføringsevnen og vandstanden ved store afstrømninger. Målingerne har også vist, at en gennemført skæring af brinkvegetationen på en strækning havde effekt på vandstanden.

Der er på grundlag af de foreliggende målinger i åen formuleret grødemodeller, der på to stationer – Jerslev Bro og Manna Bro - beskriver effekten af grøden og grødeskæringen på vandstanden i åen i den nuværende tilstand. Kontrolberegninger af vandstanden ved brug af grødemodellerne viser god overensstemmelse med de målte vandstande i vandløbet i perioden 2015-2016.

I erkendelse af brinkvegetationens formodede og til dels dokumenterede effekt på vandføringsevnen er der formuleret nogle grødemodeller, der foruden skæring af bundgrøden også indbefatter skæring af den ene eller begge brinker. Disse grødemodeller anvendes i vandløbsmodellen til beregning af, hvordan forskellige ændringer af grødeskæringen kan forventes at påvirke vandstanden i åen.

Beregningerne viser, at supplering af de nuværende 3 skæringer af bundgrøden om sommeren med 1 skæring af begge brinker om efteråret vil kunne mindske de højeste vandstande med maksimum ca. 15 cm ved Manna Bro og formodentlig også ved Jerslev Bro, mens skæring af brinkerne ved Hvide Bro og nedstrøms herfor er uden effekt på de høje vandstande.

Samlet set viser de gennemførte beregninger, at skæring af bundgrøden primært er til gavn for afvandingstilstanden om sommeren og kan forbedre denne med maksimum 25 cm, mens skæring af begge brinker om efteråret kan mindske de største vandstande med maksimum ca. 15 cm. Skæring af brinkerne mindsker dermed risikoen for oversvømmelser ved store afstrømninger.

SCENARIO 5 – PROFILUDVIDELSER

Til belysning af betydningen af vandløbsprofilets størrelse og form for vandføringsevnen og vandstanden er der gennemført analyser af effekten af dels en udvidelse af vandløbets bundbredde og dels en udgravning af et dobbeltprofil.

Udvidelsen af bundbredden tager primært sigte mod at forbedre vandføringsevnen ved små og mellemstore vandføringer, og beregningerne viser, at det ved samme afstrømningsforhold som i 2015-2016 vil være muligt at sænke medianvandstanden med maksimum godt 20 cm i den øvre og mellemste del af åen,

mens det ikke har nogen effekt på vandstanden at udvide bundbredden i den nedre del af åen, fordi vandstanden her primært er styret af vandstanden i Limfjorden.

Udgravningen af et dobbeltprofil tager primært sigte mod at forbedre vandførings- evnen ved de store vandføringer, idet profilets vandføringsevne bevares uændret ved små og mellemstore vandføringer. Beregningerne viser, at udgravning af dobbeltprofil i den del af åen, der løber dybt nedskåret under terræn, vil kunne reducere de højeste vandstande med ca. 20 cm, beregnet på grundlag af data fra 2015-2016 og med de vandføringsevnmæssige karakteristika, åen havde i samme periode. Det betyder bl.a., at der ved analysen af dobbeltprofilets effekt på vandføringsevnen er regnet med samme Manningtal, som karakteriserer åen i dens nuværende tilstand, uagtet at den optimale funktion af dobbeltprofilet forudsætter bortskæring af stivstænglet vegetation, især høje græsser og tagrør, på banketterne. Beregningerne af både bundudvidelsen og dobbeltprofilet illustrerer derfor kun effekterne af selve form- og dimensionsændringerne. **Samlet set viser analyserne af profilændringerne, at både en udvidelse af bundbredden og udgravning af et dobbeltprofil på de strækninger, hvor åens profil gør det muligt, og hvor vandstanden ikke er påvirket af vandstanden i Limfjorden, hver især vil kunne mindske vandstanden med maksimum ca. 20 cm, udvidelsen af bundbredden især ved små og mellemstore vandføringer, og dobbeltprofilet især ved store vandføringer.**

SCENARIO 6 – FORSINKELSE OG EKSTENSIVERING

Et muligt alternativ til at øge åens vandføringsevne er at holde overskudsnedbør tilbage på udvalgte steder i oplandet for ad den vej at mindske de store afstrømninger og de dermed forbundne høje vandstande. Virkningen af vandtilbageholdelse i oplandet er analyseret på grundlag af data fra en stor afstrømningshændelse (svarende til en 20-årshændelse) i oktober 2014 og forsinkelseskapa- citeten i 5 udpegede områder. Ved udnyttelse af den fulde kapacitet i disse 5 områder viser beregningerne, at det ved en 20-års-afstrømning vil være muligt at reducere maksimumsvandstanden med ca. 20-25 cm i den øvre og mellemste del af åen, aftagende til 0 cm ned mod den strækning, der er påvirket af vandstanden i Limfjorden. En sådan mindskelse af maksimumsvandstanden ved en meget stor afstrømning vil kunne mindske udstrækningen af oversvømmede arealer, men vil ikke kunne forhindre oversvømmelse af de i dag mest oversvømmelsestruede arealer. Det i dag største og mest oversvømmelsestruede område er beliggende syd for Hvide Bro, og for dette område gælder, at tilbageholdelse af vand i oplandet ikke kan ændre nævneværdigt på oversvømmelsesrisikoen eller hyppighe- den. Det hænger sammen med områdets lavtliggende terræn, som gør det føl- somt over for både store afstrømninger i åen og høje vandstande i Limfjorden. Den store følsomhed over for høje vandstande betyder, at den landbrugsmæs- sige anvendelse til stadighed er truet af oversvømmelser, oversvømmelser, som det ikke eller kun i meget ringe grad er muligt at imødegå gennem foranstaltninger

i åen. Denne kendsgerning er baggrunden for, at der med det lavtliggende område syd for Hvide Bro som eksempel er set på ekstensivering af den landbrugsmæssige anvendelse som alternativ til indsatser i åen eller som en nødvendighed, affødt af klimaforandringernes stingende vandstande. **Det er samlet set vurderingen, at tilbageholdelse af overskudsnedbør i oplandet til Ryå vil kunne skære toppen af de højeste vandstande i den øvre og mellemste del af åen i forbindelse med store afstrømninger, men tilbageholdelse i oplandet vil ikke kunne forhindre oversvømmelse af de i dag mest oversvømmelsestruede arealer. Tilbageholdelse vil kun i begrænset omfang kunne begrænse udstrækningen af oversvømmelserne, idet disse allerede i dag er bestemt af terrænforholdene og de ukontrollerbare vandstandsforhold i Limfjorden. Dette taler for at indtænke ekstensivering i den landbrugsmæssige anvendelse af de mest følsomme arealer, hvoraf arealet syd for Hvide Bro er det største.**

SCENARIO 7 – SANDBANKEN VED ÅENS MUNDING I LIMFJORDEN

Ved Ryå's munding i Limfjorden er der aflejret store mængder sand i form af en stor bank, hvis overflade ligger i en højere kote end bunden i åen opstrøms munden. Det har givet anledning til en antagelse om, at vandets strømning ud af åen er hæmmet af sandbanken, og at denne derfor er medvirkende årsag til høje vandstande i den nedre del af åen og oversvømmelse af de omgivende arealer. Der er ved indarbejdning henholdsvis fjernelse af sandbanken i vandløbsmodellen foretaget beregninger af betydningen af sandbanken for vandstanden i den nedre del af åen. Disse beregninger viser med stor tydelighed, at når sandbanken tages i regning i modellen, kan denne gengive vandstanden ved Haldager Bro med stor nøjagtighed. Det er på den baggrund vurderingen, at når sandbanken udtages af modellen, og beregningerne med denne viser uændrede vandstandsforhold ved Haldager Bro, så er det udtryk for, at sandbanken ikke har nævneværdig indflydelse på vandstanden i den nedre del af åen. I hvert fald ikke under normale vandstandsforhold i Limfjorden. **Det er på den baggrund vurderingen, at sandbanken ved munden af Ryå i Limfjorden ikke kan tilskrives nævneværdig betydning for vandets frie strømning ud af åen og dermed heller ikke for vandstanden i den nedre del af åen og oversvømmelsen af de ånære arealer.**

ALLE SCENARIER UNDER ÉT

De gennemførte scenarieanalyser har vist, at det er muligt at opstille en vandløbsmodel for Ryå, som - kalibreret på grundlag af måledata – er i stand til at gengive de målte vandstande med stor nøjagtighed. Det er på den baggrund vurderingen, at samtlige øvrige scenarieanalyser er gennemført med en velbegrunder og stærk vandløbsmodel.

For samtlige gennemførte analyser gælder, at de beregnede effekter af forskellige foranstaltninger til forbedring af vandføringsevnen og sænkning af vandstanden alle er af samme størrelsesorden, nemlig maksimum 20-25 cm på de steder,

hvor effekterne er størst. Beregningerne viser også, at de igangværende klimaforandringer i år 2050 forventes at resultere i vandstandsstigninger af samme størrelsesorden.

Det betyder, at de undersøgte foranstaltninger, anvendt hver for sig, vil have en reducerende effekt på vandstanden, som i år 2050 stort set modsvares af den forventede øgning af vandstanden. Anvendt enkeltvis vil foranstaltningerne således i bedste fald kunne neutralisere effekterne af klimaforandringerne, men kun i den del af åsystemet, der ikke er påvirket af vandstanden i Limfjorden.

De gennemførte analyser viser, at mens de undersøgte foranstaltninger kan forventes at have en positiv effekt på vandføringsevnen i den øvre og mellemste del af åen, så forholder det sig anderledes i den nedre del af åen. Her vil klimaforandringerne gradvis skabe højere vandstande i åen som følge af højere vandstande i Limfjorden og større afstrømning samtidig med, at mulighederne for at imødegå høje vandstande er begrænset af åens karakteristika og lave terrænkoter omkring åen.

Der er ikke i denne udredning foretaget analyser af, hvordan to eller flere foranstaltninger anvendt samtidig vil kunne påvirke vandføringsevnen og vandstanden i åen samt oversvømmelsen af de ånære arealer. Men det vurderes, at nogle af foranstaltningerne, anvendt i forening i den øvre og mellemste del af åen, vil kunne give en større effekt, end hvis de anvendes hver for sig. Det gælder eksempelvis, hvis dobbeltprofilen kombineres med slåning af brinkvegetationen. I den nedre del af åen vil kombination af foranstaltninger med stor sandsynlighed ikke kunne mindske vandstanden og oversvømmelsesrisikoen, idet begge dele primært er bestemt af vandstanden i Limfjorden.

1. INDLEDNING

I forbindelse med et stigende antal henvendelser fra lodsejere til Brønderslev Kommune og Jammerbugt Kommune om oversvømmelse og afvandingsproblemer på arealerne langs Ryå, har Orbicon på foranledning af de to kommuner formuleret en hydraulisk vandløbsmodel for Ryå. Modellen skal anvendes til at belyse åens hydrauliske karakteristika og til at beregne de vandstandsmæssige effekter af forskellige tiltag til forbedring af vandløbets vandføringsevne. Modellen skal dermed anvendes til at belyse om og i givet fald, hvor og hvor meget det er muligt at forbedre de afvandingsmæssige forhold langs Ryå og evt. mindske antallet af oversvømmelser og varigheden af disse.

De to kommuner har ønsket en tæt inddragelse af og dialog med lodsejere og interessenter i belysningen af problematikken omkring Ryå, og har såvel på offentlige møder som på møder i følgegruppen for Ryå-projektet muliggjort drøftelser af problematikken om forringede afvandingsforhold og mulighederne for at afhjælpe problemerne. På disse møder har lodsejere og interesseorganisationer haft mulighed for at fremkomme med deres meninger om, hvilke forhold de mener er årsager til de forringede afvandingsforhold, og de har haft mulighed for at fremsætte forslag til foranstaltninger, der kan sænke vandstanden i Ryå og derved forbedre afvandingsstilstanden og mindske oversvømmelsesrisikoen.

Med baggrund i disse møder har de to kommuners udvalg for Teknik og Miljø i samråd med kommunernes teknikere besluttet at anvende den hydrauliske model for Ryå til at gennemregne og analysere 7 specifikke scenarier, udvalgt på grundlag af ønsker fra lodsejere og interessenter.

I alle scenarierne er der ved brug af modellen gennemført beregninger af effekten af de enkelte tiltag, dvs. den effekt der i det enkelte scenarie er på afvandingsstilstanden og oversvømmelsesrisikoen. Beregningerne er gennemført med afsæt i de nuværende forhold i og omkring åen, og de nuværende forhold udgør dermed sammenligningsgrundlaget for tiltagene i de enkelte scenarier.

Til illustration af effekten af tiltagene i de enkelte scenarier afbildes nuværende og beregnede værdier sammen på udvalgte lokaliteter, og i nogle scenarier er der udarbejdet afvandingskort til belysning af tiltagenes eller ændringernes effekter på afvandingsstilstanden og oversvømmelsesforholdene. En række af tiltagene indebærer en regulering af Ryå, og en gennemførelse heraf vil kunne have miljø- og naturmæssige konsekvenser for såvel Ryå som for arealerne langs med vandløbet. De miljømæssige konsekvenser er ikke vurderet i rapporten, der udelukkende omhandler de hydrauliske effekter i åen og de afvandingsmæssige konsekvenser omkring åen.

Til beskrivelse af Ryå-systemets nuværende hydrauliske og hydrologiske tilstand opsatte de to kommuner i 2015 en række vandstandsloggere, der sammen med eksisterende hydrometriske stationer skulle levere datagrundlaget for modellen og modelberegningerne.

Der er analyseret følgende 7 scenarier:

- Slutkalibrering:** Den opstillede hydrauliske model for Ryå kalibreres på baggrund af et helt års indsamlede data fra en række målestationer i såvel Ryå som i en række tilløb til Ryå. De gennemførte beregninger i alle scenarierne er således foretaget ved anvendelse af den kalibrerede model. Det gælder også beregningerne af de nuværende forhold.
- Klimaeffekter:** De forventede klimaforandringer vil resultere i stigende vandstand i Limfjorden samt større ekstremafstrømninger fra oplandsarealerne til Ryå. Klimaforandringerne er fremskrevet til år 2050, og til belysning af klimaforandringernes påvirkning af forholdene i og omkring Ryå er der gennemført modelberegninger af vandstanden i Ryå for afstrømning svarende til en observeret 20-års afstrømningshændelse i oktober 2014 samt en fremskrivning af denne tillige med en fremskrivning af vandstanden i Limfjorden til år 2050. Resultaterne illustreres med kurver over den ændrede vandstand i Ryå på udvalgte lokaliteter samt med afvandingskort.
- Byernes påvirkning:** I oplandet til Ryå er der en række større byer, der udleder såvel forsinket som uforsinket overfladevand fra befæstede arealer til Ryå-systemet. Udledningen af overfladevand fra de befæstede arealer er undersøgt ved at se på forskellene i vandføring/vandstand ned gennem Ryå-systemet, hvis udledningen fra byerne fortages uforsinket eller udledningen neddrøses til 1 l/s/ha.
- Grødeskæring:** Grødeskæringens påvirkning af vandstanden i Ryå er undersøgt og belyst dels på grundlag af oplysninger fra kommunernes medarbejdere, dels på grundlag af de hydrometriske data fra målestationerne og dels på grundlag af en besigtigelse af grøden ved gennemsejling af hele åen, og der er på det grundlag formuleret grødemodeller, der beskriver den nuværende grødeskæringspraksis. På grundlag heraf er der formuleret grødemodeller for forskellige alternative grødeskæringspraksisser, og disse modeller danner grundlaget for beregningerne af, hvordan forskellige alternative former for grødeskæring kan forventes at påvirke vandstanden i åen og afvandingstilstanden omkring denne. Effekten af disse ændringer er illustreret ved afbildning af de enkeltes scenariers vandspejlsvariation over året på udvalgte lokaliteter.
- Profilændringer:** Ved de afholdte møder har den generelle holdning været, at et af de mest virkningsfulde tiltag til forbedring af vandføringsvejen vil være en udvidelse af Ryås nuværende profil. Det er på den baggrund besluttet at undersøge effekten af to typer af profilændringer – dels en udvidelse af vandløbets nuværende bundbredde ved afgravning af de eksisterende banket-

	ter og dels en udgravning af det nuværende profil til et dobbeltprofil, begge dele med det formål at sænke vandstanden ved store afstrømninger.
Ekstensivering og forsinkelse:	Der er foretaget en screening af oplandet til Ryå med sigte på at få udpeget de mest vandlidende/oversvømmelsestruede arealer. Denne screening tjener til belysning af, hvilke arealer der med fordel kan ekstensiveres/tages ud af intensiv drift. Der er derudover foretaget en screening med sigte på at lokalisere områder, der er egnede til tilbageholdelse af åvand i forbindelse med store afstrømninger, og blandt de potentielt egnede er der udpeget 5 lokaliteter til nærmere analyse. Effekten af tilbageholdelsen af åvand i disse 5 områder er undersøgt ved beregninger af vandstanden ned gennem Ryå uden henholdsvis med vandtilbageholdelse.
Sandbanke i fjorden:	Ved munden af Ryå i Limfjorden er der aflejret en større sandbanke. Betydningen af denne sandbanke for vandets frie strømning ud af åen, og dermed for vandstanden i Ryå opstrøms munden, er undersøgt ved at udvide den hydrauliske model for åen til også at omfatte bassinprofilet i den del af Limfjorden (Nørredyb), hvor sandbanken er beliggende.

2. SCENARIE 1: SLUTKALIBRERING AF DEN HYDRAULISKE MODEL FOR RYÅ

Resumé

Den opstillede hydrauliske model for Ryå er værktøjet, hvormed effekterne af betydende faktorer for vandføringsevnen og vandstanden tillige med effekterne af mulige tiltag til forbedring af vandføringsevnen er kvantificeret.

Forud for anvendelsen af modellen til at kvantificere effekterne af betydende faktorer og mulige tiltag er modellen kalibreret op mod måledata fra de i alt 10 målestationer, der gennem de seneste 2 år har målt vandstande og dannet grundlag for beregning af vandføring i Ryå og nogle af dennes tilløb.

Den gennemførte kalibrering viser, at den opstillede model generelt er i stand til at gengive de målte værdier med en nøjagtighed, som ligger inden for rammerne af, hvad der kan forventes, og som derfor vurderes at gøre modellen egnet til at beregne effekterne af forskellige tiltag til forbedring af vandføringsevnen.

Forklaringen på, at der på nogle stationer er en vis afvigelse mellem de målte værdier og de modelberegnete værdier er bl.a., at der antages at være ensartede forhold over lange strækninger, hvilket ikke er tilfældet i virkeligheden, samt at modelgrundlaget for en dels vedkommende er gennemsnit af flere års data.

De konstaterede afvigelser mellem de målte og modelberegnete værdier vurderes at være så små, at modellen konkluderes at være i stand til at give retvisende billeder af, hvordan forskellige faktorer og tiltag vil kunne påvirke vandføringsevnen og vandstanden i Ryå-systemet og afvandingstilstanden omkring vandløbene.

Som led i udviklingen af den model, der anvendes til at analysere de besluttede scenarier, er der foretaget en kalibrering af modellen. Afsættet for modellen er de grødemodeller, der er formuleret på baggrund af undersøgelser og eksisterende viden om grøden og grødeskæringen i Ryå, se kapitel 5. De formulerede grødemodellers evne til at beskrive de faktiske forhold er kalibreret op mod målte værdier ved Jerslev Bro og Manna Bro.

2.1. Kalibrering

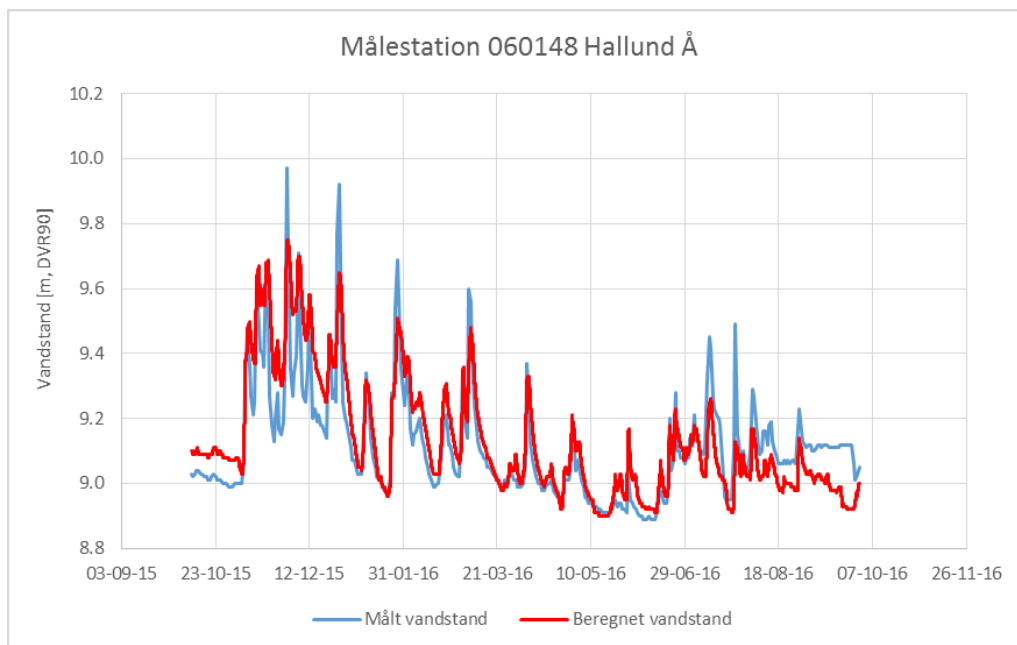
I dette kapitel er modellens evne til at beskrive de faktiske forhold kalibreret op mod tidsserier af målte og beregnede vandstande og vandføringer på 10 målestationer ned gennem Ryå. For hver station er der foretaget en statistisk analyse af, hvor god modellen er til at gengive de faktiske målte eller beregnede værdier, og resultatet af denne analyse er udtrykt ved hjælp af korrelationskoefficienten. Denne beskriver med værdier i intervallet 0-1 modellens evne til at gengive de faktiske forhold, og jo højere korrelationskoefficient, desto bedre er overensstemmelsen mellem de modelberegnete værdier og de målte værdier.

Kalibreringerne er på stationer kun med vandstandsdata foretaget op mod vandstandsdata, mens de på stationer med både vandstandsdata og vandføringsdata er foretaget op mod begge datasæt.

På de nedre stationer i åen er der ikke foretaget beregninger af korrelationskoefficienten, idet vandstanden på disse stationer ikke blot er bestemt af vandløbets vandføringsevne, men også af tidevandspåvirkningen fra Limfjorden.

2.1.1 Målestation 060148 – Hallund Å

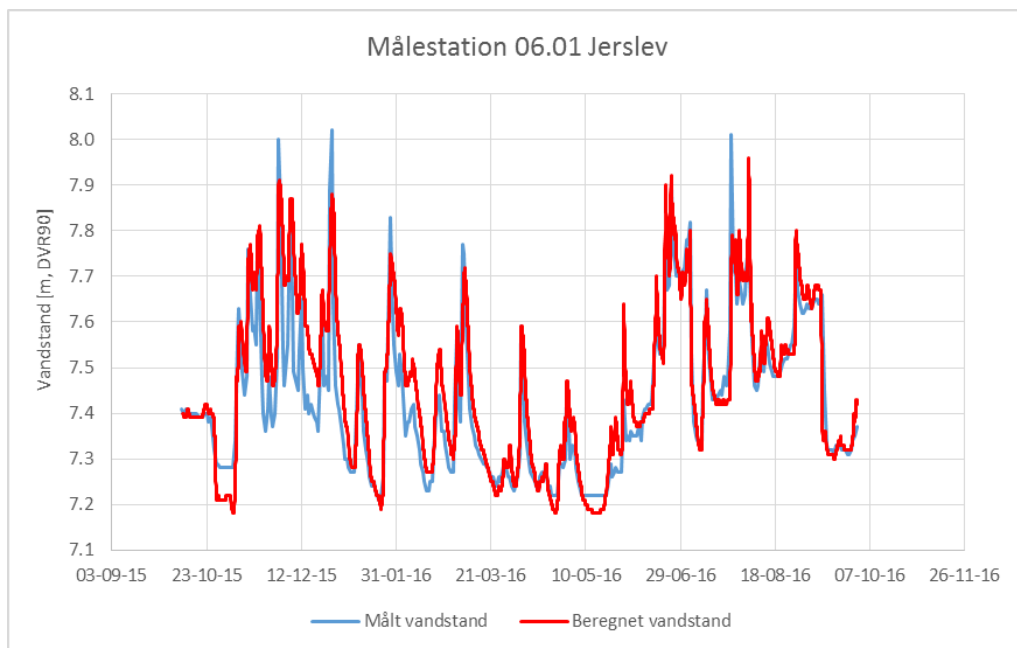
Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.1.



Figur 2.2.1. Målestation 060148 – Hallund Å. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,865$.

2.1.2 Målestation 06.01 – Jerslev Bro

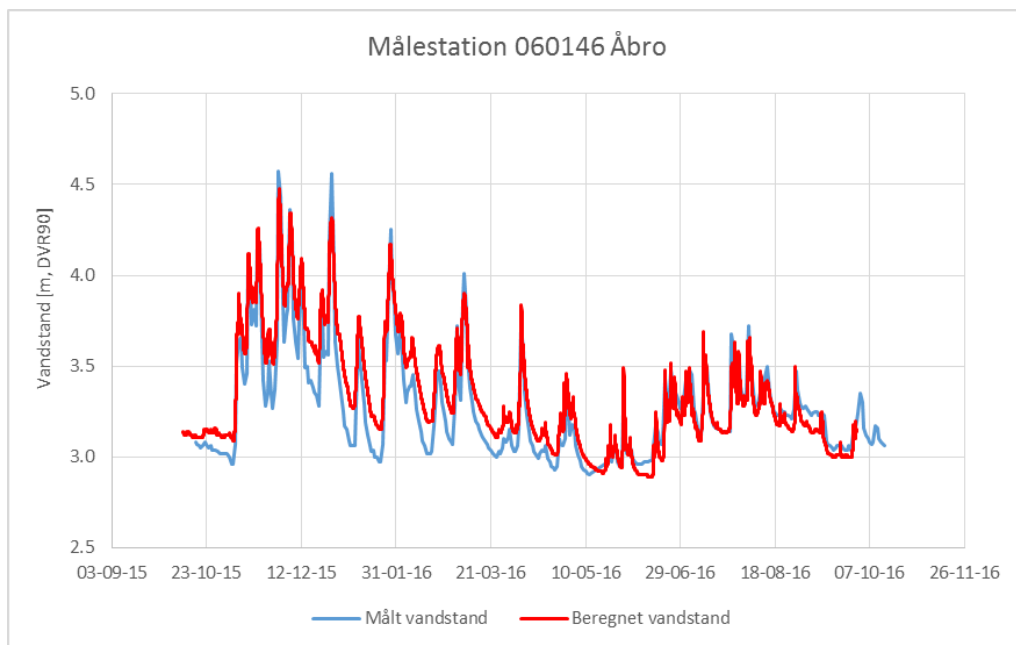
Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.2.



Figur 2.2. Målestation 06.01 – Jerslev Bro. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,921$.

2.1.3 Målestation 060146 - Åbro

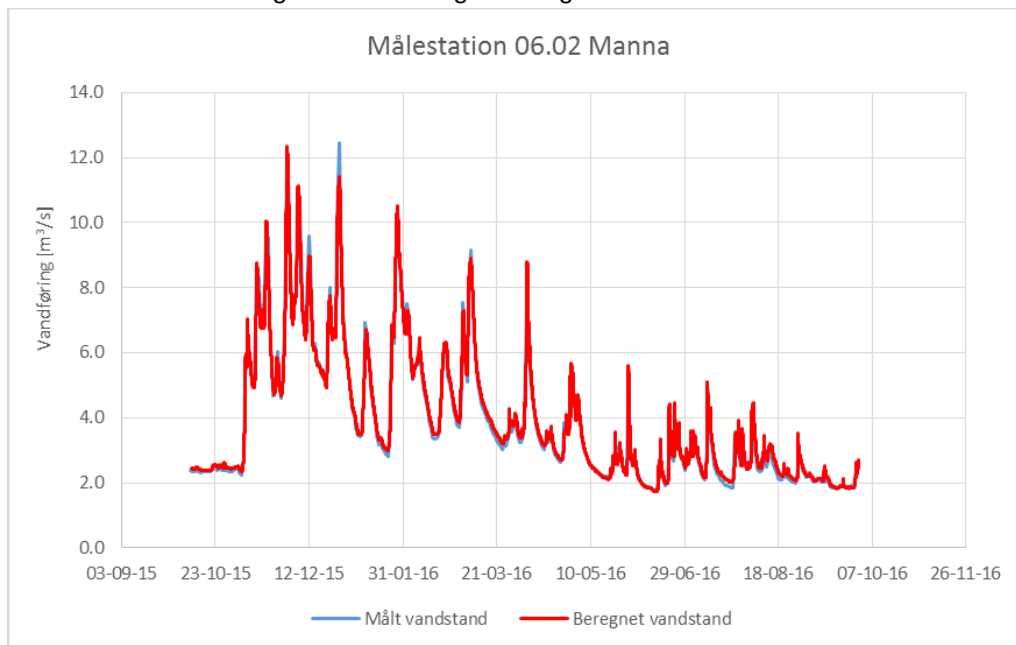
Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.3.



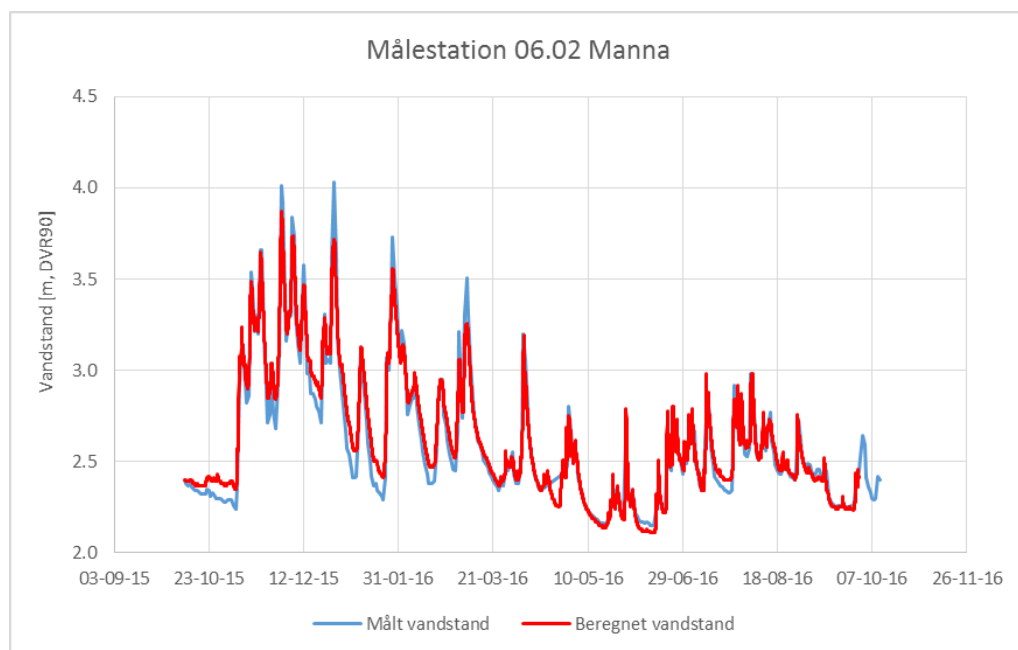
Figur 2.3. Målestation 060146 - Åbro. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,938$.

2.1.4 Målestation 06.02 – Manna Bro

Resultatet af kalibreringerne er vist i figur 2.4 og 2.5.



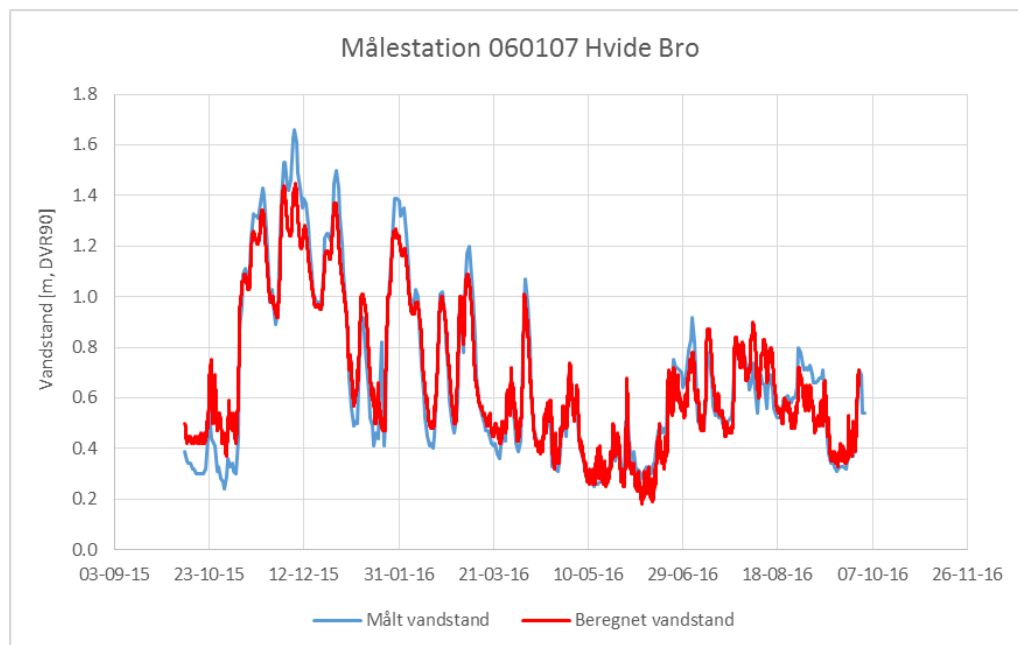
Figur 2.4. Målestation 06.02 – Manna Bro. Blå kurve angiver målte vandføringer og rød kurve angiver beregnede vandføringer i m³/s. Korrelationskoefficient: $R = 0,995$.



Figur 2.5. Målestation 06.02 – Manna Bro. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,981$.

2.1.5 Målestation 060107 – Hvide Bro

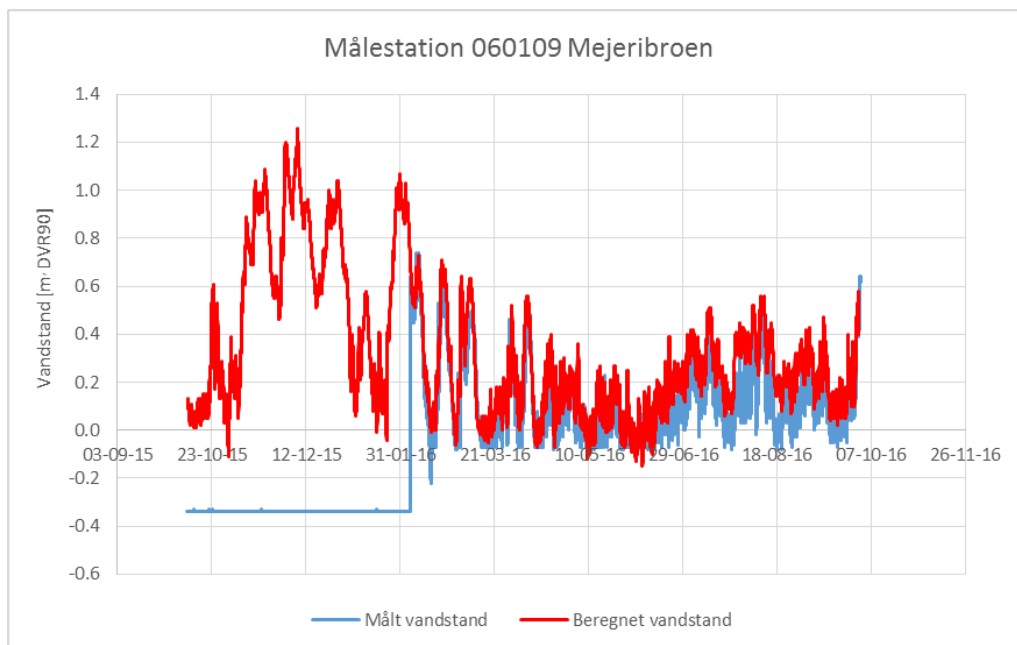
Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.6.



Figur 2.6. Målestation 060107 – Hvide Bro. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,966$.

2.1.6 Målestation 060109 - Mejeribroen

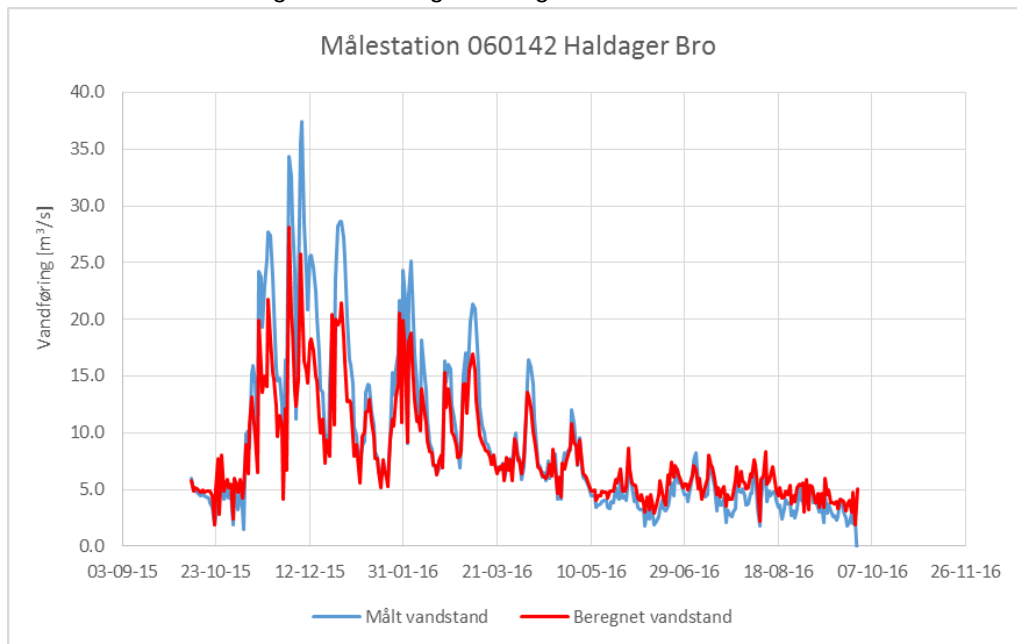
Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.7.



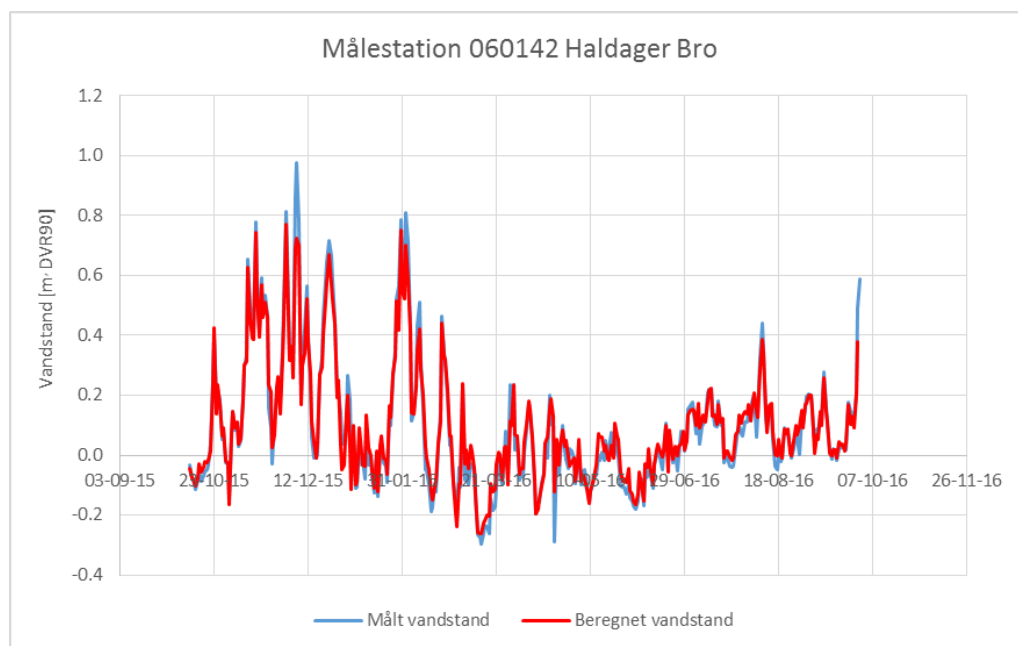
Figur 2.7. Målestation 060109 - Mejeribroen. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,842$

2.1.7 Målestation 060142 – Haldager Bro

Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.8 og 2.9.



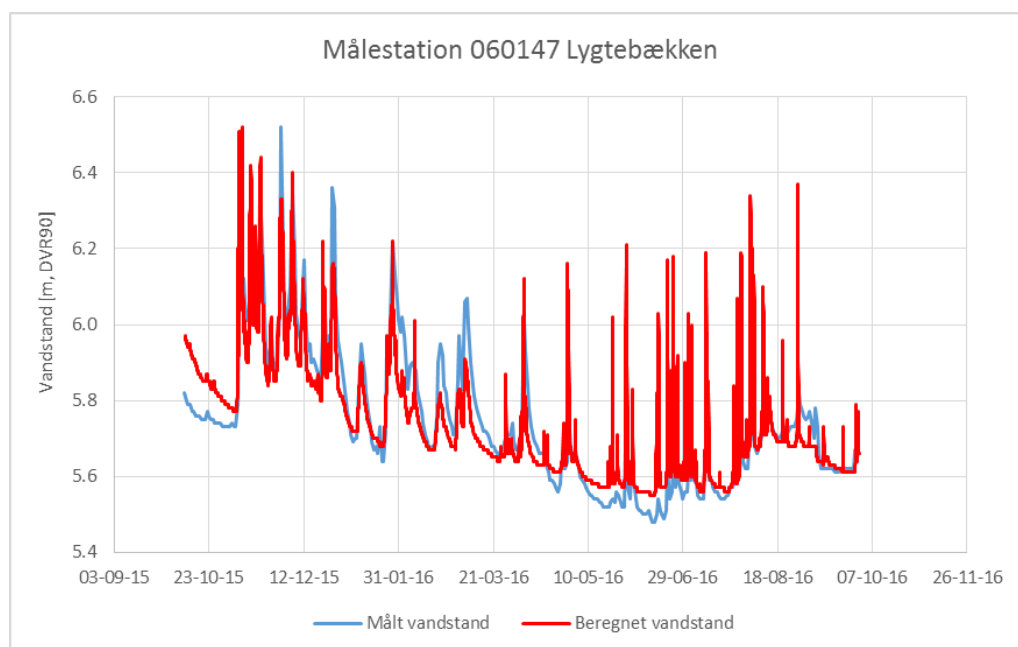
Figur 2.8. Målestation 060142 – Haldager Bro. Blå kurve angiver målte vandføringer og rød kurve angiver beregnet vandføring i m^3/s . Korrelationskoefficient: $R = 0,966$



Figur 2.9. Målestation 060142 – Haldager Bro. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient: $R = 0,975$

2.1.8 Målestation 060147 - Lygtebækken

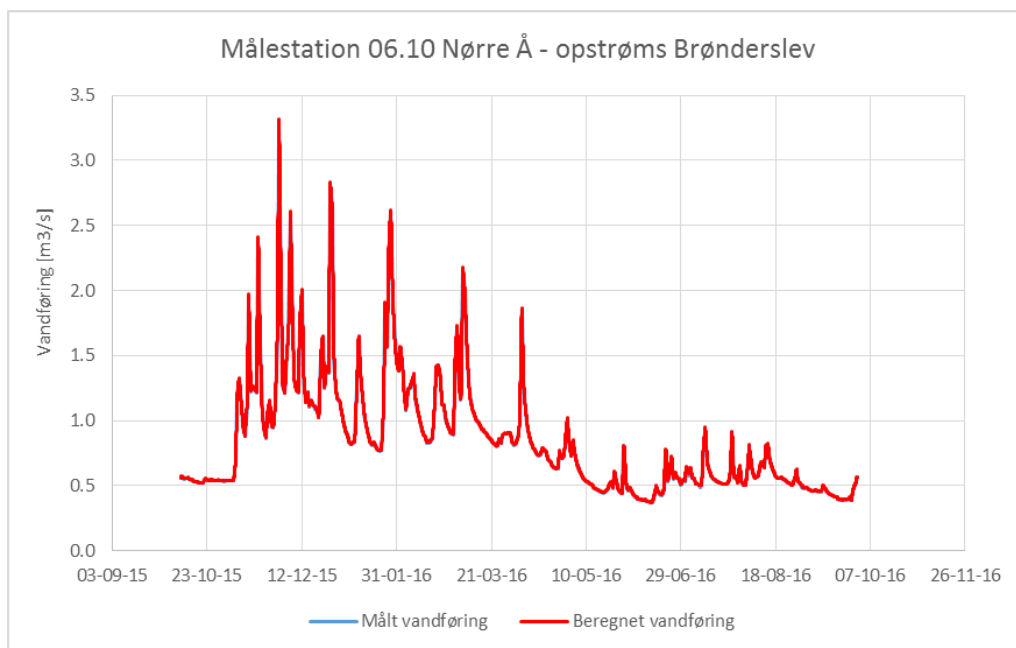
Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.10.



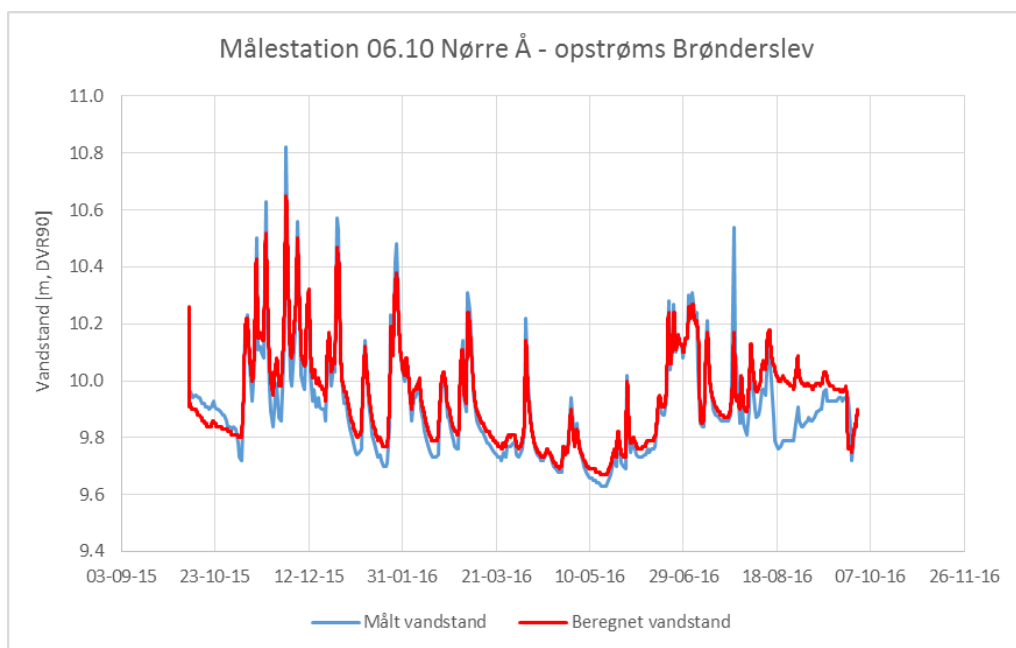
Figur 2.10. Målestation 060147 - Lygtebækken. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient $R = 0,884$.

2.1.9 Målestation 06.10 –Nørre Å opstrøms Brønderslev

Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.11 og 2.12.



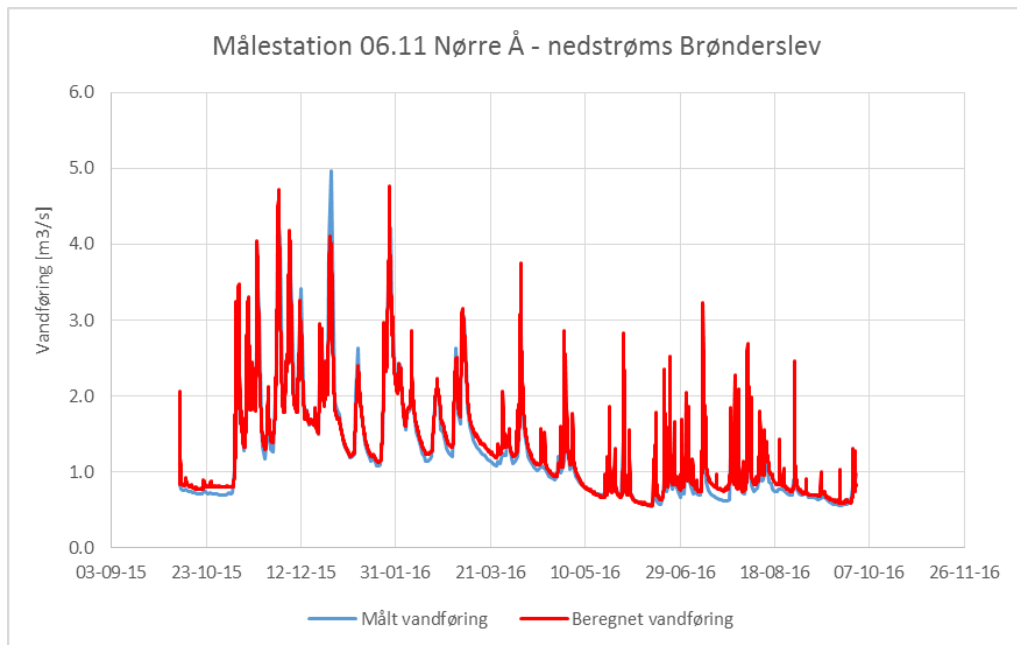
Figur 2.11. Målestation 06.10 –Nørre Å opstrøms Brønderslev. Blå kurve angiver målte vandføringer og rød kurve angiver beregnet vandføring i m³/s. Korrelationskoefficient R = 0,999.



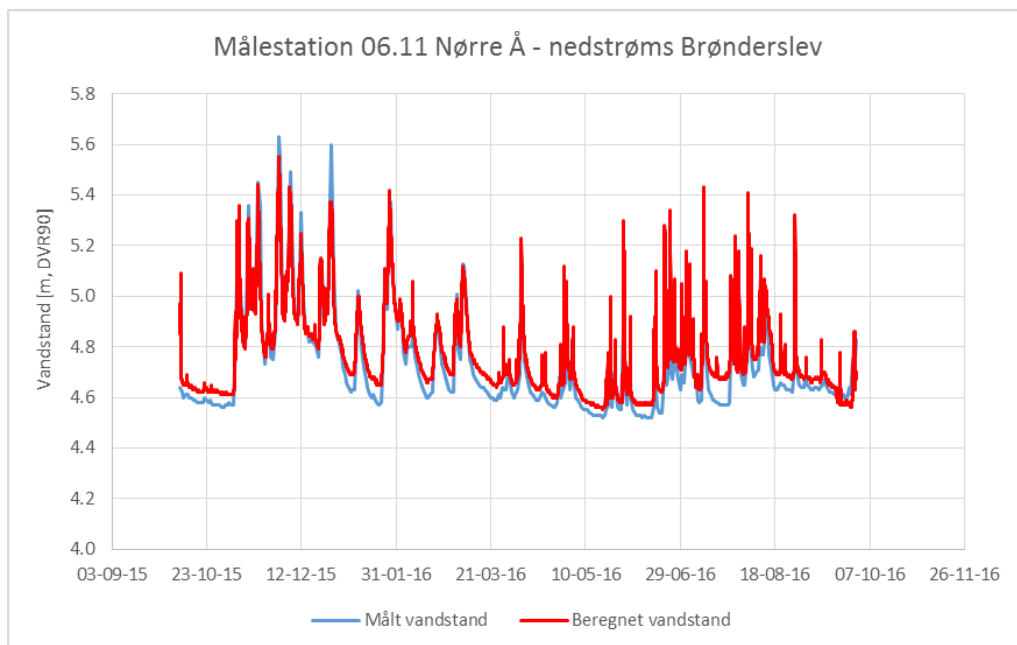
Figur 2.12. Målestation 06.10 - Nørre Å opstrøms Brønderslev. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient R = 0,935.

2.1.10 Målestation 06.11 –Nørre Å nedstrøms Brønderslev

Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.13 og 2.14.



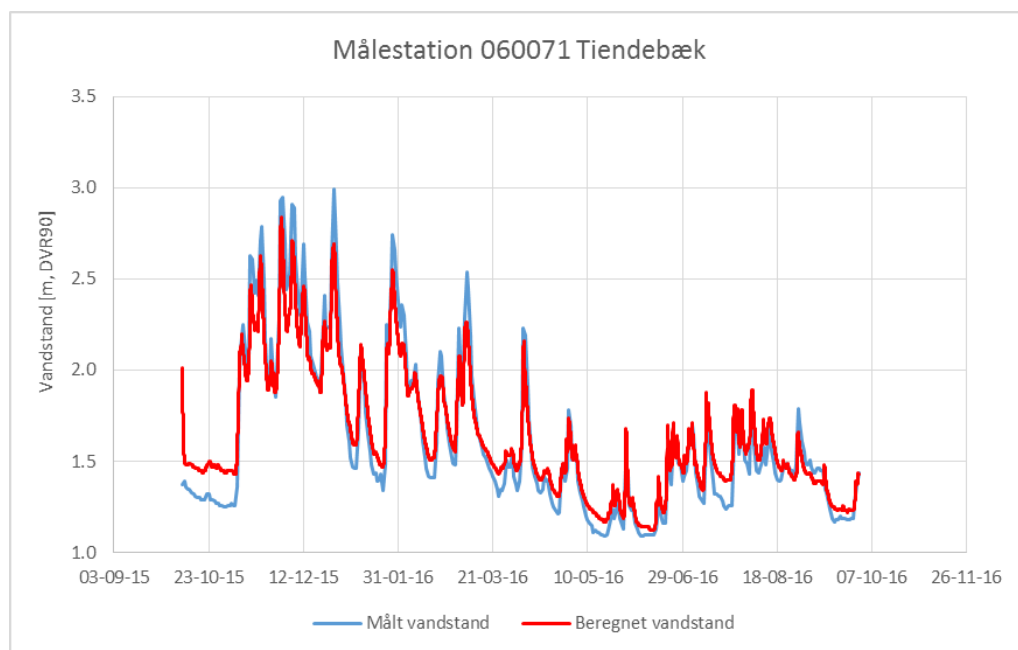
Figur 2.13. Målestation 06.11 –Nørre Å nedstrøms Brønderslev. Blå kurve angiver målte vandføringer og rød kurve angiver beregnet vandføring i m³/s. Korrelationskoefficient R = 0,975



Figur 2.14. Målestation 06.11 –Nørre Å nedstrøms Brønderslev. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient R = 0,946.

2.1.11 Målestation 060071 - Tiendebæk

Resultatet af kalibreringen er vist i figur 2.15.



Figur 2.15. Målestation 060071 - Tiendebæk. Blå kurve angiver målte vandstande og rød kurve angiver beregnede vandstande i m DVR90. Korrelationskoefficient $R = 0,980$.

2.2. Vurdering af de gennemførte kalibreringer

De gennemførte kalibreringer viser, at den opstillede model generelt er i stand til at gengive de målte værdier med en høj grad af statistisk sikkerhed på alle de ikke tidevandspåvirkede stationer i Ryå.

Ser man nøjere på de modelberegnete værdier i forhold til de målte værdier kan der til trods for de høje korrelationskoefficienter konstateres mindre afvigelser. Disse afvigelser kan forklares af flere forhold.

De grødemodeller (Manningtalsmodeller), der anvendes i modelberegningerne, er formuleret på grundlag af data fra to stationer - Jerslev Bro og Manna Bro – og selvom grøden og åen ser ud på samme måde på lange strækninger, skal der kun små afvigelser til for, at grødemodellerne ikke beskriver forholdene helt nøjagtigt.

Et andet forhold af betydning er Manningtallets tidslige variation. Data fra andre vandløb med lange tidsserier af vandføring og vandstand har vist, at Manningtallet udviser stor tidslig variation, både i de enkelte år og mellem årene. Det betyder, at en grødemodel,

der er formuleret på grundlag af ét års data ikke kan forventes at give nøjagtige gengivelser af målte værdier i andre år. Og på tilsvarende vis kan en grødemodel, der er formuleret på grundlag af gennemsnittet af data fra flere år heller ikke forventes at give nøjagtige gengivelser af målte værdier.

Når der tages højde for, at det af ovennævnte grunde ikke er muligt at formulere grødemodeller, der tager højde for alle stedlige og tidslige variationer, er det på baggrund af kalibreringerne vurderingen, at den opstillede model for Ryå er i stand til at beregne både vandstande og vandføringer med en så stor nøjagtighed (overensstemmelse med faktiske forhold). Scenarieanalyserne med baggrund i modellen vurderes derfor at give retvisende billeder af de vandstandsmæssige og afvandingsmæssige forhold i de enkelte scenarier.

3. SCENARIE 2: KLIMAEFFEKTER

Resumé

Målinger af nedbør og vandføring viser, at vi allerede befinder os i et klima under forandring. Disse forandringer forventes at fortsætte i fremtiden, og såvel de nationale som de internationale klimamodeller forudsiger stigende havvandstand og mere nedbør samt ændret nedbørsmønstre i de kommende år.

Det er velkendt, at vandstanden i Limfjorden allerede i dag har stor indflydelse på vandstanden i den nedre del af Ryå og på afvandingstilstanden omkring denne del af åen. Det er også velkendt, at vandføringen størrelse og åens vandføringsevne har stor indflydelse på vandstanden i den mellemste og øvre del af åen og afvandingstilstanden på de omgivende arealer.

I dette scenarie er der til belysning af effekterne af fremtidens ændrede nedbørsforhold foretaget beregninger af, hvordan en klimafremskrivning af en målt stor afstrømningshændelse i oktober 2014 kan forventes at ville påvirke vandstanden i åen og afvandingstilstanden omkring denne. Til belysning af effekterne af fremtidens forhøjede havvandstand er der foretaget beregninger af, hvordan vandstanden i Limfjorden isoleret set kan forventes at ville påvirke vandstanden i den nedre del af Ryå og afvandingstilstanden på de omgivende arealer.

Afstrømningshændelsen i oktober 2014 var en relativt sjældent forekommende hændelse, der kunne karakteriseres som en 20-årshændelse. Beregningerne af, hvordan en 20-årshændelse af samme størrelse vil påvirke vandstanden i åen og afvandingstilstanden omkring denne er foretaget ved at gange klimamodellernes klimafaktor på de målte vandføringsdata fra oktober 2014 og på det grundlag beregne vandstanden i åen. Denne analyse viser, at en klimafremskrivning af hændelsen i oktober 2014 til år 2050 kan forventes at give vandstande i åen, der i den øvre og mellemste del ligger ca. 20 cm højere end de målte/beregnete vandstande i 2014. I den nedre del af åen kan der forventes ca. 40 cm højere vandstande, fordi vandstanden her primært er styret af vandstanden i Limfjorden.

Til belysning af den forventelige effekt alene af den stigende vandstand i Limfjorden er der foretaget en klimafremskrivning af havvandstanden og på baggrund heraf foretaget vandspejlsberegninger med samme afstrømning som i dag. Denne analyse viser, at selvom der ikke sker ændringer af afstrømningen i fremtiden, så vil den stigende havvandstand frem mod år 2050 isoleret betragtet føre til en meget kraftig forringelse af afvandingstilstanden på de mest oversvømmelsesfølsomme arealer omkring den nedre del af Ryå. Denne forringelse af afvandingstilstanden kan ikke imødegås gennem øgning af åens vandføringsevne.

Samlet set viser analyserne af klimaforandringerne effekter på vandstanden i åen og afvandingstilstanden omkring denne, at der kan forventes betydelige ændringer i de kommende år, både i og omkring den øvre og mellemste del af åen, hvor det især vil være nedbøren, der påvirker tilstanden, samt i og omkring den nedre del af åen, hvor det især vil være vandstanden i Limfjorden, der påvirker tilstanden.

Klimaforandringerne med ændrede nedbørsmønstre, temperaturer og fordampning er beskrevet i de nationalt og internationalt formulerede klimamodeller. Klimamodellerne tager udgangspunkt i bl.a. det forventede fremtidige udledningsniveau af CO₂. Det fremtidige udledningsniveau er styret af mange faktorer og derfor meget usikkert. For at håndtere denne usikkerhed er der gennemført beregninger med klimamodellerne, hvor der er forudsat følgende:

1. Et lavt fremtidigt CO₂ udledningsniveau
2. Et middelhøjt fremtidigt CO₂ udledningsniveau
3. Et højt fremtidigt CO₂ udledningsniveau

GEUS har med udgangspunkt i klimamodellerne estimeret udviklingen i ekstremvandføringer i udvalgte danske vandløb som følge af klimaforandringerne. Et af disse vandløb er Ryå, hvor der er beregnet klimafaktorer i målestation 06.02 Manna. Klimafaktorerne anvendes ved at målte (historiske) vandføringer klimafremskrives ved multiplikation af de målte vandføringer med klimafaktorerne. Klimafaktorerne afhænger dels af tidshorisonten for klimafremskrivningen og dels af gentagelsesperioden for ekstremvandføringerne. I nedenstående tabel er klimafaktorerne for målestation 06.02 Manna i år 2050 angivet. Klimafaktorerne er i tabel 3.1 angivet i forhold til ekstremvandføringeres gentagelsesperiode og det fremtidige CO₂-udledningsniveau.

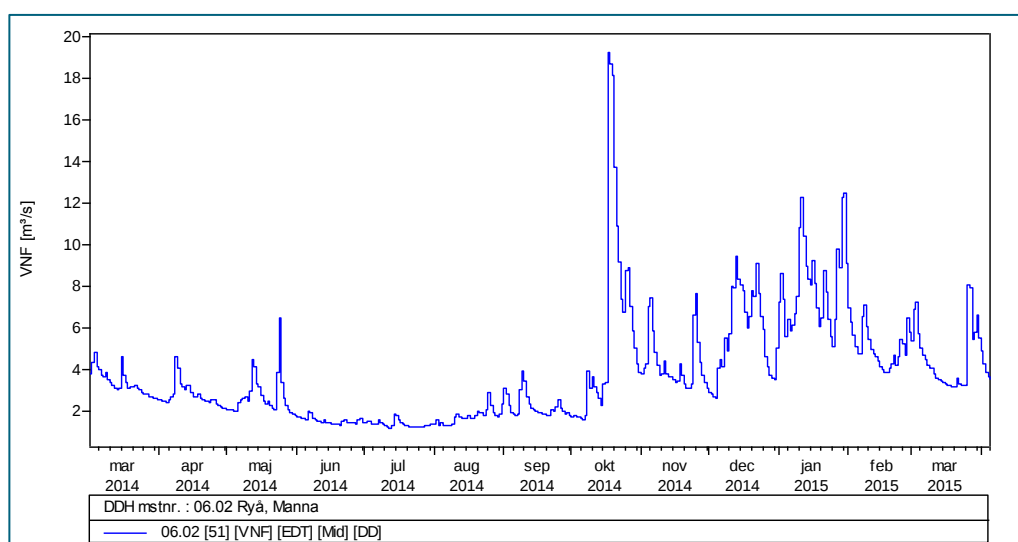
Tabel 3.1: Klimafaktorer for ekstremvandføringen i Ryå ved målestation 06.02 Manna Kilde: GEUS

Gentagelsesperiode [år]	CO ₂ -udledningsniveau		
	Lavt	Middel	Højt
5	0,90	1,15	1,15
10	0,87	1,14	1,17
20	0,85	1,13	1,18
50	0,83	1,13	1,19
100	0,81	1,12	1,20

Foruden vandføringerne i vandløbene vil klimaforandringerne også påvirke havvandstanden. DMI har på den baggrund anbefalet, at der i Danmark regnes med en stigning af middelhavvandstanden til kote 0,8 m DVR90 i år 2100.

Både forandringerne af ekstremvandføringerne og havvandstanden vil påvirke vandstanden i Ryå, sidstnævnte fordi Limfjorden påvirker vandstanden langt op i åen.

I oktober 2014 blev der målt en vandføring på målestation 06.02 Manna svarende til en gentagelsesperiode på ca. 20 år (= en 20-årshændelse), se Figur 3.2.



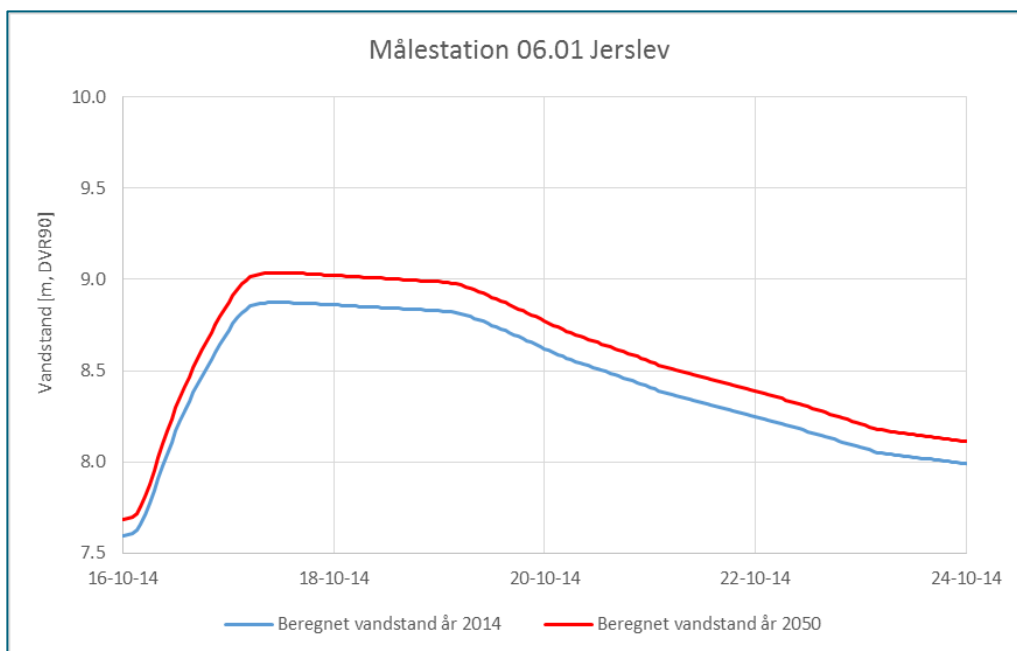
Figur 3.2: Vandføringen i Ryå på målestation 06.02 Manna Bro i 2014-2015. Den store vandføring i oktober svarer til en 20-årshændelse, det vil sige en vandføring med en gentagelsesperiode på ca. 20 år.

Til belysning af konsekvenserne af klimaforandringerne påvirkning af en vandføringshændelse svarende til den observerede 20-årshændelse i oktober 2014 er der gennemført modelberegninger af vandstanden i Ryå.

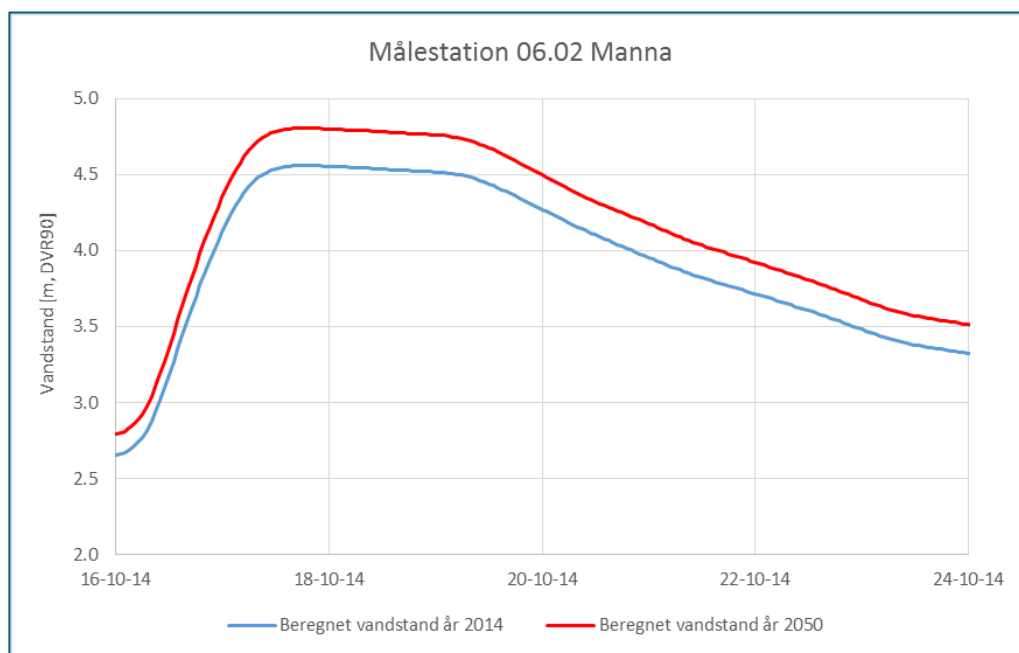
I modelberegningerne er den målte vandstand i oktober 2014 gengivet sammen med en klimafremskrivning af hændelsen til år 2050.

Der er i modelberegningen med klimafremskrivningen antaget et højt fremtidigt CO₂-udledningsniveau frem til år 2050, hvorfor der jf. Tabel 3 er anvendt en klimafaktor på 1,18. I klimafremskrivningsberegningen er der ligeledes regnet med en middelhavvandstand i 2050 på 0,4 m DVR90.

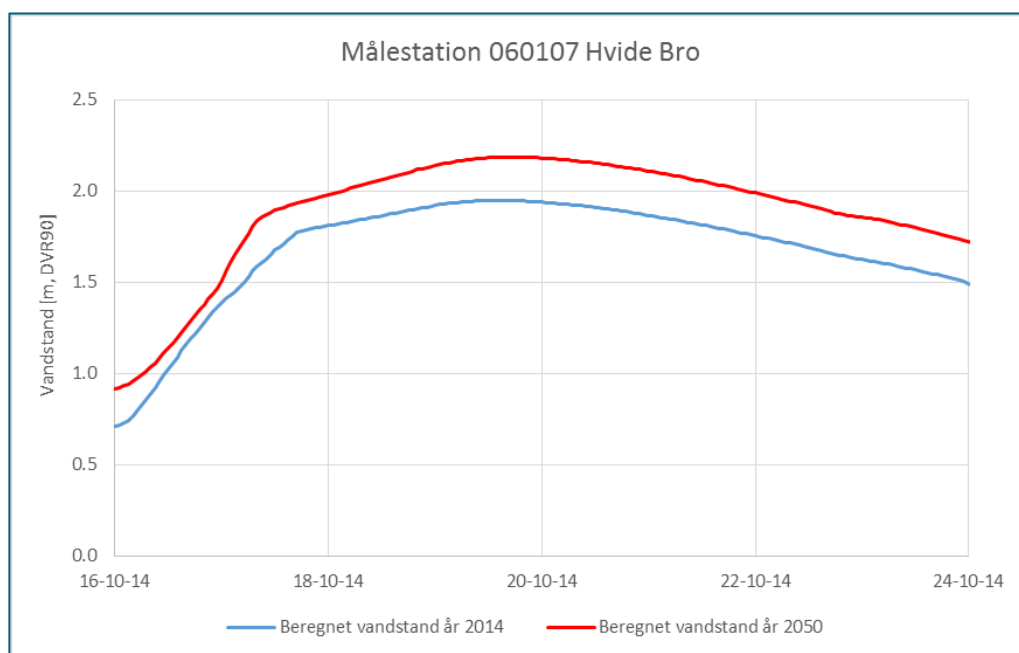
Resultaterne af modelberegningerne er i figur 3.3 - figur 3.7.



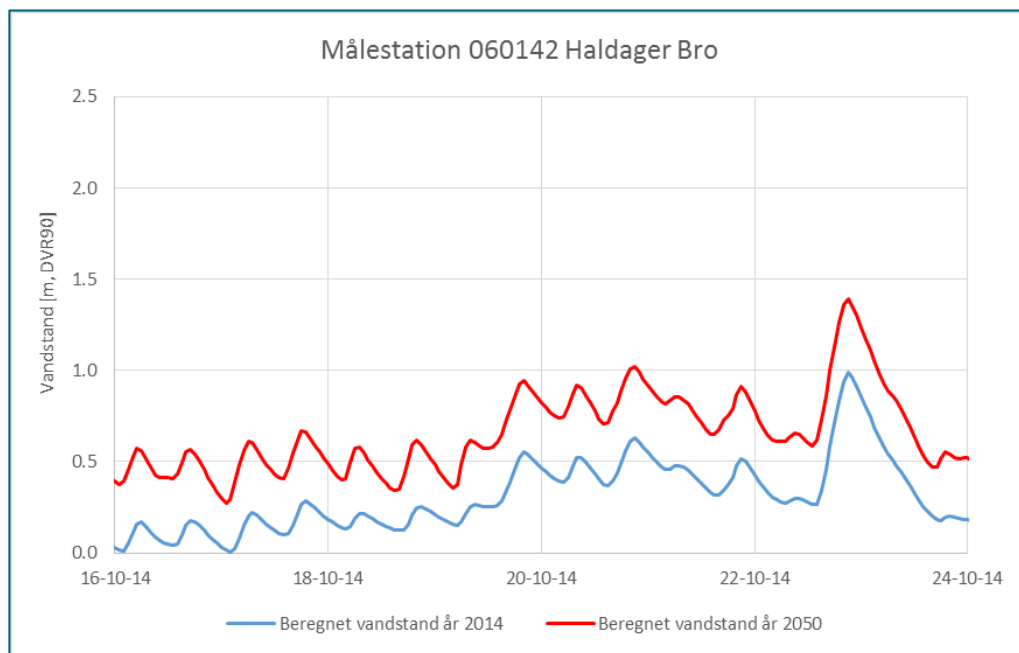
Figur 3.3: Beregnet vandstand ved Jerslev Bro ved 20-årshændelsen i 2014 (blå kurve) og beregnet vandstand ved klimafremskrivning af samme hændelse til år 2050 (rød kurve).



Figur 3.4: Beregnet vandstand ved Manna Bro ved 20-årshændelsen i 2014 (blå kurve) og beregnet vandstand ved klimafremskrivning af samme hændelse til år 2050 (rød kurve).



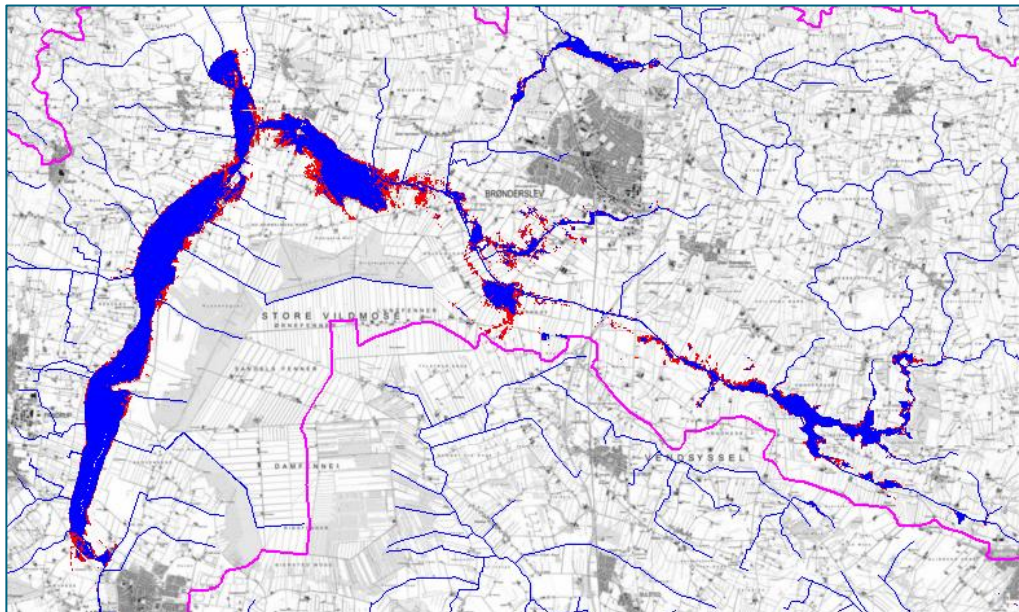
Figur 3.5: Beregnet vandstand ved Hvide Bro ved 20-årshændelsen i 2014 (blå kurve) og beregnet vandstand ved klimafremskrivning af samme hændelse til år 2050 (rød kurve).



Figur 3.6: Beregnet vandstand ved Haldager Bro ved 20-årshændelsen i 2014 (blå kurve) og beregnet vandstand ved klimafremskrivning af samme hændelse til år 2050 (rød kurve).

Beregningerne viser, at vandstanden ved en vandføring i Ryå svarende til 20-årshændelsen i 2014 i den øvre og mellemste del af åen vil blive øget med ca. 20 cm i 2050 som følge af klimaforandringerne. Beregningerne viser endvidere, at vandstanden i den nederste del af åen vil blive øget med omkring 40 cm som følge af klimaforandringerne, idet vandstanden her primært er styret af vandstanden i Limfjorden. I den øvre og mellemste del af Ryå er vandstanden til sammenligning styret af mængden af vand (vandføringens størrelse) og åens vandføringsevne.

Områderne med oversvømmelsesrisiko ved en afstrømning svarende til 20-årshændelsen i 2014 og en klimafremskrivning af samme hændelse til år 2050 er estimeret ud fra de beregnede vandstande i åen og terrænforholdene omkring denne. Figur 3.7 viser beliggenhed og udstrækning af områderne med oversvømmelsesrisiko, hvor den blå farve angiver områderne med oversvømmelsesrisiko ved afstrømningshændelsen i år 2014, mens den røde farve angiver beliggenhed og udstrækning af områderne med oversvømmelsesrisiko i år 2050.

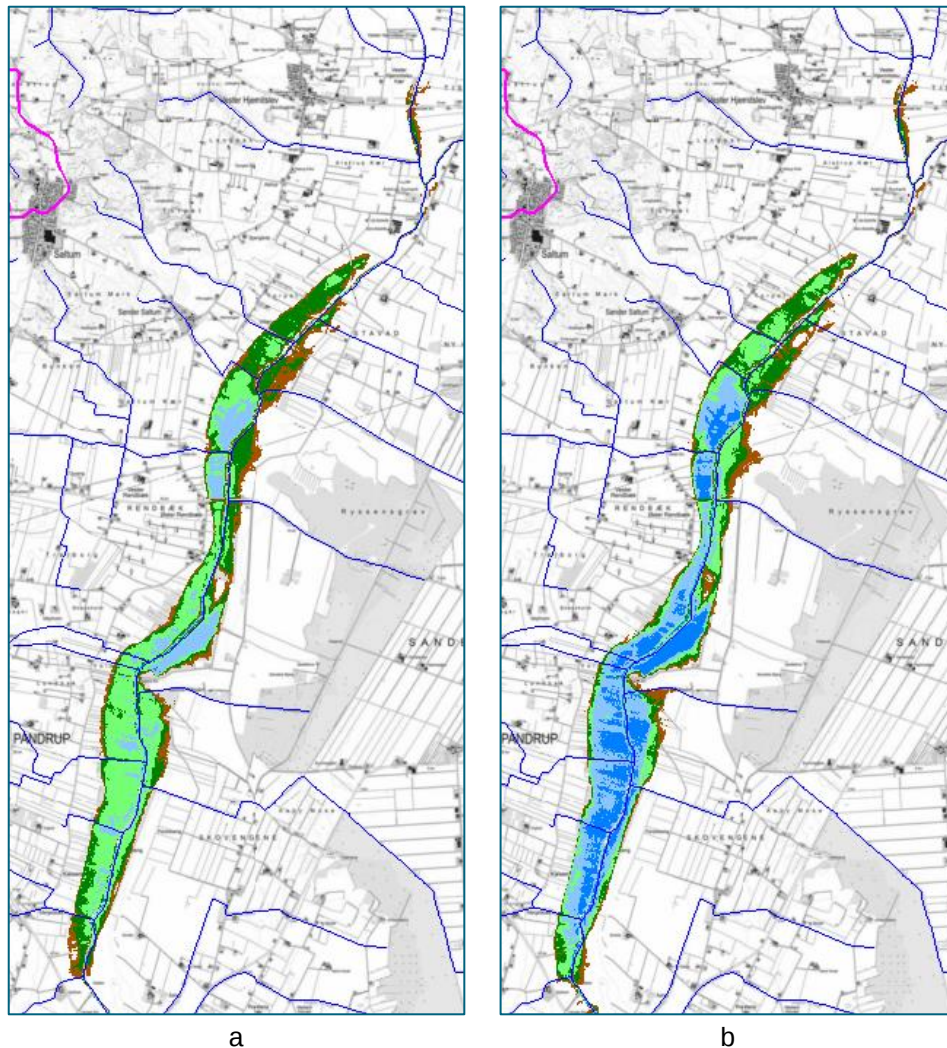


Figur 3.7. Områder omkring Ryå med oversvømmelsesrisiko. Den blå farve viser arealer med risiko for oversvømmelse ved en afstrømningshændelse (20-årshændelse) som i oktober 2014. Den røde farve viser de arealer, der ud over arealerne vist med blå farve, vil være i risiko for oversvømmelse ved klimafremskrivning af hændelsen i oktober 2014 til år 2050.

Klimamodellerne forudsiger i øvrigt, at somrene i fremtiden vil blive mere tørre (mindre nedbør), men til trods herfor med flere kraftige nedbørshændelser end i dag. Det betyder, at ekstremvandføringerne vil blive flere og større, mens ændringen af sommermid-lafstrømningen vil blive mere begrænset.

Det vurderes på baggrund af de forventede klimaforandringer, at den største trussel mod afvandingsinteresserne omkring den nederste del af Ryå vil komme fra den stigende havvandstand. Til belysning af betydningen af den stigende havvandstand er der lavet en analyse af de fremtidige afvandingsforhold langs Ryå, hvor havvandstanden er klimafremskrevet til år 2050, mens afstrømningen er holdt uændret i forhold til i dag.

Fremskrivningen er foretaget på middelvandstanden i åen i sommermånederne i perioden oktober 2015 - september 2016 uden henholdsvis med klimafremskrivning af havvandstanden. Resultatet fremgår af figur 3.8 som viser afvandingstilstanden omkring Ryå på strækningen fra opstrøms Hvide Bro til Mejeribroen.



Figur 3.8 Afvandingsdybder omkring Ryå (mellem Hvide Bro og Mejeribroen) ved middelvandstanden i sommermånedene i perioden oktober 2015 – september 2016 med nuværende afstrømning ved a) eksisterende vandstand i Limfjorden og b) ved klimafremskrivning af vandstanden i Limfjorden til år 2050. Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 -0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.

Denne analyse viser, at de i dag mest oversvømmelsesfølsomme arealer omkring Ryå i sommerperioden vil blive markant vådere frem mod år 2050 alene som følge af øgningen af vandstanden i Limfjorden, som allerede i dag påvirker vandstanden i åen til opstrøms den Hvide Bro. Det betyder, at selvom åens sommermiddelvandføring forventes at blive mindre, om end med tidvis store afstrømningshændelser, så vil afvandingsstanden på de mest oversvømmelsesfølsomme arealer under alle omstændigheder blive forringet som følge af den forhøjede vandstand i Limfjorden.

Effekterne af sidstnævnte kan ikke imødegås ved at forbedre åens vandføringsevne.

3.1. Økonomiske konsekvenser af klimabetingede forringelser af afvandingstilstanden

De beregnede ændringer (forringelser) af afvandingstilstanden om sommeren i det store lavtliggende område syd for Hvide Bro, som følge af klimaforandringerne, er markante, primært på grund af vandstandsstigningen i Limfjorden. Ændringerne skyldes således en faktor, der ikke kan kontrolleres eller imødegås gennem tilpasninger af åens vandføringsevne, og de vil derfor, alt andet lige, betyde en gradvis forringelse af den landbrugsmæssige anvendelighed af arealerne frem mod år 2050, sammenlignet med situationen i dag.

Den økonomiske værdi af denne forringelse af afvandingstilstanden og den landbrugsmæssige anvendelighed i år 2050 er skønsmæssigt opgjort til i alt 20 mio. kr. (nutidsværdi) på baggrund af erfaringstal.

4. SCENARIE 3: BYERNES PÅVIRKNING AF VANDFØRING OG VANDSTAND I RYÅ

Resumé

Der findes i oplandet til Ryå 3 store byer – Hjallerup, Brønderslev og Aabybro – samt et antal mindre byer og bysamfund, der alle udleder regnvand fra befæstede arealer og overløbsvand fra kloaknettet til vandløbssystemet. Hovedparten af udledningerne sker uforsinkede.

Effekten af disse udledninger på vandføringen og ikke mindst vandstanden i Ryå og dens tilløb er kvantificeret ved kombineret brug af afstrømningsmodellerne for byernes vand og den hydrauliske model for Ryå-systemet. På tilsvarende vis er effekten af at neddrogse udledningerne til 1 l/s/ha kvantificeret.

Beregningerne af de resulterende vandføringer og vandstande i vandløbssystemet er bl.a. foretaget på grundlag af en meget stor regnhændelse i juli 2016, og beregningerne illustrerer derfor vandstandsforholdene i åsystemet i forbindelse med kraftig nedbør ved uforsinket henholdsvis neddrogset udledning af regnvand.

Beregningerne viser, at uforsinket udledning resulterer i store, men kortvarige vandstandsstigninger tæt på udledningspunkterne, især hvis disse er beliggende i tilløbene til Ryå. Vandstandsstigningerne bliver mindre, jo længere ned i åsystemet, man kommer, og i den nedre del af åen kan effekten af de uforsinkede regnvandsudledninger næsten ikke erkendes.

Ved neddrogning af afstrømningen af regnvand fra byerne i regnvandsbassiner til 1 l/s/ha kan effekten af udledningerne på vandstanden reduceres betragteligt, hvilket primært sker ved at regnvandet udledes over længere tid. I lighed med de uforsinkede udledninger bevirker også de neddrogse udledninger de største påvirkninger af vandstanden i de mindre vandløb. Det hænger sammen med, at mængden af regnvand her udgør en relativt stor andel af den samlede vandføring i vandløbene, mens det omvendte gør sig gældende i hovedløbet og længere nede ad dette. Betydningen af den relative størrelse af regnvandsudledningen i forhold til vandløbenes vandføring knytter sig bl.a. til det faktum, at vandstanden i vandløb er proportional med vandføringens størrelse. En stor mængde regnvand udledt til et vandløb med en relativt lille vandføring afføder derfor en stor ændring af vandstanden, mens den samme mængde regnvand udledt til et vandløb med en relativt stor vandføring afføder en lille ændring af vandstanden. Desuden har den aktuelle afstrømning i oplandet også betydning for effekten af regnvandsudledninger på vandstanden.

De gennemførte modelberegninger viser, at uforsinket eller utilstrækkeligt forsinket udledning af regnvand fra byerne kan afføde kritiske vandstande tæt på udledningspunkterne i tilløbene til Ryå og i den mellemste del af denne, hvorimod selv uforsinkede udledninger af store mængder regnvand ikke skaber kritisk høje vandstande i den nedre del af Ryå.

Det betyder, at neddrogning af regnvandsafstrømningen fra byerne primært vil kunne have betydning for oversvømmelse og afvanding af arealerne omkring tilløbene til Ryå og de øvre dele af hovedløbet.

4.1. Problemstillingen

Flere byer udleder regnvand fra befæstede arealer og overløbsvand fra kloaknettet til Ryå og tilløbene hertil. De største udledninger sker fra Hjallerup, Brønderslev og Aabybro, men herudover sker der udledninger fra flere mindre byer.

Ved fremtidige udledninger af regnvand fra befæstede arealer til Ryå og dens tilløb vil oplandskommunerne normalt stille krav om neddrogning af udledningen til typisk 1-2 l/s/ha (brutto), hvilket i henhold til vandplanerne svarer til naturlig afstrømning.

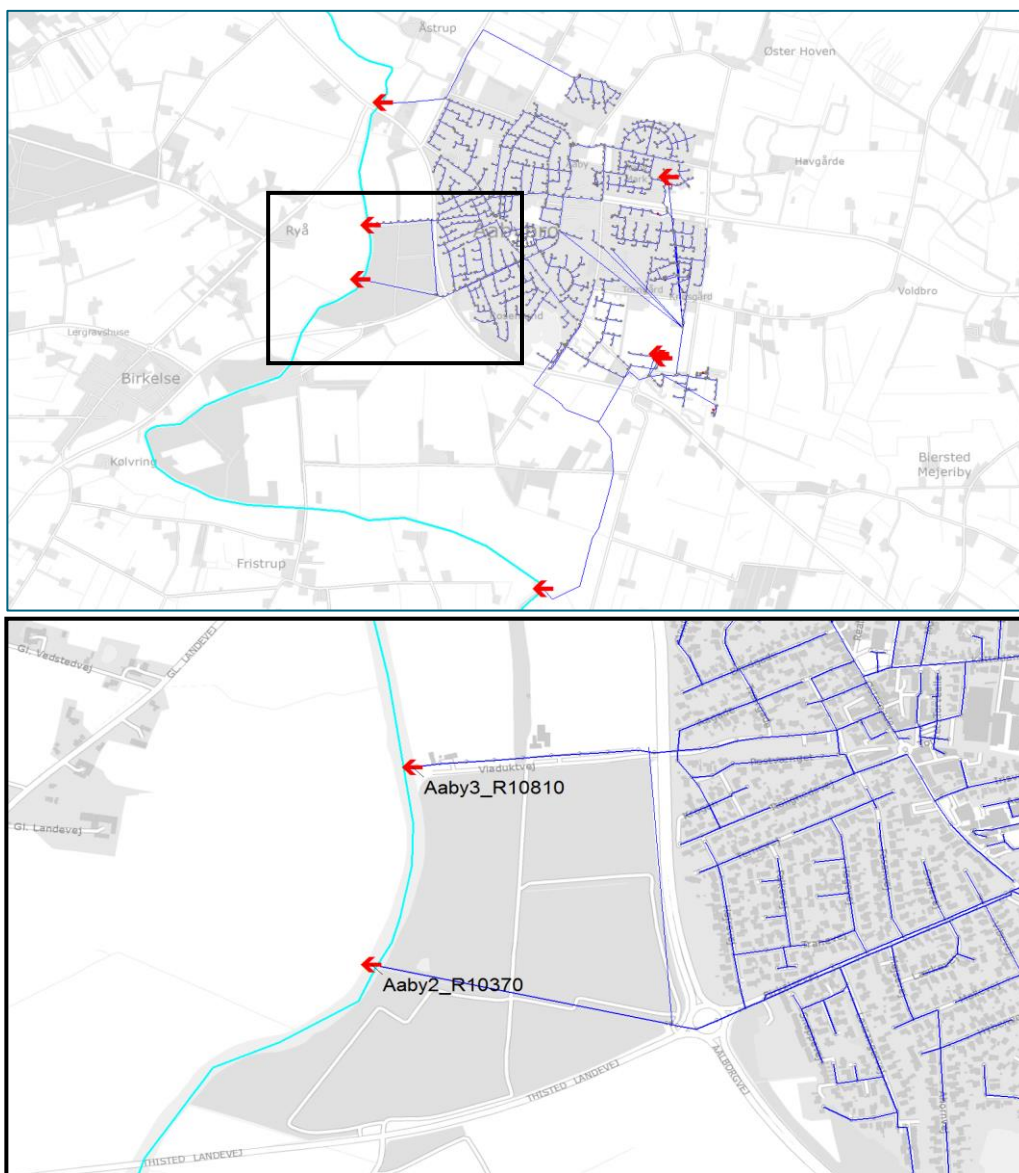
Hovedparten af regnvandsudledningerne til Ryå og dens tilløb sker i dag uforsinkede (uden neddrogning), hvilket afstedkommer tidvis meget store vandføringer i dele af åsystemet.

4.2. Metode

For at kunne belyse byernes påvirkning af vandstandsforholdene i Ryå og dens tilløb er der foretaget en beregning af mængderne af regnvand, der udledes fra byområderne, dels i den nuværende situation uden neddrosling og dels i et scenarie, hvor der er etableret neddrosling til 1 l/s/ha (brutto) på alle udløb.

Beregningerne af udløbsmængderne er foretaget med de afløbsmodeller for byområderne i Ryå-oplandet, der er stillet til rådighed af Jammerbugt Forsyning og Brønderslev Forsyning. Der er i alt regnet på 40 regnvandsudløb og overløb i Ryå-oplandet.

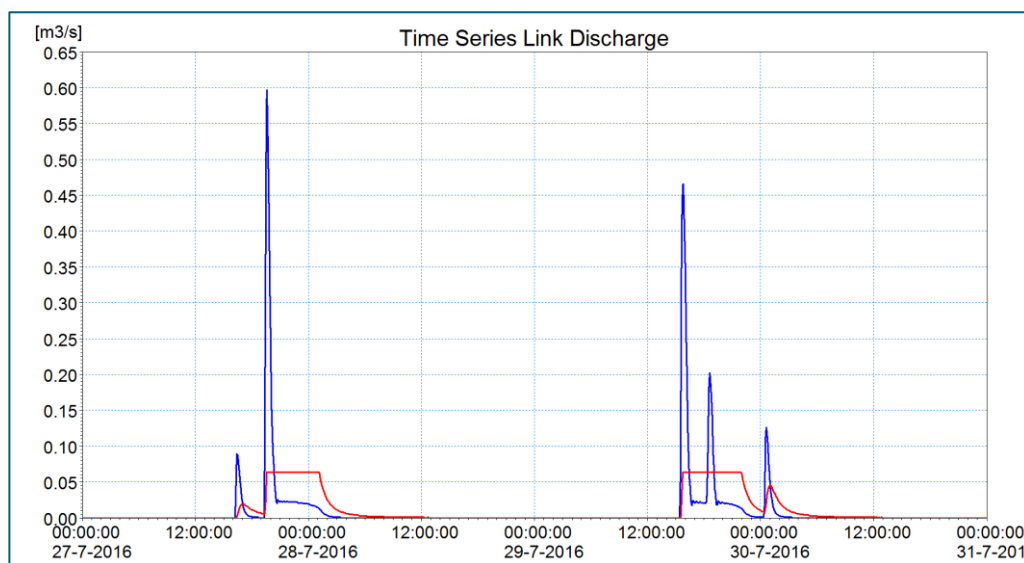
Fremgangsmåden er forklaret nedenfor med situationen i Aabybro som eksempel. Figur 4.1 viser de 4 primære udløb fra Aabybro.



Figur 4.1. Kort over de primære regnvandsudløb og overløb fra Aabybro til Ryå.

Før neddrogning er udløbsvandføringen maksimalt 600 l/s. Ved neddrogning er udløbsvandføringen nedsat til maksimalt 64 l/s, svarende til 1 l/s/ha, og udledningen af regnvandet sker over en betydeligt længere periode sammenlignet med den uforsinkede udledning.

Udløbshydrograferne i begge scenarier er for alle 40 udløb indsat som punktkilder i de respektive stationer i vandløbsmodellen, hvilket gør det muligt at belyse effekten af at neddrogse regnvandsafstrømningen fra byerne til 1 l/s/ha.



Figur 4.2. Eksempel på effekten af neddrogning til 1 l/s/ha (rød kurve) fra uforsinket udledning (blå kurve) fra 64 ha opland til udløb Aaby2_R10370.

4.3. Resultater

Den resulterende vandstand i Ryå-systemet ved neddrogning af alle regnvandsudløb er sammenlignet med udgangsscenariet med uforsinket udledning for at identificere den periode, hvor forskellen er størst.

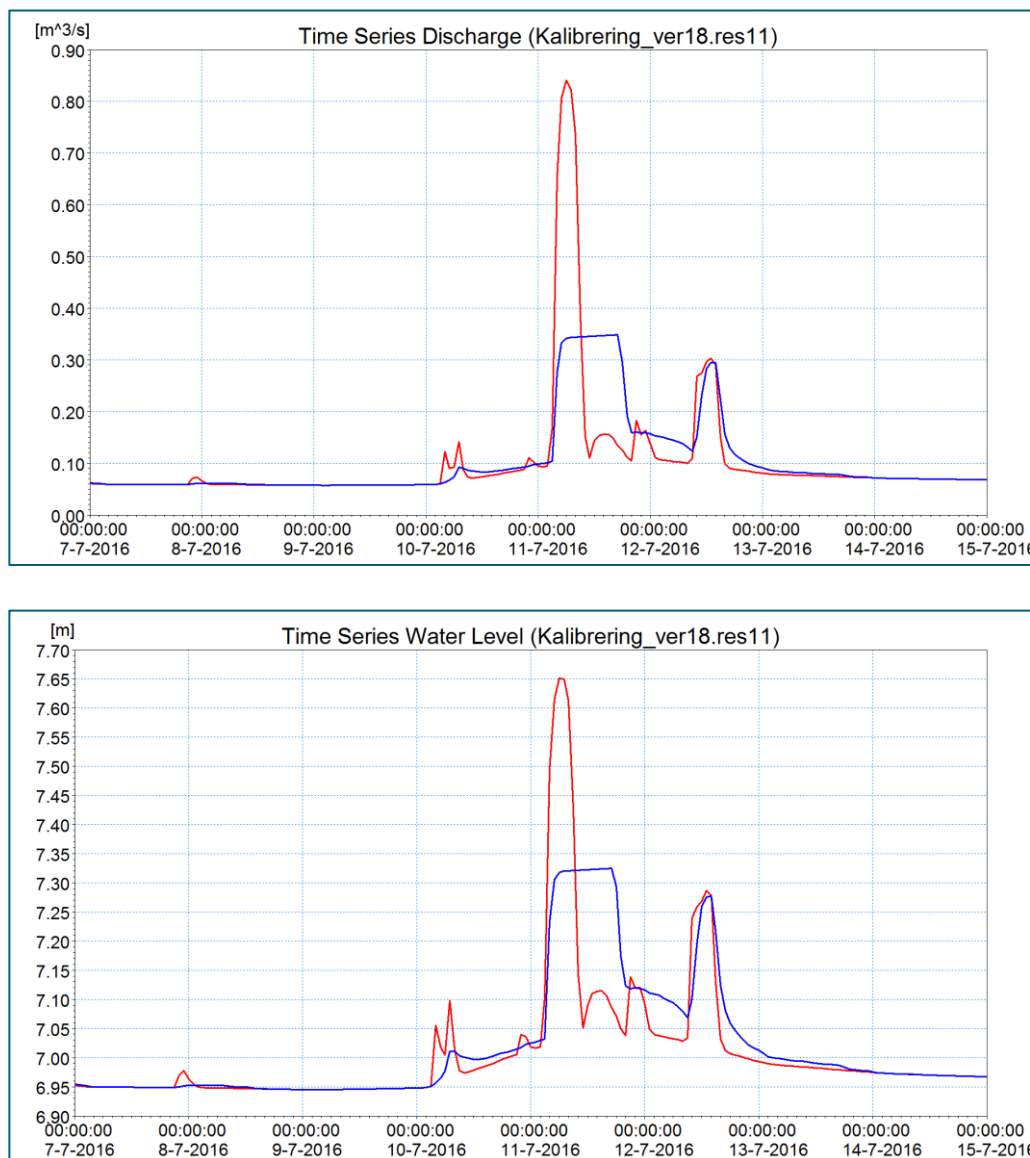
I beregningerne er anvendt en kraftig regnhændelse, der forekom den 11. juli 2016. Karakteristika for regnhændelsen fremgår af Figur 4.3. Regnhændelsen havde en varighed på 141 minutter, med en samlet regnmængde på 16,2 mm. Den største 10 minutters-intensitet af afstrømningen var ca. 104 l/s/ha, hvilket tilmed var den største 10 minutters-intensitet i hele perioden oktober 2015 – oktober 2016.

En høj 10 minutters-intensitet er almindeligvis dimensionsgivende i forhold til byernes afvandingssystemer, da afstrømningstiden fra de enkelte deloplande sjældent er længere. De største udledninger fra byer fås således ved regnhændelser, hvor 5-10 minutters-intensiteten er stor. For vandløb er afstrømningstiden større, og her fås de største vandføringer ved længerevarende regn.

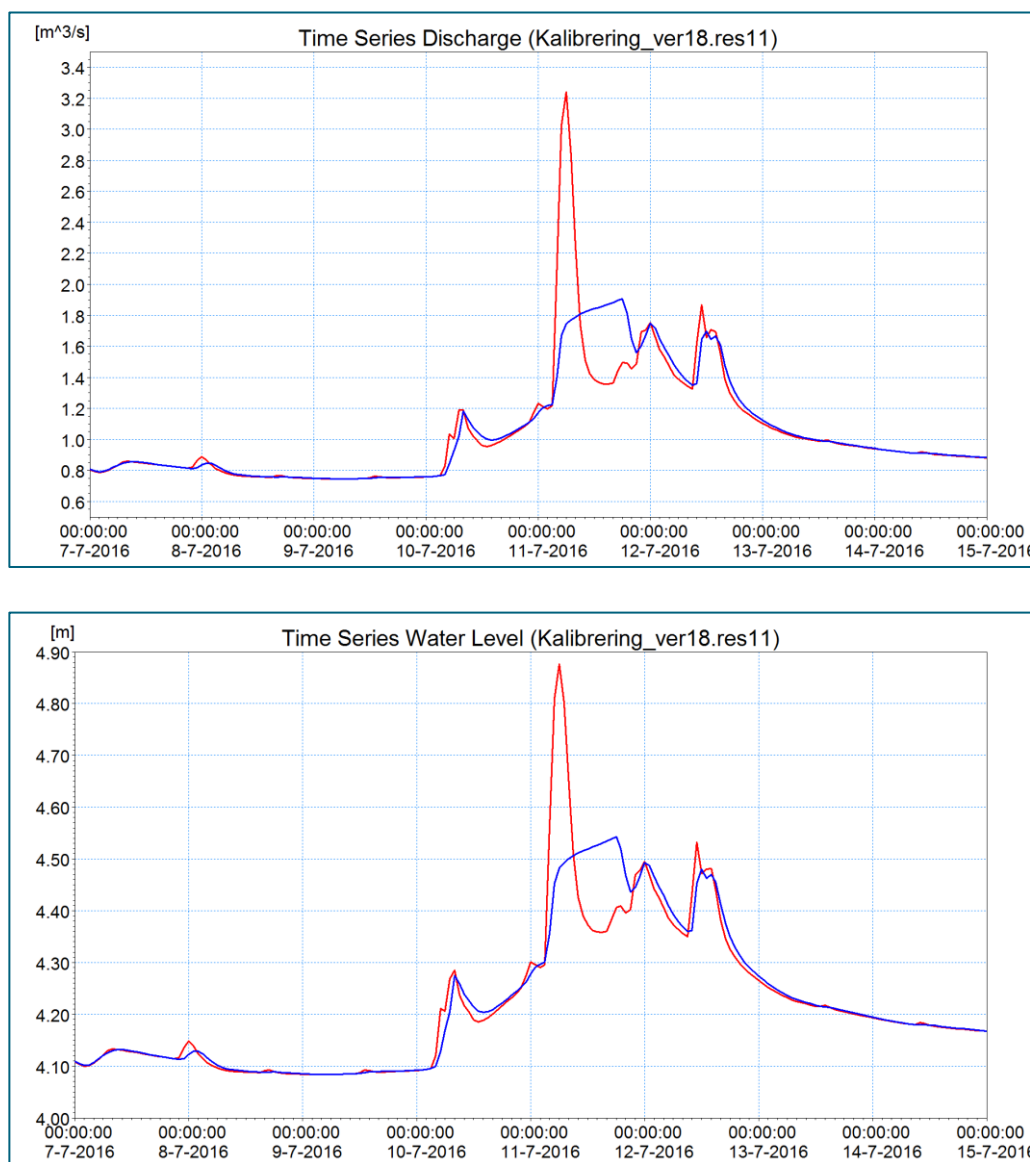
UTC		MIN	MM					
Gen-nemsnit	Største middelintensitet over (min)							
	1	5	10	20	30	40	60	120
MIKROM. PR. SEK. = 10 L/(SEK.*HA)								
1,91	26,67	16,07	10,37	5,81	4,15	3,62	3,50	2,16

Figur 4.3. Karakteristika for regnhændelsen den 11. juli 2016 med en varighed på 141 min og en totalnedbør på 16,2 mm.

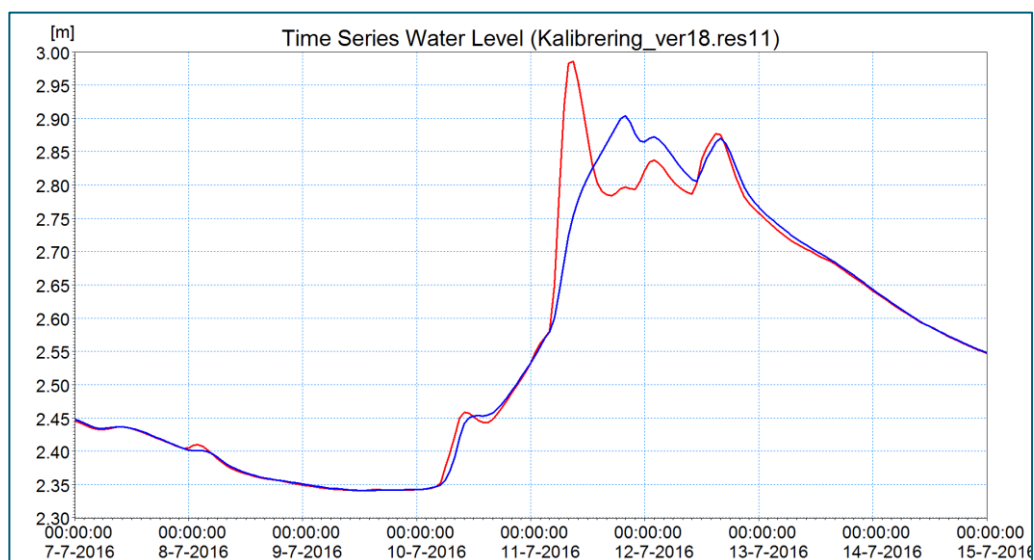
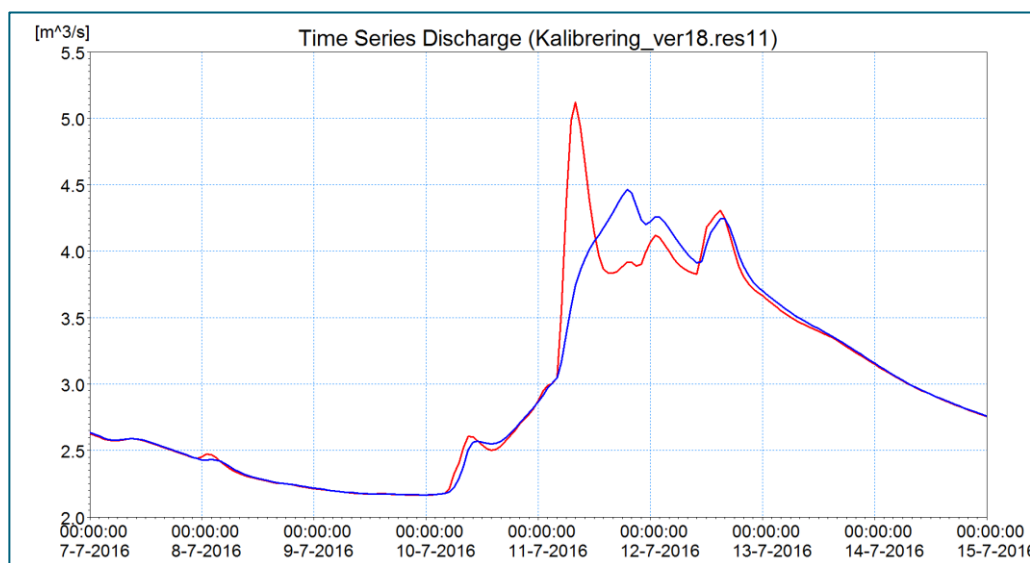
Figur 4.4 – 4.8 viser beregnet vandføring og vandstand i de to scenarier med uforsinket henholdsvis nedroslet udledning af regnvand på en række lokaliteter i Ryå-systemet. Røde kurver viser scenariet med uforsinket udledning, mens blå kurver viser scenariet nedrosling til 1 l/s/ha på alle regnvandsudløb.



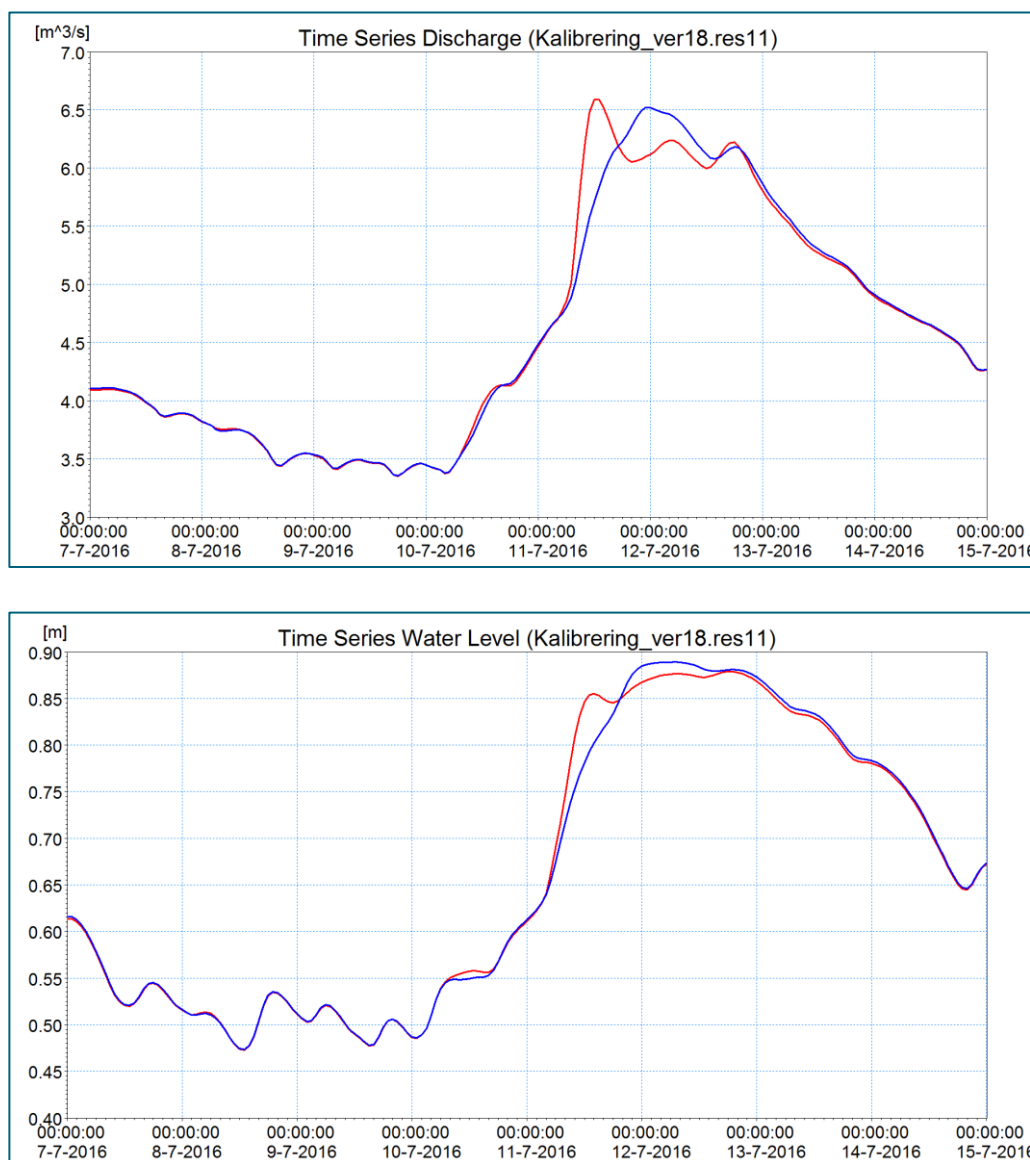
Figur 4.4. Vandføring og vandstand i Lygtebækken umiddelbart opstrøms rundkørslen Sdr. Omfartsvej, Søndergade og Vildmosevej ved uforsinket (røde kurver) og neddroplet (blå kurver) udledning af regnvand svarende til regnhændelsen den 11. juli 2016.



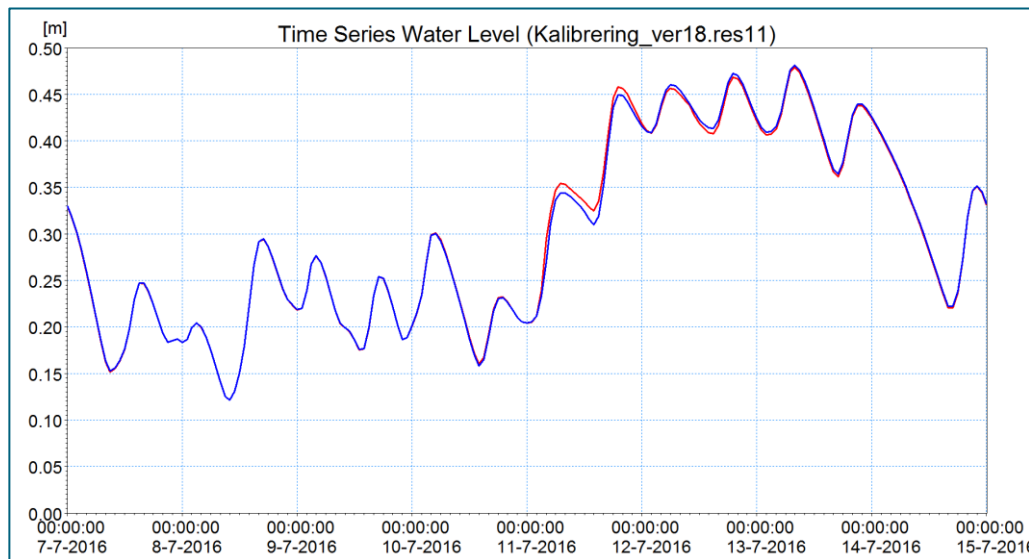
Figur 4.5. Vandføring og vandstand i Nørreå medstrøms den mest nedstrøms udledning fra Brønderslev ved uforsinket (røde kurver) og neddroslet (blå kurver) udledning af regnvand svarende til regnhændelsen den 11. juli 2016.



Figur 4.6. Vandføring og vandstand i Ryå ved Manna Bro, ca. 4,5 km nedstrøms udløbet af Lygtebækken, ved uforsinket (røde kurver) og neddroplet (blå kurver) udledning af regnvand svarende til regnhændelsen den 11. juli 2016.



Figur 4.7. Vandføring og vandstand i Ryå ved Hvide Bro, ca. 14,5 km nedstrøms udløb af Lygtebækken, ved uforsinket (røde kurver) og neddroplet (blå kurver) udledning af regnvand svarende til regnhændelsen den 11. juli 2016.



Figur 4.8. Vandføring og vandstand i Ryå ved Mejeribroen, ved uforsinket (røde kurver) og neddroslet (blå kurver) udledning af regnvand svarende til regnhændelsen den 11. juli 2016.

4.4. Samlet vurdering

Beregningerne viser, at de største effekter af neddrosling af regnvandsudløb opnås tæt på udløbspunkterne og primært i de øvre dele af vandløbssystemet, det vil sige i tilløbene og de øvre dele af hovedløbet. I Lygtebækken og Nørreå umiddelbart nedstrøms udledningerne fra Brønderslev kan der opnås en vandstandssænkning på omkring 30 cm ved en regnhændelse svarende til den, der fandt sted den 11. juli 2016. Her ville en neddrosling til 1 l/s/ha kunne have bevirket en reduktion af maksimumsvandføringen på 500 l/s i Lygtebækken og 1300 l/s i Nørreå.

Allerede ved Manna, 4,5 km nedstrøms Lygtebækkens udløb, er effekten på vandstanden aftaget til 10 cm. Ved Den Hvide Bro, 14,5 km nedstrøms Lygtebækkens udløb, er effekten af neddrosling af regnvandsudløbene til 1 l/s/ha ubetydelig.

Effekten på vandstanden af de kortvarige, men store udledninger fra byområderne mindskes naturligt ned igennem vandløbssystemet, som resultat af ændringerne i vandløbets størrelse, vandføring og vandføringsevne. Jo længere ned i vandløbssystemet man kommer, desto mindre andel af den samlede vandføring udgør regnvandsudledningen, og desto mindre er effekten på vandstanden. Det hænger sammen med, at vandstanden i vandløb er proportional med vandføringens størrelse.

Det betyder, at den mest betydende effekt af at overgå fra uforsinket til neddroslet udledning af regnvand fra byer kan opnås tæt på udledningspunkterne, og i særdeleshed hvis disse er beliggende i små vandløb. Til gengæld har det ikke nogen betydende effekt på oversvømmelsesrisikoen og afvandingstilstanden på arealerne omkring den nedre del af Ryå at neddrosle regnvandsafstrømningen, idet selv uforsinket udledning er næsten uden effekt på vandstanden i denne del af åen.

5. SCENARIE 4A: GRØDE OG GRØDESKÆRING

Resumé

De gennemførte undersøgelser viser, at den grøde, der påvirker vandføringsevnen i Ryå, består af to forskellige plantegrupper.

På vandløbets bund vokser der en bundgrøde, der er domineret af Enkelt Pindsvineknop og en særlig form af Børstebledet Vandaks, stedvis med store forekomster af Almindelig Vandpest. De to førstnævnte arter har kun grønne skud og blade i perioden maj-november, og de påvirker derfor vandføringsevnen fortrinsvis i sommerhalvåret.

På vandløbets brinker og til dels også langs vandløbets bredder vokser der en veludviklet og højt voksende græs- og urtevegetation, der er domineret af Rørgræs og Tagrør. Denne brinkvegetation når fuld udvikling lidt senere end bundgrøden, og særlig Tagrør står med lange, stive strå gennem hele vinteren. De påvirker derfor profiets vandføringsevne fra et stykke ind i vinterperioden til langt ind i vinterperioden.

Analyserne af sammenhængen mellem grødetilstanden og vandføringsevnen viser, at skæring af bundgrøden i næsten fuld bundbredde kan sænke vandstanden med i størrelsesordenen 25 cm. Hvis man kunne holde bundgrøden nede gennem hele vækstperioden, ville den maksimalt opnåelige vandstandssænkning således være af størrelsesordenen 25 cm. På grund af grødens genvækst mellem grødeskæringerne er den gennemsnitlige vandstandssænkning ved 3 skæringer i løbet af vækstperioden væsentligt mindre end 25 cm.

Analyserne viser endvidere, at mens vandstanden ved små og mellemstore vandføringer især er påvirket af bundgrøden, så er den ved store vandføringer også, og i vintermånederne især, påvirket af brinkvegetationen. Og fordi denne står med stive strå langt ind i den periode, hvor de største vandføringer normalt forekommer, er det vurderingen, at bortskæring af en del af brinkvegetationen om efteråret vil være et bedre værn mod høje vandstande end skæring af bundgrøden, der naturligt visner bort hen på efteråret og kun påvirker vandføringsevnen i ringe grad i vintermånederne.

Der er på baggrund af disse vurderinger formuleret forskellige grødemodeller, der har dannet grundlag for beregninger af, hvordan forskellige former for grødeskæring vil påvirke vandføringsevnen og vandstanden i åen. Disse grødemodeller er testet op mod data fra Jerslev Bro og Manna Bro.

4 skæringer af bundgrøden i stedet for de nuværende 3 skæringer vil på de to stationer kunne give en lidt lavere sommervandstand, men vil ikke i betydende grad påvirke vandføringsevnen i perioden november-maj.

Udvidelse af de nuværende 3 skæringer af bundgrøden i sommermånederne med skæring af den ene henholdsvis begge brinker om efteråret vil kunne reducere vandstanden ved store vandføringer i vintermånederne med i størrelsesordenen 12-25 cm, mens reduktionen af vandstanden er mindre ved mindre vandføringer.

5.1. Besigtigelse 2016

Som grundlag for vurderingerne af grødens og grødeskæringens betydning for vandstanden i Ryå blev åen i oktober 2016 besigtiget - fra Hjallerup til Jerslev Bro, fra brinker og broer på en række delstrækninger og fra Jerslev Bro til udløbet fra båd.

Denne besigtigelse har vist, at Ryå på hovedparten af strækningen fra Hjallerup til udløbet i Limfjorden er voksested for en veludviklet grøde. Grødeskæring er derfor, og har i mange år været det primære værktøj til at sænke vandstanden.

Der er med afsæt i den aftalte opgavebeskrivelse og den gennemførte besigtigelse samt kommunernes oplysninger om den aktuelle grødeskæringspraksis foretaget analyser af

grødens og grødeskæringens betydning for vandstanden i åen, og der er på den baggrund foretaget vurderinger af, på hvilken eller hvilke måder grødeskæringen kan tilrettelægges med sigte på at opnå den største nyttevirkning inden for rammerne af de målsætninger, der er gældende for åen.

5.1.1 Bundgrøden

Strækningen opstrøms Ørum er præget af gode faldforhold og en artsrig og varieret grøde.

Stækningen fra Ørum til Ørum Vestermark er præget af store bevoksninger af især vandpest, der i nedstrøms retning går over i tætte bevoksninger af enkelt pindsvineknop. Begge arter har stor indflydelse på vandstanden, og på grund af stor sandtransport på strækningen bevirker især vandpest også aflejringer.

Strækningen fra Ørum Vestermark og nedstrøms er præget af meget veludviklede bevoksninger af enkelt pindsvineknop, der nedstrøms Jerslev Bro får selskab af børstebladet vandaks (rettelig en krydsning). Disse to arter dominerer grøden mængdemæssigt helt ud til det sted i åen, hvor indtrængende saltvand fra fjorden begrænser grødevæksten.

Langt mere spredt forekommer der på strækningen nedstrøms Jerslev Bro en række andre almindelige vandløbsplanter som smalbladet mærke, vandranunkel, vandpest og vandstjerne samt enkelte steder også mere sjældne arter som langbladet vandaks og glinsende vandaks. Ingen af disse andre arter har samme mængdemæssige forekomst som enkelt pindsvineknop og børstebladet vandaks. Det er derfor de to sidstnævnte grødearter, der har indflydelse på vandstanden i åen.

Begge arter visner helt (pindsvineknop) eller delvis (vandaks) bort i de sene efterår og spirer først frem igen i løbet af maj måned det følgende år. De påvirker derfor ikke eller kun i ringe grad vandstanden i vintermånederne. Til gengæld har de stor indflydelse på vandstanden i sommerhalvåret fra ca. primo juni til ultimo september. Og ikke blot har de stor indflydelse på vandstanden – de er også meget robuste i forhold til grødeskæring, og især pindsvineknop har en meget hurtigt genvækst. Sidstnævnte bevirker erfaringsmæssigt, at effekten af en grødeskæring neutraliseres i løbet af 3-5 uger.

I følge oplysninger fra Brønderslev Kommunes åmænd kan grødeskæring i stort set fuld bundbredde skabe vandstandssænkninger på i størrelsesordenen 25 cm. Det vurderes dermed at være den maksimale vandstandssænkning, der kan opnås ved skæring af den grøde, der vokser på åens bund. Grøden skæres typisk tre gange i perioden juli-oktober, hvilket stemmer godt overens med, at genvæksten neutraliserer effekten af grødeskæring i løbet af 3-5 uger.

Ifølge entreprenør Lars Sloth, der skærer grøden i den nedre del af åen (indtil ca. 1.300 meter opstrøms Mejeribroen), kan strømrendeskæring her give en vandstandssænkning af samme størrelsesorden som i den øvre del af åen, det vil sige ca. 25 cm.

5.1.2 Brinkvegetationen

Ryå er på strækningen fra opstrøms Jerslev Bro til ned i nærheden af "Den Hvide Bro" præget af et meget dybtskåret profil med høje, stejle brinker. Disse brinker er for en stor dels vedkommende bevokset med høje græsser, især Rørgræs, se figur 5.1, men på den nedre halvdel af strækningen er brinkerne på lange delstrækninger på den ene eller begge sider af åen tillige eller udelukkende bevokset med Tagrør, se figur 5.2.



Figur 5.1. Nedstrøms Jerslev Bro er brinkerne for en stor dels vedkommende bevokset med Rørgræs og anden stivstænglet vegetation.



Figur 5.2. Omkring Manna Bro er brinkerne for en stor dels vedkommende bevokset med meterhøje bevoksninger af Tagrør fra vandkanten til op over kronekanten.

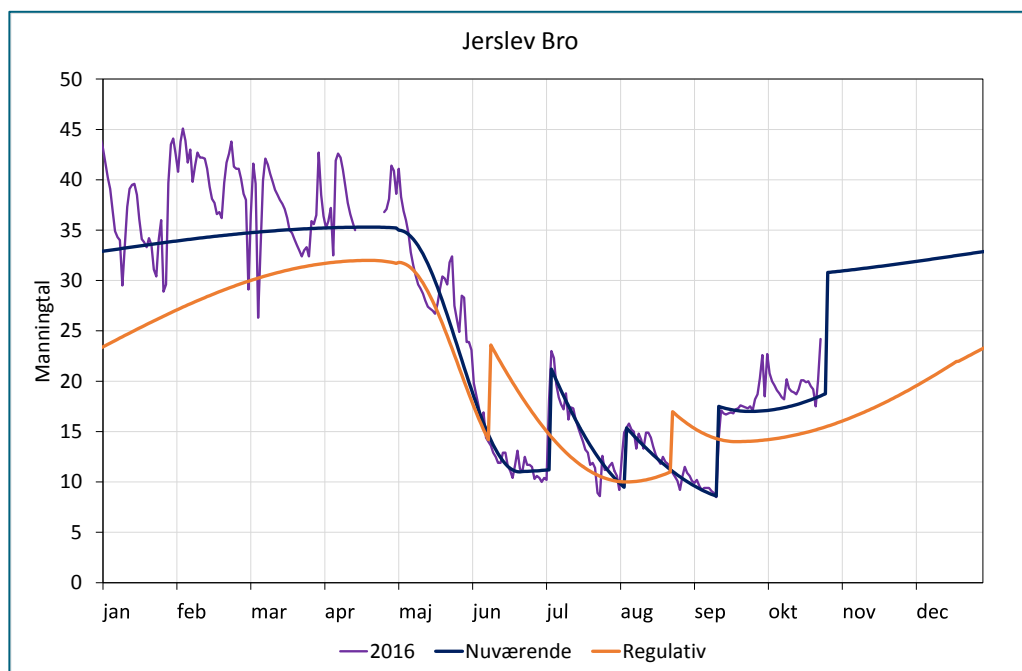
De græsbevoksede brinker og især de Tagrørsbevoksede brinker betyder, at store vandføringer sandsynligvis "oplever" en større strømningsmodstand fra brinkplanterne end fra bundgrøden.

Det er på den baggrund vurderingen, at vandstanden ved store vandføringer er påvirket af brinkvegetationen, og ikke blot af bundgrøden, og at påvirkningen fra brinkvegetationen er så betydelig, at den må tages i regning, når det gælder åens vandføringsevne.

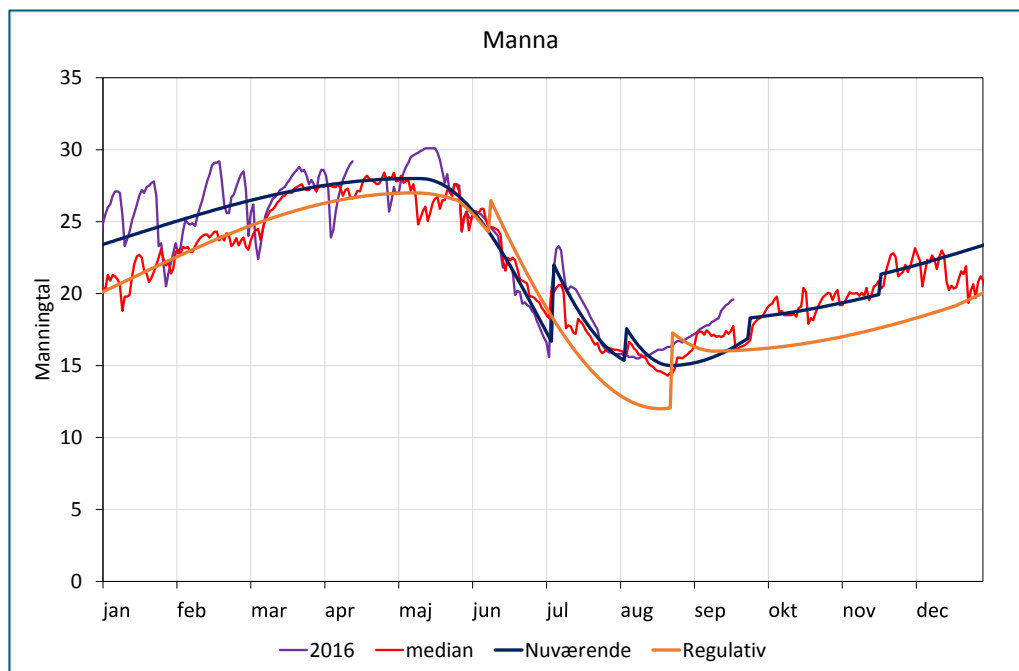
5.2. Grødemodeller formuleret på grundlag af eksisterende forhold

Besigtigelsen og vurderingen af grødeforholdene i åen indgår sammen med oplysninger om grødeskæring og vandstandssænkninger, data fra målestationerne samt analysen af vandstandsforholdene i åen som grundlag for formulering af de grødemodeller, der ligger til grund for scenarieberegningerne.

Grødemodellerne omsætter dermed grødens karakteristika til hydrauliske talværdier, som der kan regnes på, nærmere bestemt Manningtallene, der er udtryk for grødens ruhed mod vandets frie strømning. Grødemodellen for strækningen omkring Jerslev Bro er vist i figur 5.3, mens grødemodellen for strækningen omkring Manna Bro er vist i figur 5.4.



Figur 5.3. Grødemodel gældende for strækningen omkring Jerslev Bro (blå streg) vist sammen med kurven for beregnede døgnmiddel-Manningtal (violet streg), beregnet på grundlag af data fra 2016 (violet streg). Grødemodellen indeholder de tre skæringer af bundgrøden, der er gennemført i 2016, samt én skæring af kant-/brinkvegetationen i oktober 2016. Til sammenligning er vist en grødemodel, der repræsenterer den regulativmæssige grødeskæring på strækningen.



Figur 5.4. Grødemodel gældende for strækningen omkring Manna Bro (blå streg) vist sammen med mediankurven for Manningtallet (døgnmiddelværdier), beregnet på grundlag af vandførings- og vandstandsdata fra perioden 2012-2015 (rød streg) og kurven for beregnede døgnmiddel-Manningtal i 2016 (violet streg). Grødemodellen indeholder tre skæringer af bundgrøden, der er gennemført i 2016, samt én skæring af kant-/brinkvegetationen i november 2016. Til sammenligning er vist en grødemodel, der repræsenterer den regulativmæssige grødeskæring på strækningen.

Helt overordnet afspejler grødemodellerne for de to strækninger 1) grødens fremkomst omkring begyndelsen af maj ved Jerslev Bro og omkring midten af maj ved Manna Bro, 2) tiltagende vækst i de efterfølgende måneder med kulmination i begyndelsen af september ved Jerslev Bro og i august-september ved Manna Bro og 3) tiltagende naturligt henfald i løbet af efteråret. Med til billedet af grødetilstanden og dennes tidlige udvikling hører, at grøden i Ryå er påvirket af en forholdsvis intensiv grødeskæring. Det betyder, at grødetilstanden vil kunne være en anden under andre former for grødeskæring

Eftersom grøden i Ryå er domineret af enkelt pindsvineknop, der er uden blade og stængler i vintermånederne, er vandløbet stort set uden bundgrøde i denne periode. Man ville på den baggrund have forventet, at Manningtallet ville ligge på et højt niveau uden større variation i vintermånederne, men som det fremgår af Manningtalskurverne for både Jerslev Bro og Manna Bro, er der betydelig tidlig variation af de beregnede Manningtal.

Det er vurderingen, at denne variation skyldes, at det strømmende vand ved store vandføringer og deraf følgende høje vandstande kommer i kontakt med et grødelement, der ikke visner bort i vinterhalvåret, nemlig brinkernes bevoksninger af Tagrør og andre stivstænglede græsser, især Rørgræs. Denne kontakt med brinkvegetationen betyder, at vandet ved store vandføringer og høje vandstande "oplever" en større ruhed eller strømningsmodstand, end tilfældet er ved mindre vandføringer og lavere vandstande.

En granskning af data har vist, at der i vintermånederne er et betydeligt sammenfald mellem små Manningtal og store vandføringer og deraf følgende høje vandstande.

Denne vurdering på baggrund af beregnede Manningtal korresponderer ganske godt med, at brinkerne fra omkring Jerslev Bro til nær den Hvide Bro er høje og for størstedelens vedkommende bevokset med stivstænglede græsser, på lange delstrækninger, tillige med Tagrør.

Analyserne af Manningtalsvariationen giver dermed en indikation af, at vandets strømning ved store vandføringer fortrinsvis er begrænset af vegetationen på brinkerne, mens vandets strømning ved små vandføringer fortrinsvis er begrænset af bundgrøden.

Det betyder, at det grødeelement, der har størst betydning for vandstanden ved store afstrømninger, er brinkvegetationen – en antagelse der støttes af målingerne i 2016, da der i november blev foretaget skæring af brinkvegetationen på strækningen omkring Manna Bro, en skæring der er afspejlet i de beregnede Manningtal, idet værdien steg momentant med nogle få enheder.

Indikationen af brinkvegetationens betydning for vandstanden ved store afstrømninger har givet anledning til at antage, at skæring af brinkvegetationen vil være et bedre virkemiddel over for høje vandstande end skæring af bundgrøden vil være. På den baggrund er der i de grødemodeller, der lægges til grund for scenarieberegningerne, indregnet efterårsskæring af brinkvegetationen.

5.3. Grødemodeller til simulering af fremtidige vandstandsforhold

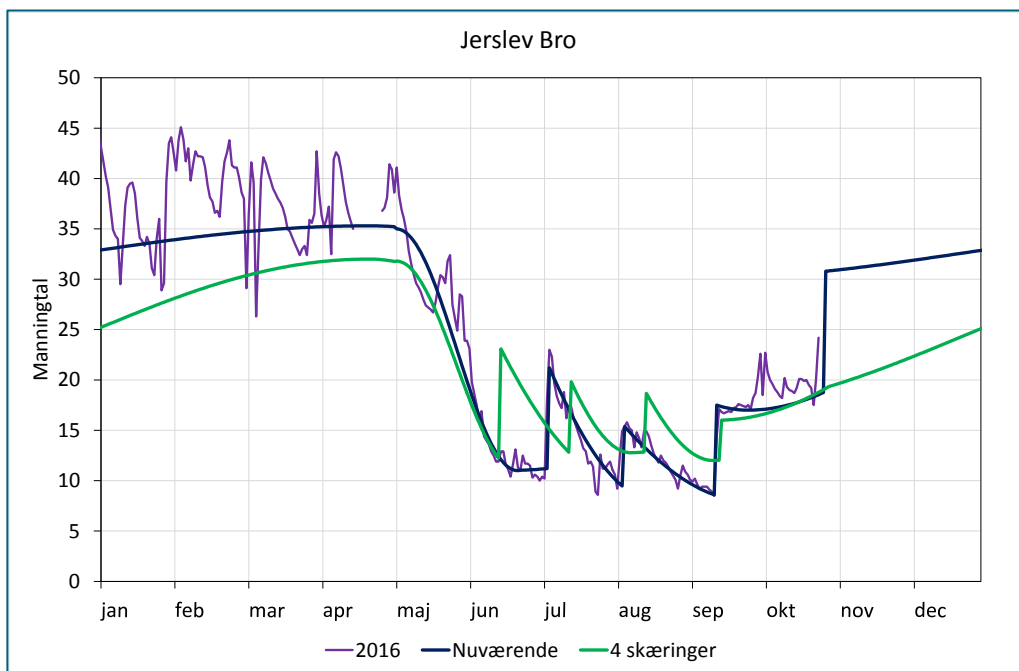
Som grundlag for beregninger af, hvordan forskellige modifikationer af den nuværende grødeskæringspraksis vil kunne påvirke vandstandsforholdene i åen, er der formuleret grødemodeller for følgende scenarier:

1. Ekstra skæring af bundgrøden (= 4 skæringer af bundgrøden med én måneds mellemrum)
2. Nuværende situation (= 3 skæringer af bundgrøden) plus kantskæring på den ene brink
3. Nuværende situation (= 3 skæringer af bundgrøden) plus kantskæring på begge brinker

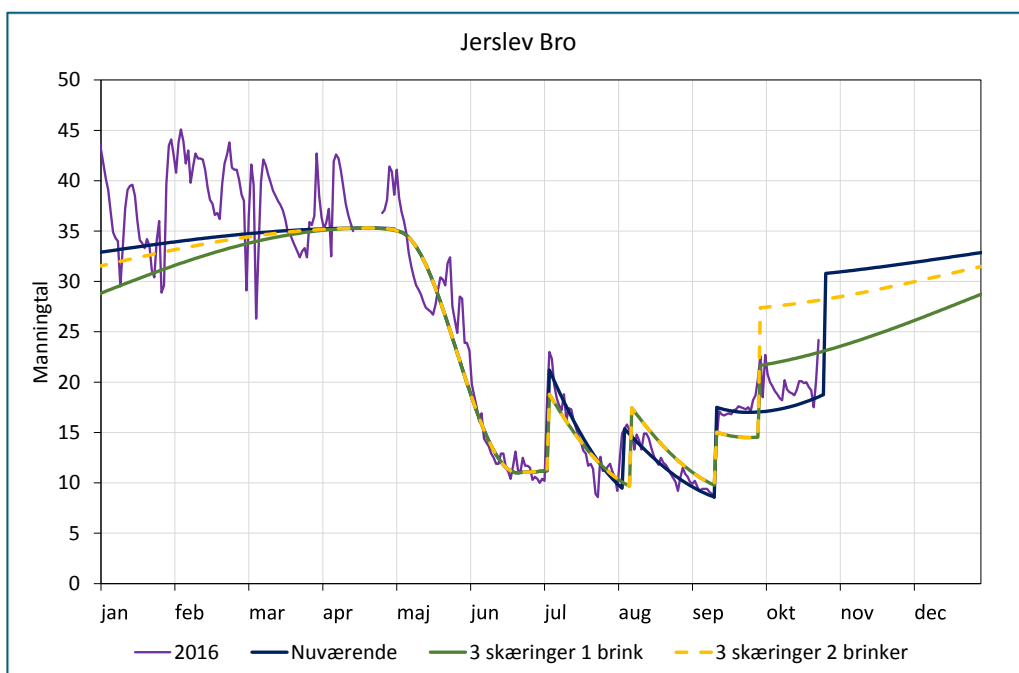
Derudover er der på baggrund af resultaterne af analyserne af disse tre scenarier foretaget en kvalitativ vurdering af at erstatte den nuværende skæring i lige strømmende med skæring i bugtet strømmende.

5.3.1 Jerslev Bro

Grødemodellen for scenarie 1 med 4 skæringer af bundgrøden er vist i figur 5.5. Grødemodellerne for scenarie 2 og 3 med 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af kant- og brinkvegetationen på den ene, henholdsvis begge, sider af vandløbet er vist i figur 5.6.

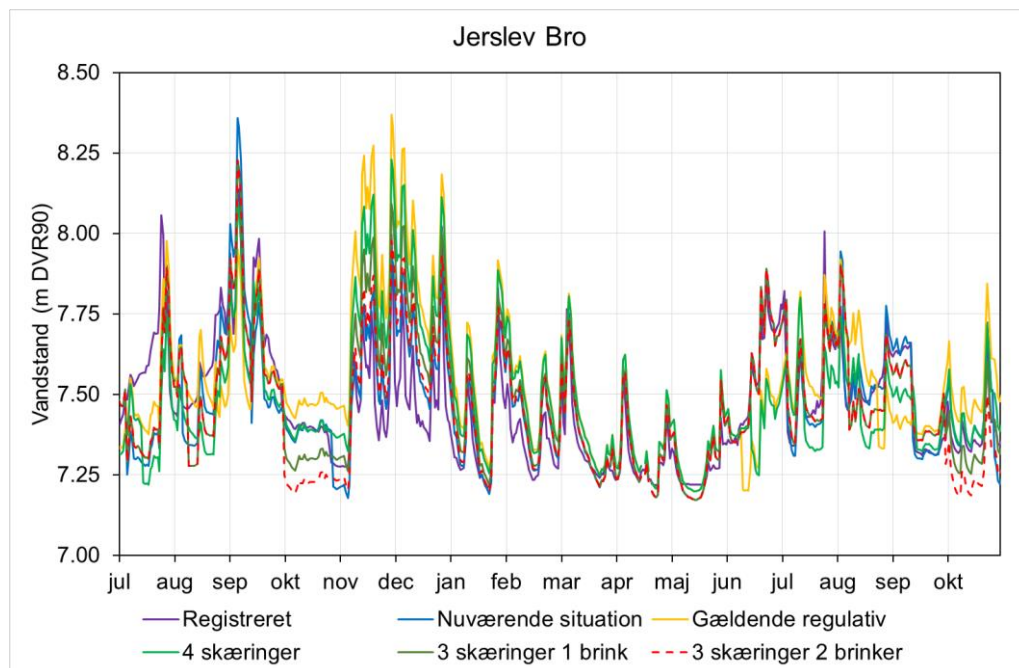


Figur 5.5. Grødemodellen for 4 skæringer af bundgrøden på strækningen, der er repræsenteret af data fra Jerslev Bro (grøn streg). Til sammenligning er vist grødemodellen for den nuværende praksis (2016) (blå streg) og kurven for beregnede døgnmiddel-Manningtal i 2016 (violet streg).



Figur 5.6. Grødemodeller for 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af kant- og brinkvegetationen på den ene side af vandløbet (grøn streg) henholdsvis på begge sider af vandløbet (gul streg). Til sammenligning er vist grødemodellen for den nuværende praksis (2016) (blå streg) og kurven for beregnede døgnmiddel-Manningtal i 2016 (violet streg).

Til belysning af modellernes evne til at beskrive effekterne af de forskellige former for grødeskæring er der forud for scenarieanalyserne med dynamiske vandspejlsberegninger foretaget en test i form af en stationær vandspejlsberegning gældende for stationen ved Jerslev Bro, se figur 5.7.

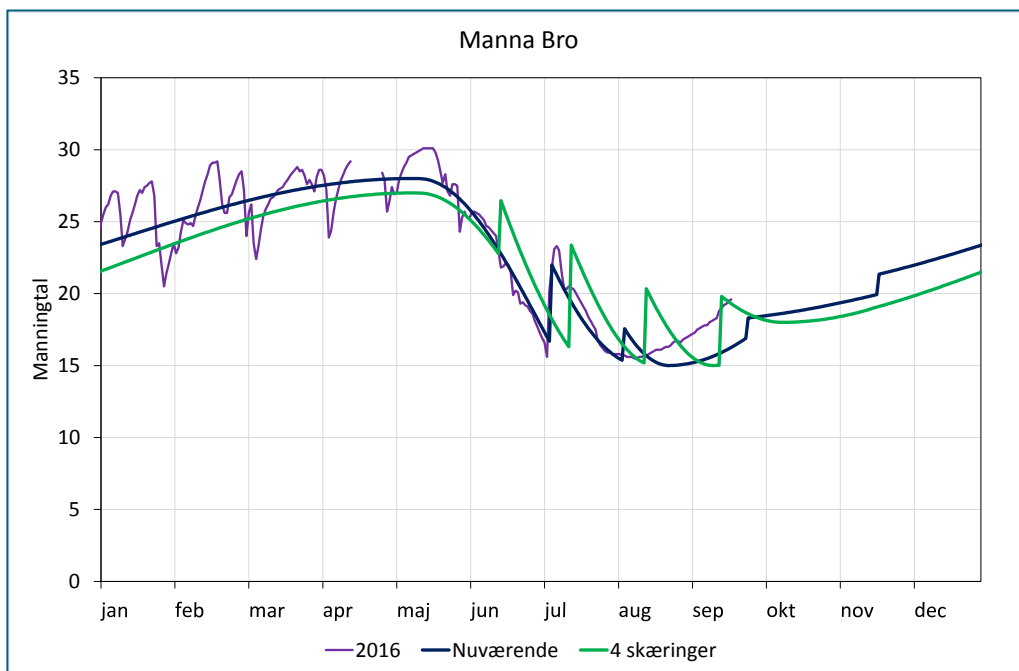


Figur 5.7. Beregnede vandstande ved Jerslev Bro ved brug af grødemodellerne, der repræsenterer den nuværende praksis (2016) (blå streg), regulativmæssig praksis (orange streg), 4 skæringer af bundgrøden (lysegrøn streg), 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af den ene brink (olivengrøn streg) og 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af begge brinker (rød streg). Til sammenligning er vist den målte vandstand i 2016 (violet streg), der er resultat af 3 skæringer af bundgrøden plus kantskæring i oktober.

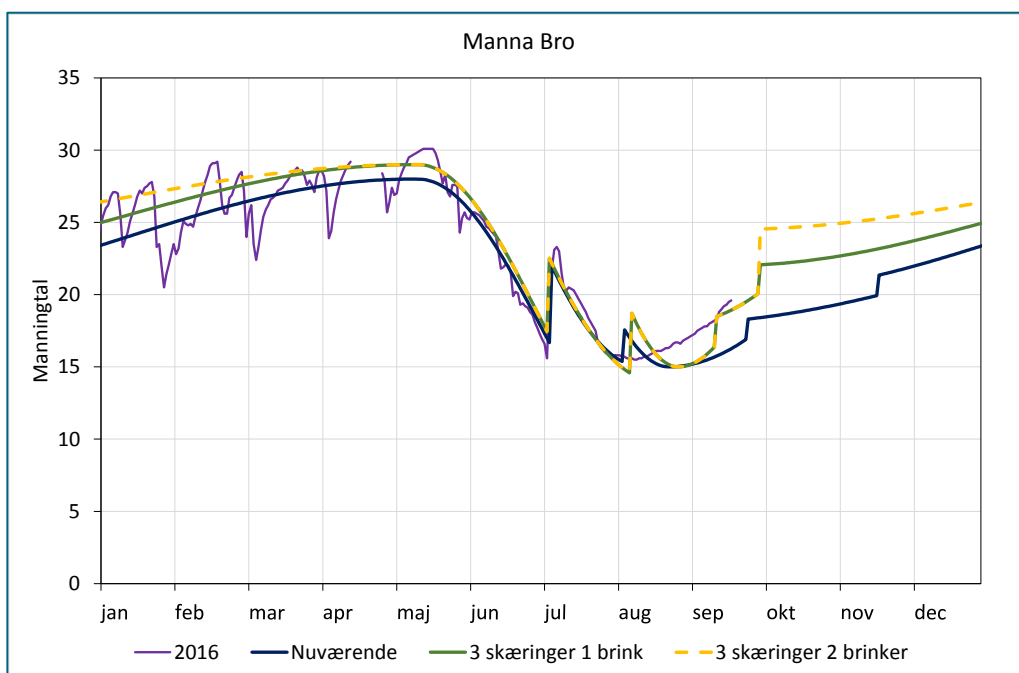
5.3.2 Manna Bro

Grødemodellen for scenarie 1 med 4 skæringer af bundgrøden er vist i figur 5.8. Grødemodellerne for scenarie 2 og 3 med 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af kant- og brinkvegetationen på den ene, henholdsvis begge, sider af vandløbet er vist i figur 5.9.

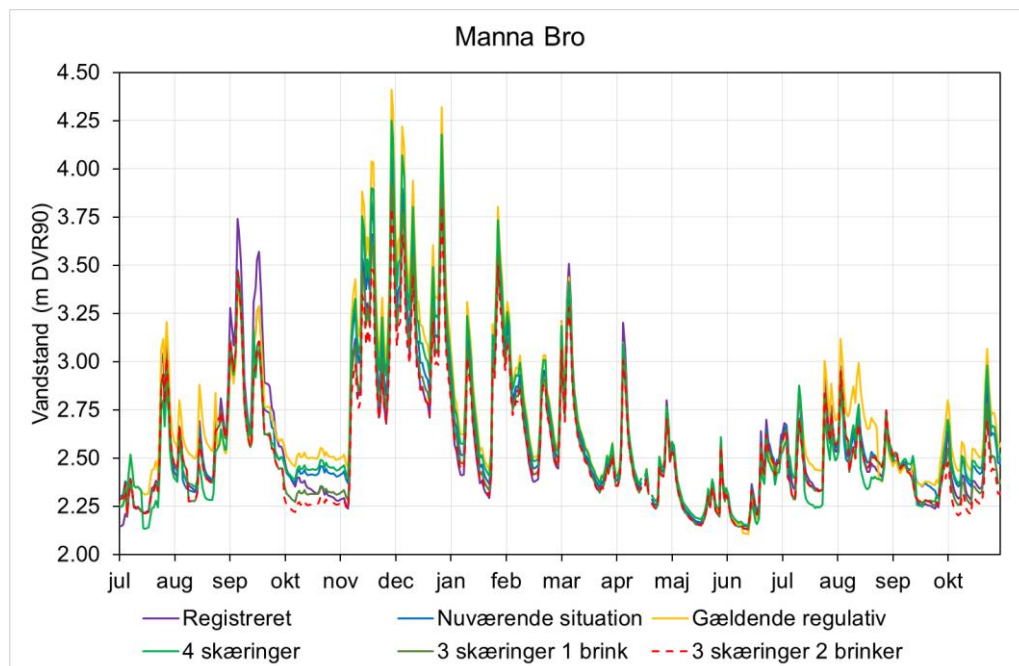
Til belysning af modellernes evne til at beskrive effekterne af de forskellige former for grødeskæring er der forud for scenarieanalyserne med dynamiske vandspejlsberegninger foretaget en test i form af en stationær vandspejlsberegning gældende for stationen ved Manna Bro, se figur 5.10.



Figur 5.8. Grødemodellen for 4 skæringer på strækningen, der er repræsenteret af data fra Manna Bro (grøn streg). Til sammenligning er vist grødemodellen for den nuværende praksis (2016) (blå streg) og kurven for beregnede døgnmiddel-Manningtal i 2016 (violet streg).



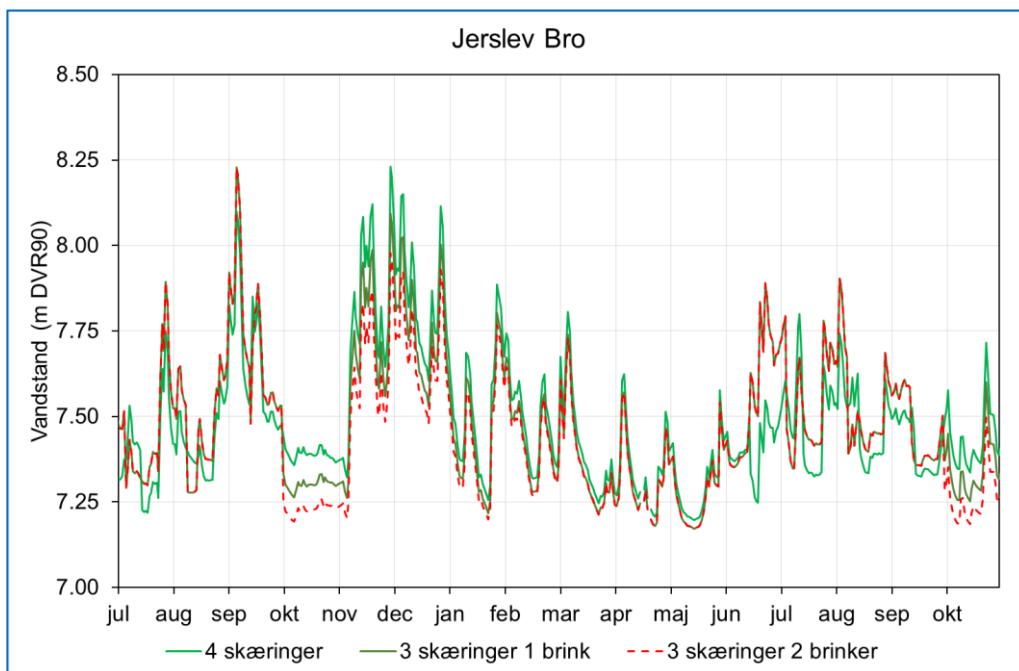
Figur 5.9. Grødemodeller for 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af kant- og brinkvegetationen på den ene side af vandløbet (grøn streg) henholdsvis på begge sider af vandløbet (gul streg). Til sammenligning er vist grødemodellen for den nuværende praksis (2016) (blå streg) og kurven for beregnede døgnmiddel-Manningtal i 2016 (violet streg).



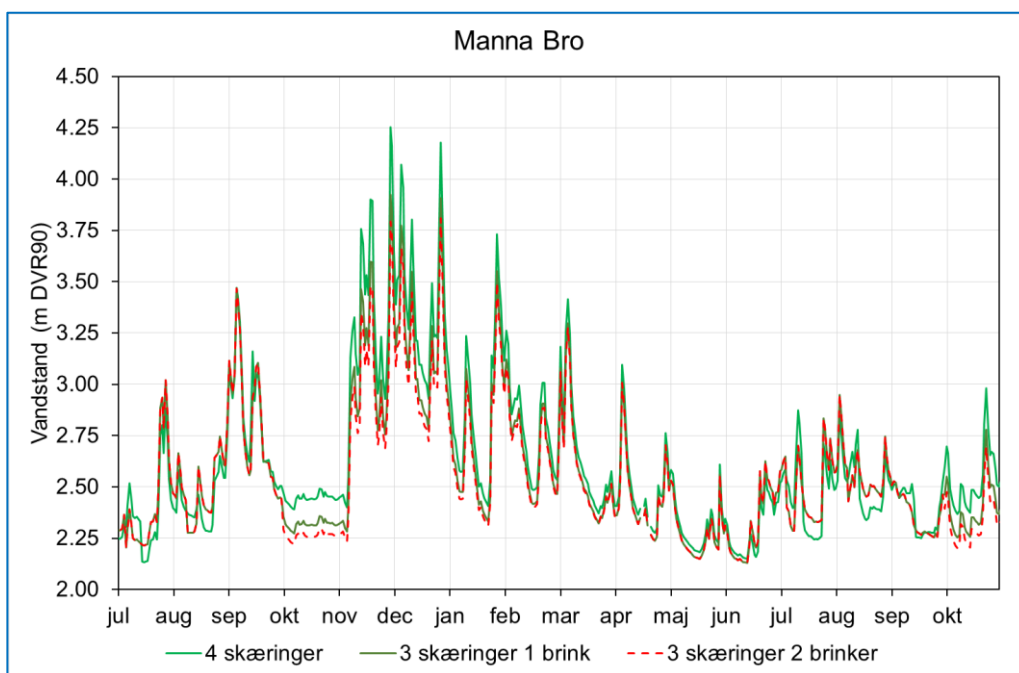
Figur 5.10. Beregnede vandstande ved Manna Bro ved brug af grødemodellerne, der repræsenterer den nuværende praksis (2016) (blå streg), regulativmæssig praksis (orange streg), 4 skæringer af bundgrøden (lysegrøn streg), 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af den ene brink (olivengrøn streg) og 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af begge brinker (rød streg). Til sammenligning er vist den målte vandstand i 2016 (violet streg), der er resultat af 3 skæringer af bundgrøden plus kantskæring i oktober.

5.4. Skæring af bundgrøden vs. skæring af brinkvegetationen

Testberegningerne af vandspejlsforholdene viser for både Jerslev Bro og Manna Bro, at 3 skæringer af bundgrøden i løbet af sommeren i kombination med skæring af den ene eller begge brinker i oktober samlet set vil være det mest effektfulde virkemiddel, dels til at holde vandstanden nede i sommerperioden og dels til at begrænse størrelsen af de højeste vandstande i vinterhalvåret, se figur 5.11 og figur 5.12.



Figur 5.11. Beregnede vandstande ved Jerslev Bro ved brug af grødemodellerne, der repræsenterer 4 skæringer af bundgrøden (lysegrøn streg), 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af den ene brink (olivengrøn streg) og 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af begge brinker (rød streg).



Figur 5.12. Beregnede vandstande ved Manna Bro ved brug af grødemodellerne, der repræsenterer 4 skæringer af bundgrøden (lysegrøn streg), 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af den ene brink (olivengrøn streg) og 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af begge brinker (rød streg).

4 skæringer af bundgrøden vil ganske vist kunne holde sommervandstanden på et lidt lavere niveau end 3 skæringer, men eftersom bundgrøden stort set visner bort og er fraværende i vintermånederne, har 3 og 4 skæringer af bundgrøden i sommerperioden

stort set samme ubetydelige virkning i forhold til vandstandsforholdene i vinterhalvåret. Her er det til gengæld skæringerne af brinkvegetationen om efteråret, der gør den store forskel i forhold til de store afstrømninger og høje vandstande. Beregningerne på de to stationer viser, at skæring af den ene eller begge brinker kan reducere vandstandene ved store vandføringer med i størrelsesordenen 12-25 cm.

5.5. Strækningen nedstrøms Hvide Bro

Nedstrøms Hvide Bro bliver åen bred og løber indtil Mejeribroen ikke så dybt under terrænet, som opstrøms Hvide Bro. På strækningen findes flere sandbanker, hvorpå der findes tætte bevoksninger af især enkelt pindsvineknop, adskilt af dybere partier uden eller med kun lidt bundgrøde.

Det er vurderingen, at vandføringsevnen nedstrøms Hvide Bro, qua det brede profil, primært er påvirket af bundgrøden og sekundært af bevoksningerne på brinkerne.

5.6. Perspektivering

De omfattende analyser af grøden og grødens indflydelse på vandføringsevnen og vandstanden i Ryå på strækningen mellem Jerslev Bro og Hvide Bro giver en kraftig indikation af, at det grødelement, der har den største indflydelse på vandstandsforholdene i forbindelse med store afstrømninger, er brinkvegetationen, og i særlig grad bevoksningerne af Tagrør.

Det betyder, at bortskæring af bundgrøden sent i vækstsæsonen (vinterklargøring) kun har ringe effekt på vandstanden i forbindelse med store afstrømninger. Sammenholdt med, at grøden for størstedelens vedkommende visner bort og efterlader bundfladen næsten grødefri i vinterhalvåret, peger det samlet set på, at bortskæring af brinkvegetationen på den ene eller begge brinker vil være det mest virksomme virkemiddel til at imødegå høje vandstande i vinterhalvåret.

Når det gælder vandstanden i sommerhalvåret bør det overvejes, om der i forhold til afvandingstilstanden er behov for skæring i fuld bundbredde, eller om det vil være mere hensigtsmæssigt - og foreneligt med miljømålsætningen - at skære grøden i en bugtet strømrønde med en bredde, der er mindre end bundbredden.

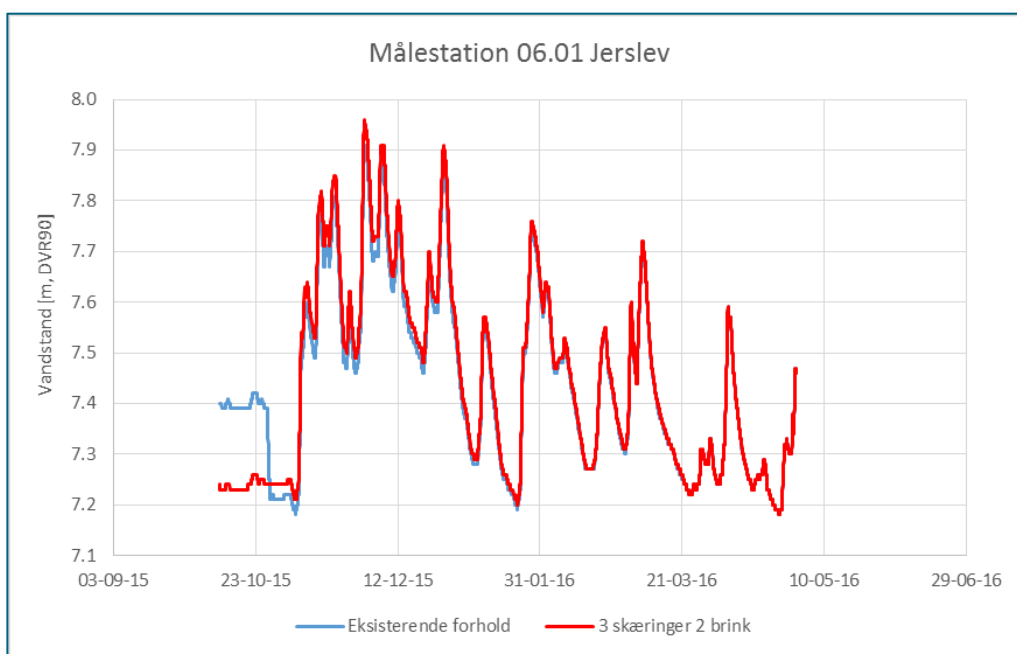
Skæring i en bugtet strømrønde, der er noget smallere end bundbredden, vil erfaringsmæssigt kunne give næsten samme vandføringsevne som skæring i fuld bundbredde, men vil formodentlig kunne mindske aflejringerne af sand og samtidig skabe grundlag for en bedre miljøtilstand i åen.

Ved skæring i strømrønde bør man med den nuværende store sedimenttransport være opmærksom på risikoen for uønskede profilindsnævninger.

6. SCENARIO 4B – DYNAMISKE VANDSPEJLSBEREGNINGER VED HJÆLP AF GRØDEMODELLERNE FOR NUVÆRENDE OG ÆNDRET GRØDESKÆRING

Til belysning af effekterne af forskellige former for ændret grødeskæring er der gennemført dynamiske modelberegninger for de forskellige grødemodeller præsenteret ovenstående. I det følgende er det valgt at præsentere sammenlignende beregninger af hhv. de eksisterende forhold og de modellerede forhold ved hjælp af grødemodellen med 3 bundskæringer og 2 brinkskæringer. Disse to grødeskæringspraksisser er valgt til sammenligning, idet de effektmæssigt repræsenterer den størst opnåelige vandstandsfor- skel.

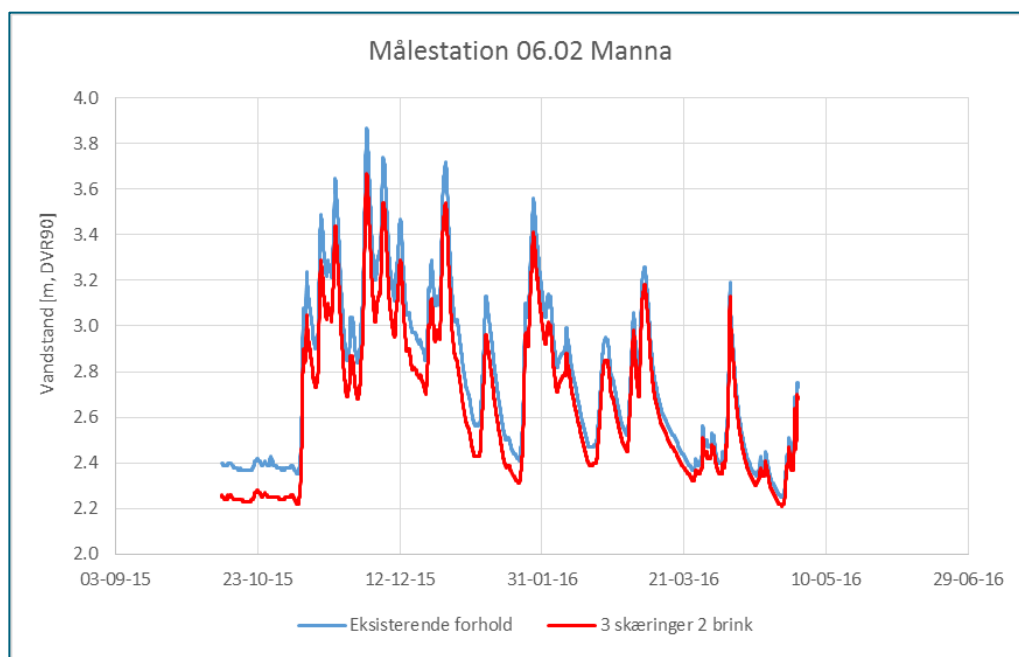
Vandstanden ved eksisterende forhold og den beregnede vandstand ved brug af grødemodellen med 3 bundskæringer og 2 brinkskæringer er sammenlignet i 4 udvalgte stationer, se figur 6.1 – figur 6.4.



Figur 6.1: Sammenligning af den beregnede vandstand ved Jerslev Bro i perioden 10.10.2015 - 30.04.2016 ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved brug af grødemodellen med 3 bundskæringer og 2 brinkskæringer (rød kurve).

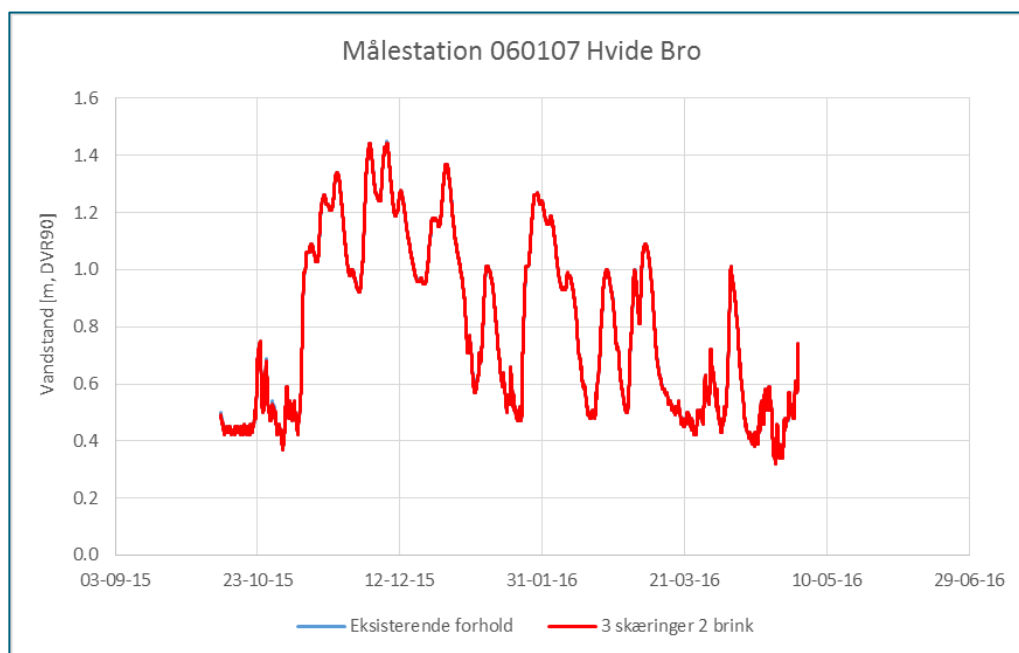
Beregningerne viser, at vandstanden ved Jerslev Bro øges nogle få centimeter, hvis nuværende praksis erstattes af 3 bundskæringer plus skæring af begge brinker om efteråret. Denne forskel forklares af, at data for den nuværende tilstand indbefatter en kantskæring, ved hvilken der også blev foretaget afgravning af aflejringer langs åens bredder. Havde data for nuværende forhold alene indbefattet de tre bundskæringer, ville udvidelse med skæring af brinkerne givetvis have afstedkommet lavere vandstande end de målte i vinterhalvåret.

Ved Manna Bro vil 3 bundskæringer i kombination med skæring af begge brinker om efteråret ifølge beregningerne kunne sænke vandstanden med ca. 20 cm sammenlignet med de nuværende forhold.

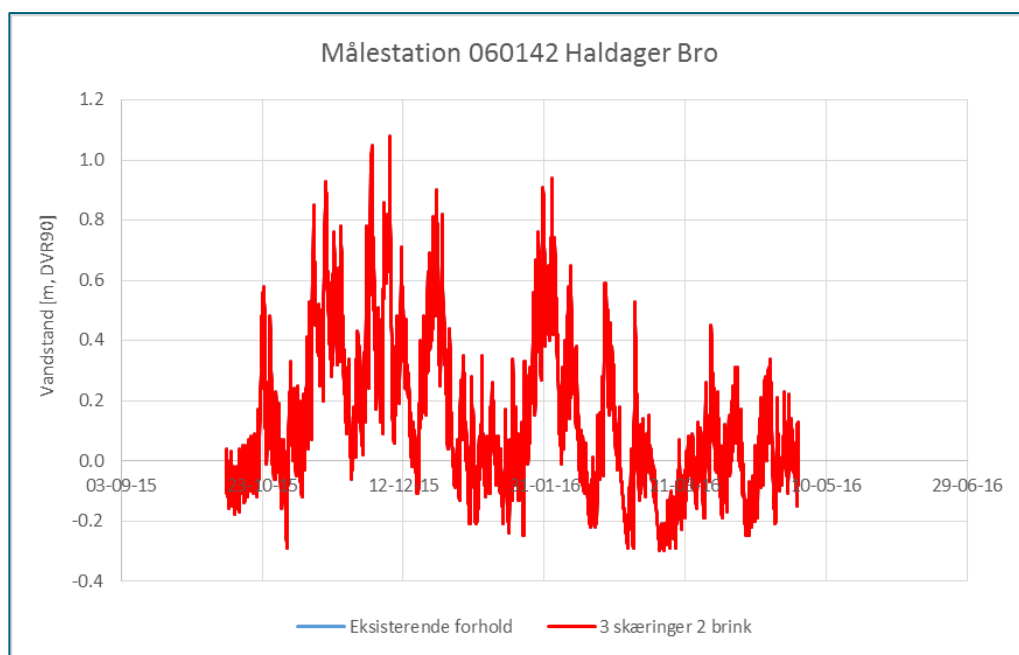


Figur 6.2: Sammenligning af den beregnede vandstand ved Manna Bro i perioden 10.10.2015 - 30.04.2016 ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved brug af grødemodellen med 3 bundskæringer og 2 brinkskæringer (rød kurve).

Ved både Hvide Bro og Haldager Bro beregnes der ingen forskel mellem vandstanden ved de nuværende forhold og ved 3 bundskæringer plus 2 brinkskæringer. Der ses endvidere ikke nogen tidlig forskel i de to beregninger.

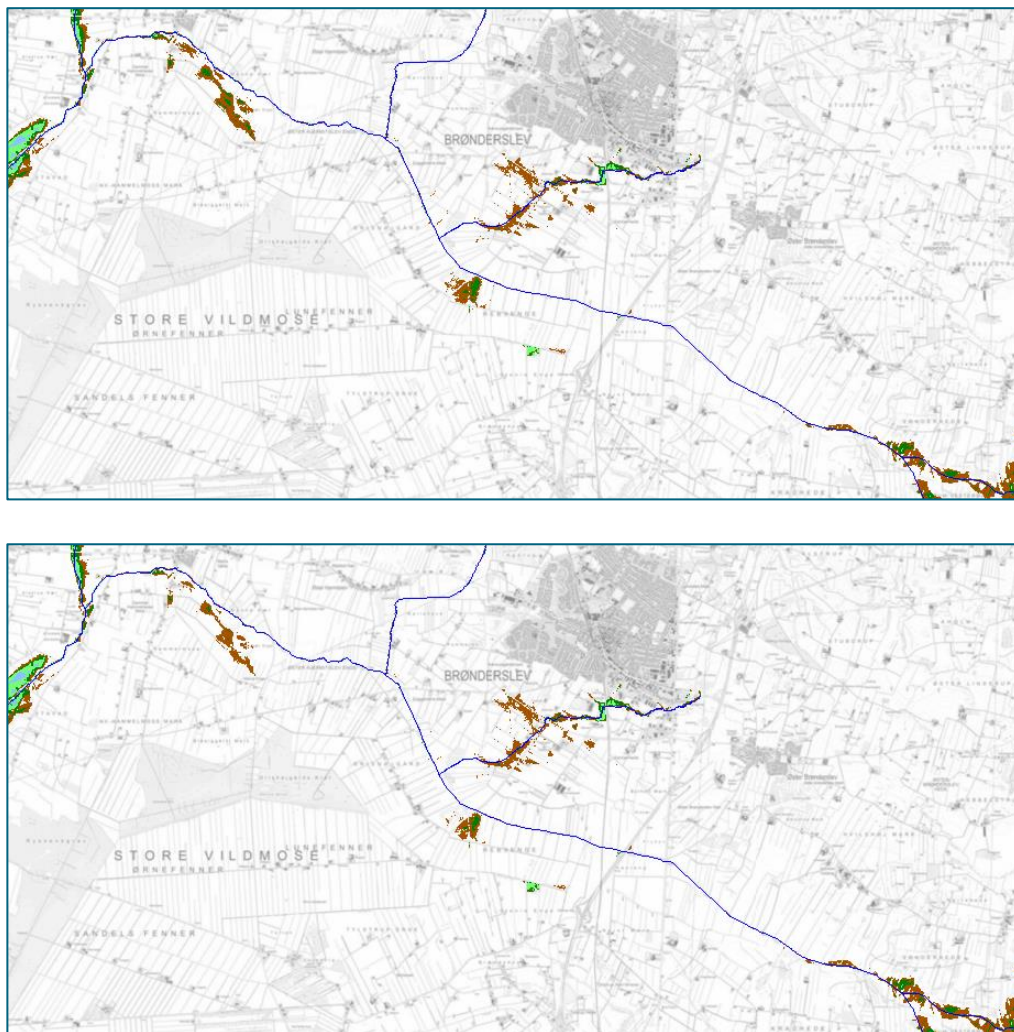


Figur 6.3: Sammenligning af den beregnede vandstand ved Hvide Bro i perioden 10.10.2015 - 30.04.2016 ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved brug af grødemodellen med 3 bundskæringer og 2 brinkskæringer (rød kurve).

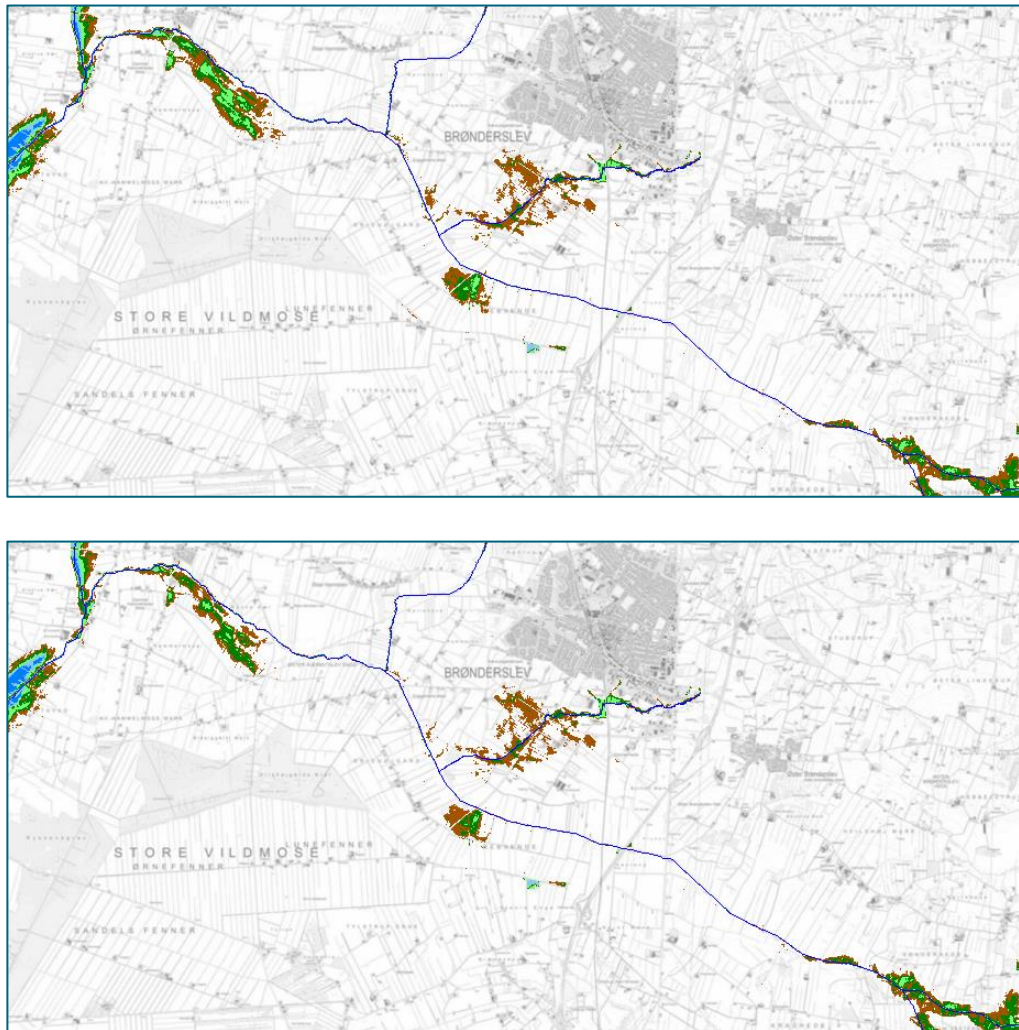


Figur 6.4: Sammenligning af den beregnede vandstand ved Jerslev Bro i perioden 10.10.2015 - 30.04.2016 ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved brug af grødemodellen med 3 bundskæringer og 2 brinkskæringer (rød kurve).

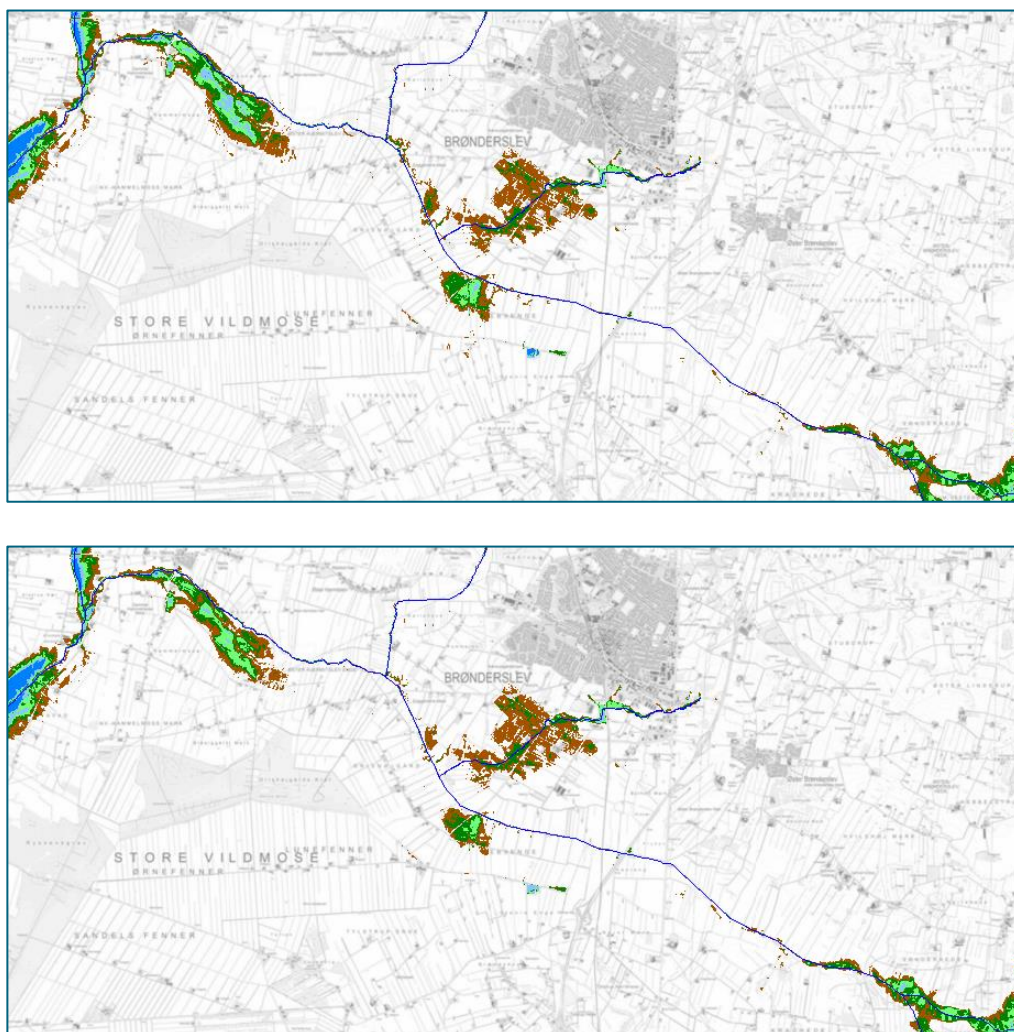
På grundlag af de beregnede vandstande ved nuværende forhold henholdsvis 3 bundskæringer plus skæring af 2 brinker og terrænforholdene i oplandet til Ryå er der udarbejdet afvandingskort. Til belysning af forholdet mellem nuværende forhold og en ændret grødeskæringspraksis er der udarbejdet afvandingskort for 50%-, 75%- og 90%-fraktilen af vandstandene i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016, se figur 6.5 – figur 6.7.



Figur 6.5: Oversigt over afvandingsstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 50%-fraktilen (medianen) af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af 2 brinker (nederst). Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 - 0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.



Figur 6.6: Oversigt over afvandingstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 75%-fraktilen (medianen) af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af 2 brinker (nederst). Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 -0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.



Figur 6.7: Oversigt over afvandingstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 90%-fraktilen (medianen) af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved 3 skæringer af bundgrøden plus skæring af 2 brinker (nederst). Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 -0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.

Tallene bag afvandingskortene viser tydeligere end kortene selv, at skæring af begge brinker om efteråret har en målbar indflydelse på især de høje vandstande, se tabel 6.1, men kun i den del af åen, hvor vandstanden ikke er påvirket af vandstanden i Limfjorden.

Tabel 6.1. Oversigt over beregnede fraktiler af vandstande (m DVR90) på tre stationer i Ryå ved nuværende forhold og ved 3 gange bundskæring plus skæring af begge brinker.

Fraktil af vandstande okt. 2015 – april 2016	Jerslev Bro		Manna Bro		Hvide Bro	
	Nuværende forhold	3x bundskæring + skæring af 2 brinker	Nuværende forhold	3x bundskæring + skæring af 2 brinker	Nuværende forhold	3x bundskæring + skæring af 2 brinker
50 %	7,41	7,40	2,70	2,60	0,74	0,74
75 %	7,56	7,58	3,04	2,90	1,05	1,05
90 %	7,70	7,73	3,29	3,13	1,24	1,24

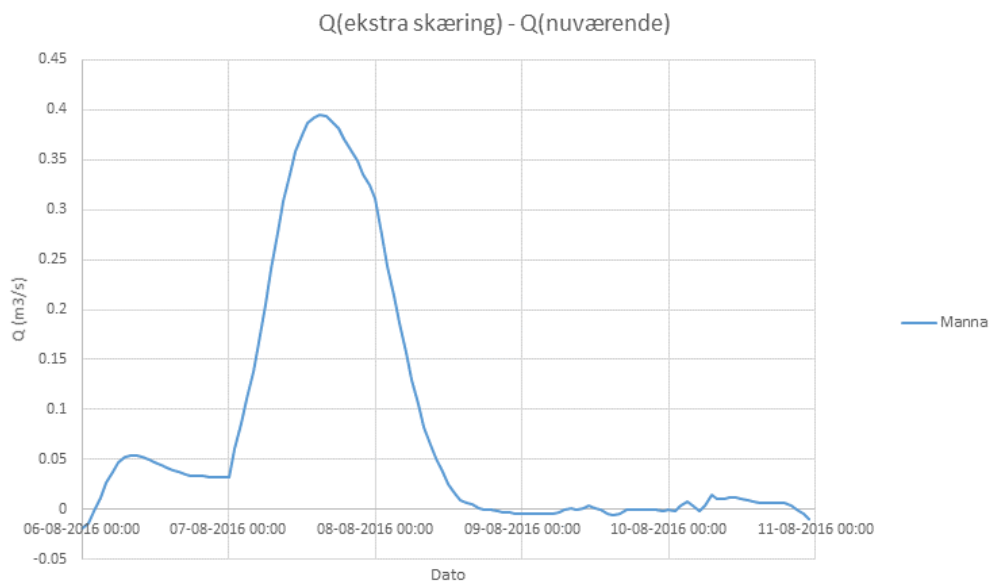
For Jerslev Bro bemærkes det, at de nuværende forhold indbefatter en efterårsskæring af den ene brink tillige med en oprensning af vandløbet, hvilket i forhold til vandførings- evnen er mere virkningsfuld end skæring af begge brinker. Det er forklaringen på, at sidstnævnte ikke har samme store effekt ved Jerslev Bro som ved Manna Bro. Havde der ikke været foretaget oprensning ved Jerslev Bro, ville effekten af her at skære begge brinker formodentlig have været af samme størrelsesorden som ved Manna Bro.

Dette til trods stiger effekten af brinkskæringen på vandstanden med vandstanden. Ved de laveste vandstande har brinkvegetationen ingen eller kun lille indflydelse på vandfø- ringsevnen, mens den ved de store vandstande har den største effekt.

Ved Hvide Bro er skæring af brinkerne uden betydning, fordi vandstanden her er be- stemt af andre forhold.

Det er undersøgt hvorvidt en ændring af den nuværende grødeskæringspraksis med 3 bundskæringer og skæring af den ene brink til også at omfatte den anden brink, giver anledning til forøget vandføring og derved vandstand længere nedstrøms.

Beregninger på de to grødeskæringspraksis viser, at mellem de 7. og 8. august 2016 (hvor grødeskæring blev udført) stiger vandføringen ved Manna med op til 400 l/s inden for et døgn, se figur 6.8. Denne ekstra vandføring giver anledning til en vandspejlsstig- ning ved Hvide Bro på 5 – 6 cm, se figur 6.9. Årsagen til denne forøget vandføring og derved forøget vandstand nedstrøms grødeskæringsstrækningen er, at det opstuede vand, som tilbageholdes af kantbevoksningen, "frigives" når kantvegetationen bortskæ- res. Den ekstra kantvegetation kan således medfører en meget kortvarig vandstands- stigning.



Figur 6.8: Kortvarig (ca. 1 døgn) forøgelse af vandføring ved Manna som følge af en ændret grødeskæringspraksis fra 3 bundskæringer og skæring af én brinksider til 3 bundskæringer og skæring af begge brinker.



Figur 6.8: Kortvarig (ca. 1 døgn) forøgelse af vandstand ved Hvide Bro som følge af en ændret grødeskæringspraksis fra 3 bundskæringer og skæring af én brinksider til 3 bundskæringer og skæring af begge brinker.

7. SCENARIE 5: PROFILUDVIDELSER

Resumé

Profiludvidelser har gennem mange år været en af måderne til at forbedre vandløbenes vandføringsevne.

En ofte benyttet metode har været at udvide vandløbenes bundbredde, det vil sige at gøre vandløbenes profil større, samtidig med at profilformen bevares. Virkningerne af en sådan øgning af bundbredden på vandstandsforholdene i Ryå er undersøgt.

I nyere tid har en anden metode været forsøgt anvendt, nemlig udgravning af et dobbeltprofil, hvor det basale profil bevares uændret, mens profilet over årsmiddelvandspejlet udgraves til en større bredde ved afgravning i den ene eller begge sider af vandløbet. Små og mellemstore vandføringer kan dermed afledes under uændrede forhold, mens store vandføringer kan afledes i et bredere profil ved lavere vandstande. Virkningerne af et sådant dobbeltprofil på vandstandsforholdene er undersøgt ved at foretage en beregningsmæssig udgravning af et dobbeltprofil, hvis dimensioner er tilpasset de mange broer over Ryå.

Beregningerne viser, at en udvidelse af bundbredden har relativt lille effekt på vandstandsforholdene ved både små og store afstrømninger, idet den maksimale vandstandssænkning vil være af størrelsesordenen 15 cm omkring Manna Bro, aftagende til nogle få cm ved Jerslev Bro. I den nedre del har udvidelse af bundbredden ingen effekt har på grund af den lavtliggende bund og tidevandspåvirkningen fra Limfjorden.

Beregningerne viser, at udgravning af et dobbeltprofil i den øvre og mellemste del af åen vil kunne sænke vandstanden ved store vandføringer med maksimalt ca. 20 cm, hvis profilet har samme vegetationsmæssige karakteristisk som i dag, dvs. er bevokset med stivstænglet vegetation og på strækninger tillige med tagrør. Dobbeltprofil kan ikke udgraves i den nedre del af åen, hvor åen ligger højt i forhold til det omgivende terræn.

Virkningerne af både udvidet bundbredde og et dobbeltprofil beror på en løbende vedligeholdelse.

En udvidet bundbredde vil erfaringsmæssigt blive bevokset med kantgrøde, hvori der kan ske aflejring af sand mv. Både kantgrøden og aflejringerne vil mindske effekterne af den større bundbredde på vandføringsevnen, og denne kan i værste fald gå helt tabt i løbet af kort tid, hvis et vandløb har lille sommervandføring og stor sedimenttransport.

Også dobbeltprofilets virkning på vandføringsevnen kræver en løbende vedligeholdelse for at undgå, at den forbedrede vandføringsevne går helt eller delvis tabt. Banketterne vil erfaringsmæssigt gro til med de planter, der findes ved vandløbet, det vil i Ryå's tilfælde især sige Rørgræs og Tagrør. Sker det, vil den opnåede forbedring af vandføringsevnen hurtigt gå tabt. Det betyder, at hvis man skal opnå det fulde udbytte af et dobbeltprofil, så skal det vedligeholdes, eksempelvis ved afslåning og bortskaffelse af al højt voksende og stivstænglet vegetation om efteråret, inden de store vandføringer forekommer. Dertil kommer, at stor sedimenttransport i vandløbet kan bevirke aflejringer på banketterne. Sådanne aflejringer betyder alt andet lige en mindskelse af profilets gennemstrømningsareal, og derigennem en mindskelse af vandføringsevnen.

Til belysning af profildimensionernes betydning for vandføringsevnen er der foretaget beregninger af vandføringsevnen i følgende to scenarier:

- En generel udvidelse af bundbredden i det eksisterende profil ved fjernelse af banketter
- Etablering af dobbeltprofil på den øvre del af projektstrækningen

Resultaterne er sammenholdt med vandføringsevnen i det nuværende profil med det formål at vise, hvor store sænkninger af vandstanden i åen, der kan opnås gennem profiludvidelser.

7.1. Udvidelse af bundbredden

Ved udvidelse af bundbredden med henblik på bedre vandføringsevne vil det eksisterende profil blive udvidet på dele af eller på hele strækningen. En udvidelse kan bestå i en udvidelse af den regulativmæssige bundbredde ned igennem vandløbet, det vil sige en afgravning af den ene eller begge brinker, hvilket vil medføre en forøgelse af vandløbets afsatsbredde. En udvidelse af bundbredden kan også bestå i en afgravning af eksisterende banketter/aflejringer i den vandfyldte del af vandløbsprofilet, således at de eksisterende brinker ikke røres, og afsatsbredden på vandløbet forbliver uændret.

Det er vigtigt, at vandløbsbunden ikke udvides på strækninger, hvor vandløbet stuver, medmindre der gøres noget ved det der får vandløbet til at stuve, da en udvidelse ellers ikke vil have nogle effekt. Afgravningen af vandløbsprofilet kan gennemføres ensidigt eller dobbeltsidigt afhængig af terræn- og pladsforholdene. Dog skal de eksisterende brinker røres så lidt som muligt, da de ved eksisterende forhold ofte er dækket med græs og andre planter, der kan holde på jorden og derigennem mindske erosionen. Ved afgravning af brinkerne blotlægges disse, hvilket kan føre til erosion, især ved store afstrømninger.

En udvidelse af vandløbsprofilet vil, hvis der ikke er opstuvninger, medføre en forbedring af vandføringsevnen, og derigennem resultere i lavere vandstande, til gunst for afvandingstilstanden. Det bredere profil vil dog også medføre en lavere vanddybde og mindre vandhastighed ved små og mellemstore vandføringer.

7.1.1 Beskrivelse af principperne og vilkårene for (regneteknisk) udvidelse af bundbredden

Med baggrund i udsagnet om, at Ryå's skikkelse (profil) er blevet smallere i forhold til tidligere, og vandføringsevnen derfor er blevet forringet, er der regneteknisk foretaget fjernelse af alle synlige indsnævringer nede i vandløbsprofilet i hele Ryå, se figur 6.2.

Et bredere profil hele vejen ned igennem Ryå vil, hvis der ikke forekommer stuvninger, medføre en forbedring af vandføringsevnen til gunst for afvandingstilstanden på de vandløbsnærearealer.

En sådan beregningsbaseret analyse af effekterne af en profiludvidelse vil give en god indikation af, hvor store forbedringer af vandføringsevnen/sænkninger af vandstanden, der kan forventes, og ved at sammenholde de forventede forbedringer med de omkostninger, der i virkeligheden vil være forbundet med at gennemføre en profiludvidelse, kan kosteffektiviteten ved et sådan indgreb beregnes.

En faktor, der skal tages hensyn til ved en profiludvidelse, er risikoen for okkerudvaskning, og idet dele af arealerne omkring Ryå er udpeget som okkerpotentielle områder, skal okkerproblematikken tages i betragtning. Er der en reel risiko for okkerudvaskning, bør middelvandstanden på strækninger med risiko for okkerudvaskning ikke sænkes, da dette kan føre til jern- og okkerudvaskning.

Såfremt man vælger at foretage en udvidelse af vandløbsprofillet i Ryå, er der en anden væsentlige ulempe, som bør tages i betragtning, nemlig en forøgelse af udgifterne til vandløbsvedligeholdelsen. Idet en udvidelse af bundbredden vil medføre mindre vandhastigheder, vil der naturligt aflejres materialer igen på bunden og langs bredderne. Såfremt den øgede vandføringsevne skal bevares, vil det med Ryå's betydelige sandtransport med stor sandsynlighed være nødvendigt at gennemføre en eller flere årlige oprensninger af aflejret materiale.

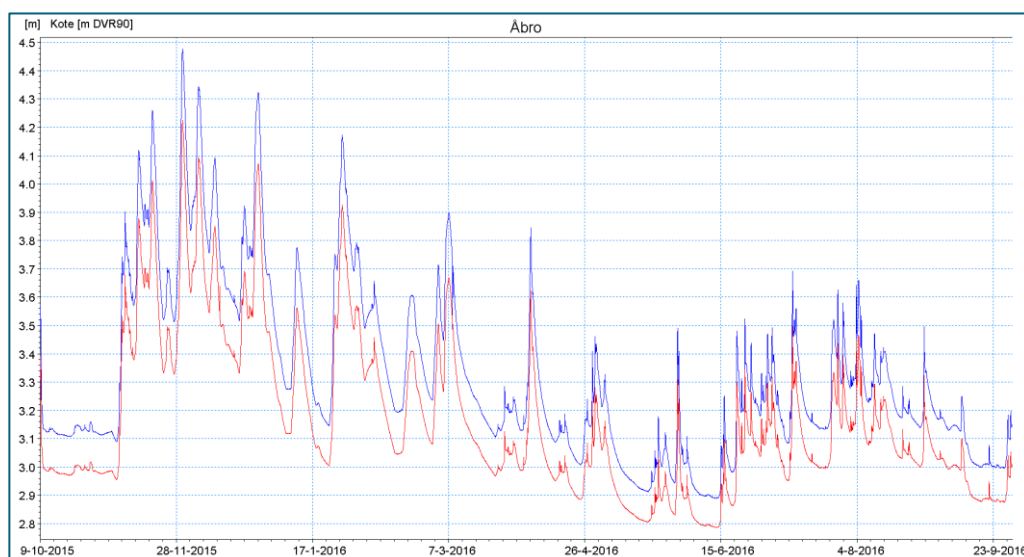
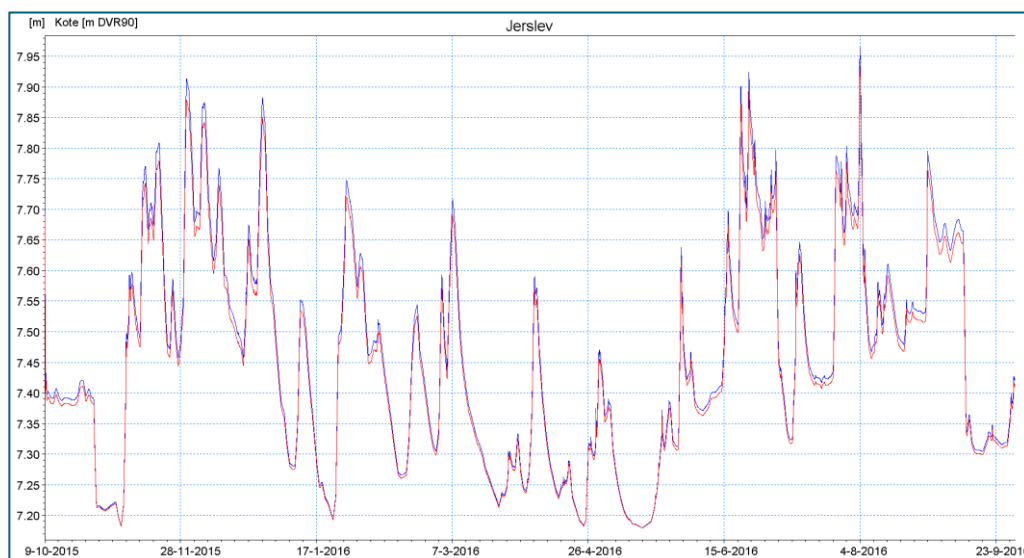
Udvidelse af bundbredden ud over de regulativmæssige bestemmelser og dimensioner kræver gennemførelse af en reguleringssag i henhold til Vandløbsloven og dispensation i henhold til Naturbeskyttelseslovens §3.

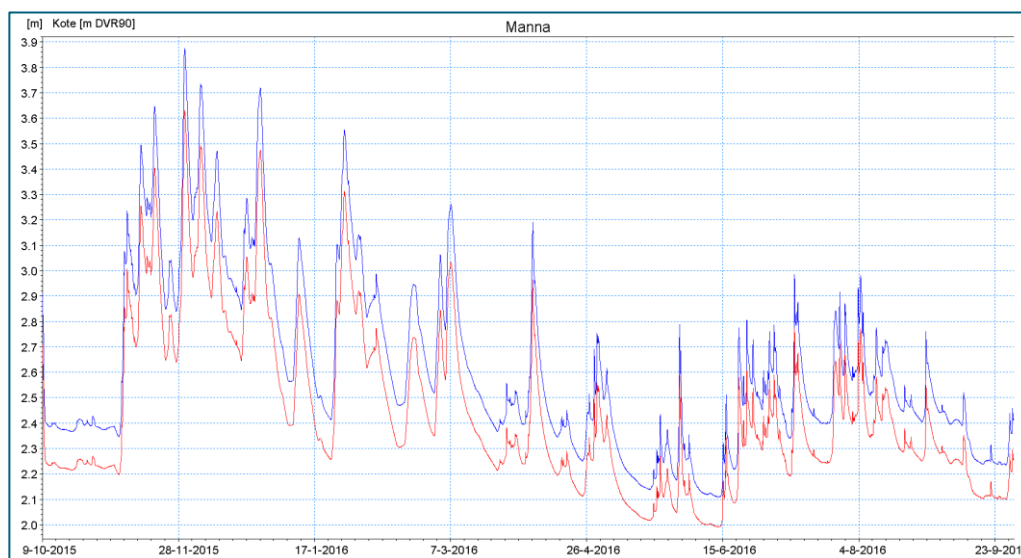
De afvandingsmæssige konsekvenser ved udvidelse af bundbredden i Ryå er beskrevet i det følgende afsnit.

7.1.2 Afvandingsmæssige konsekvenser ved udvidelse af bundbredden

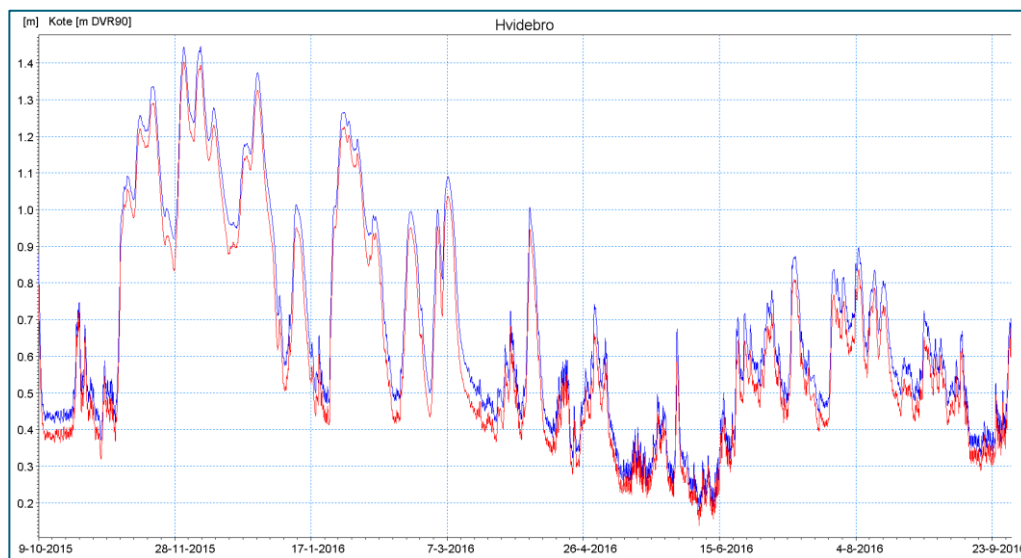
I dette afsnit beskrives de vandstandsmæssige konsekvenser af en udvidelse af bundbredden ned gennem Ryå.

De beregnede vandspejl på en række stationer ned igennem Ryå er vist på figur 7.2 – figur 7.7.

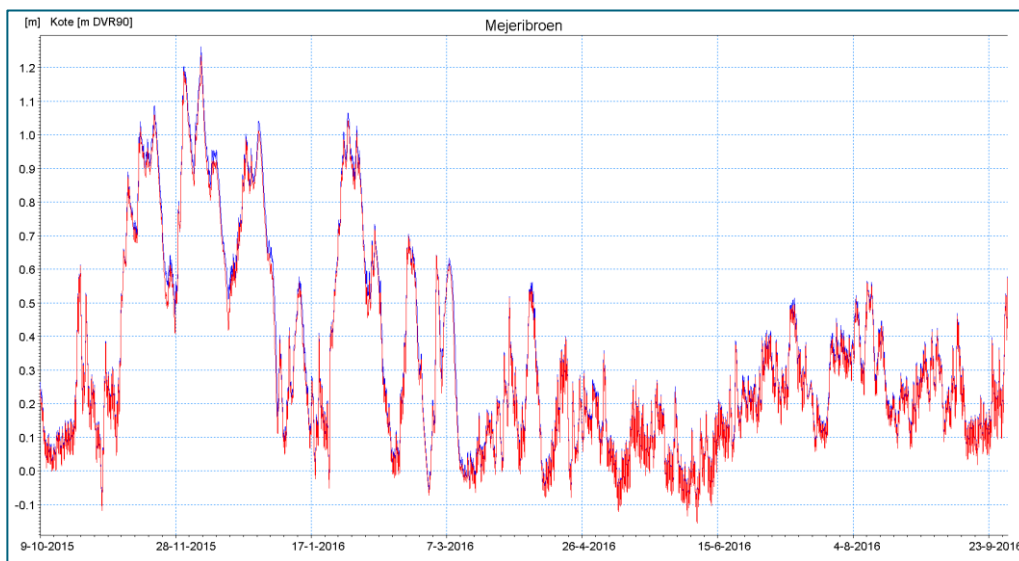




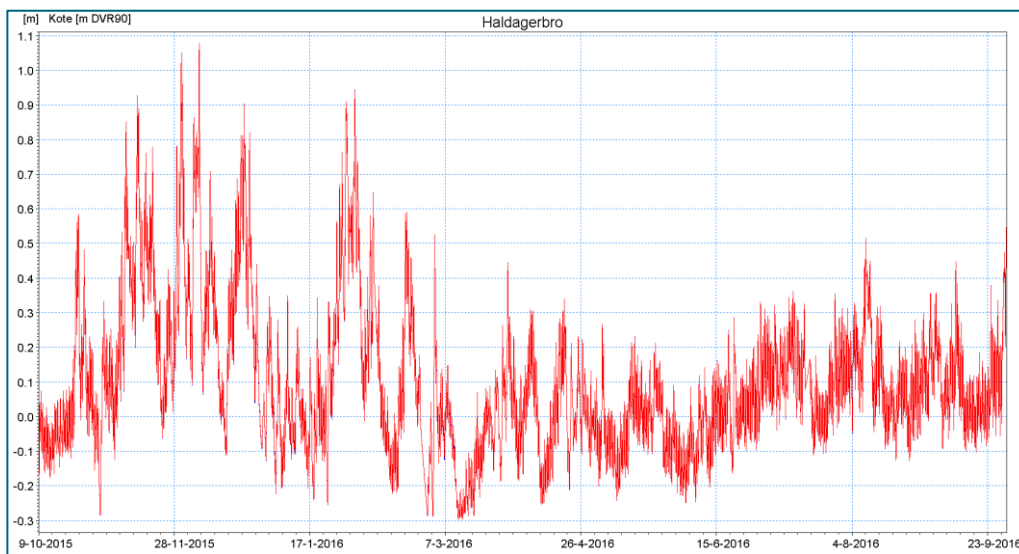
Figur 7.4: Vandstanden ved Manna Bro, st. 30.363 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved udvidet bundbredde (rød kurve).



Figur 7.5: Vandstanden ved Hvide Bro, st. 20.494 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved udvidet bundbredde (rød kurve).



Figur 7.6: Vandstanden ved Mejeribroen, st. 11.721 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved udvidet bundbredde (rød kurve).



Figur 7.7: Vandstanden ved Haldager Bro, st. 1.024 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved udvidet bundbredde (rød kurve). Bemærk: vandstandene er ens, hvorfor den blå kurve er skjult bag den røde kurve.

Ved Jerslev Bro viser beregningerne, at en udvidelse af bundbredden vil kunne give en vandstandssænkning på mindre end 5 cm.

Ved Manna Bro og Åbro viser beregningerne, at en udvidelse af bundbredden vil kunne give en vandstandssænkning i størrelsesordenen 20 cm.

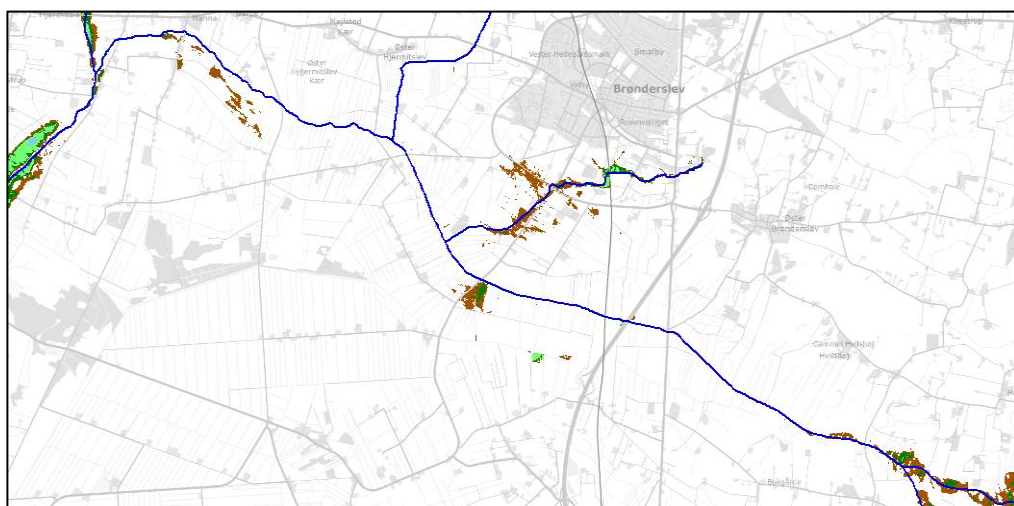
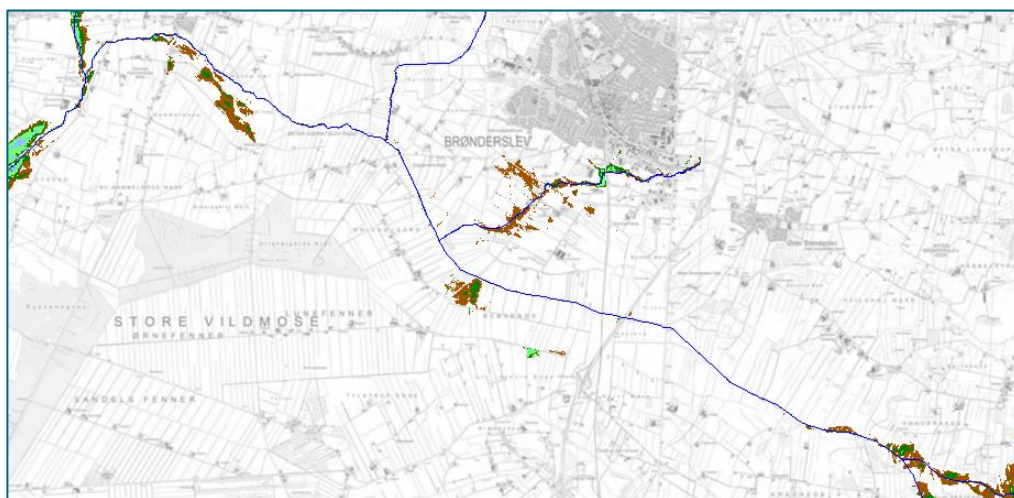
Ved Mejeribroen og Hvide Bro viser beregningerne, at en udvidelse af bundbredden vil kunne give en vandstandssænkning på mindre end 10 cm.

Ved Haldager Bro viser beregningerne, at en udvidelse af bundbredden ikke har nogen effekt på vandstanden, idet denne primært er styret af tidevandet i Limfjorden.

De beregnede vandstandssænkninger er gældende ved både små og store afstrømninger.

Beregningerne viser samlet set, at en udvidelse af bundbredden i hovedparten af Ryå vil kunne sænke vandstanden med maksimum ca. 20 cm, og det tilmed kun på en del af strækningen, idet bunden i den nedre del af åen ligger under kote 0 og er tidevandspåvirket, mens vandstanden i den øvre del af åen i mindre grad er påvirket gennem en øgning af bundbredden.

På grundlag af de beregnede vandstande ved nuværende forhold, de beregnede vandstande ved en udvidet bundbredde og terrænforholdene i oplandet til Ryå er der udarbejdet afvandingskort. Til belysning af forholdet mellem nuværende forhold og udvidet bundbredde er der udarbejdet afvandingskort for 50%-, 75%- og 90%-fraktilen af vandstandene i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016, se Figur 7.8- Figur 7.10.



Figur 7.8: Oversigt over afvandingstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 50%-fraktilen (medianen) af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved udvidelse af bundbredden (nederst).



Figur 7.9: Oversigt over afvandingstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 75%-fraktilen af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved udvidelse af bundbredden (nederst).



Figur 7.10: Oversigt over afvandingsstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 90%-fraktilen af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved udvidelse af bundbredden (nederst).

Tallene bag afvandingskortene viser tydeligere end kortene selv, at udvidelsen af bundbredden har en målbar indflydelse på især de høje vandstande, se tabel 7.1.

Tabel 7.1 Oversigt over beregnede fraktiler af vandstande (m DVR90) på tre stationer i Ryå ved nuværende forhold og ved udvidelse af bundbredden ved fjernelse af nuværende sandaflejringer.

Fraktil af vandstande okt. 2015 – april 2016	Jerslev Bro		Manna Bro		Hvide Bro	
	Nuværende forhold	Udvidet bundbredde	Nuværende forhold	Udvidet bundbredde	Nuværende forhold	Udvidet bundbredde
50 %	7,41	7,40	2,70	2,51	0,74	0,66
75 %	7,56	7,54	3,04	2,83	1,05	1,00
90 %	7,70	7,67	3,29	3,06	1,24	1,20

Øverst i vandløbet (Jerslev Bro) ses den mindste effekt af udvidelsen af bunden, hvilket skyldes, at der ikke er mange sandaflejringer på den øverste del, hvor faldet på vandløbet er størst. Dette betyder, at bunden ikke udvides væsentligt her, hvilket er forklaringen på, at der ikke ses samme store effekt ved Jerslev Bro som ved Manna Bro.

Midt på vandløbet (Manna Bro) begynder vandløbet at flade mere ud, hvorfor vandløbet bliver mere påvirket ved sandaflejringer. Der kan på denne strækning renses en del op, hvilket også ses ud af effekten på vandstanden.

På den nederste strækning af Ry Å (Hvide Bro) er vandløbet stort set uden fald, hvorfor der ses en del sandaflejringer. Dog er det primært vandstanden i Limfjorden der er bestemmende for vandstanden på denne strækning, hvorfor der ikke ses samme store effekt ved Hvide Bro som ved Manna Bro.

7.1.3 Natur- og miljømæssige effekter ved udvidelse af bundbredden

Udvidelse af bundbredden i et vandløb vil almindeligvis indebære en betydende påvirkning af den økologiske tilstand, idet bredzonen på en række punkter er af stor betydning for vandløbets biologiske indhold. Ikke mindst i et vandløb som Ryå, hvor størstedelen af bunden er genstand for flere gange grødeskæring hver sommer.

I anlægsfasen vil en udvidelse af bundbredden i Ryå på lange strækninger betyde bortgravning af aflejret sediment tillige med den kantvegetation, der erfaringsmæssigt er af stor betydning for mange smådyr og ikke mindst for små fisk. Dertil kommer, at bredzonen i Ryå er det sted, hvor grøden er mindst påvirket af grødeskæringen.

Hvis aflejringer hurtigt afføder et behov for opfølgende oprensninger, vil udvidelsen af bundbredden som virkemiddel til forbedring af vandføringsevnen være et virkemiddel med potentielt stor negativ indflydelse på det biologiske indhold og den økologiske tilstand i vandløbet, ikke mindst når vandløbet, som i Ryå, er præget af relativt dårlig fysiske vandløbskvalitet på lange strækninger.

Udvidelse af bundbredden og hyppige oprensninger til opretholdelse af den tilsigtede bundbredde vurderes i Ryå at kunne føre til forringelser af den økologiske tilstand for alle tre biologiske kvalitetselementer – planter, smådyr og fisk.

7.2. Etablering af dobbeltprofiler

Etablering af dobbeltprofiler i vandløb kan være en brugbar foranstaltning til forbedring af vandføringsevnen ved store vandføringer for derigennem at mindske risikoen for oversvømmelse af vandløbsnære arealer. I princippet udgøres et dobbeltprofil af et bredt øvre profil samt et smallere nedre profil. Ved minimums- og middelvandføringer afledes vandet således gennem det nedre profil, mens det øvre profil kommer i brug ved store vandføringer.

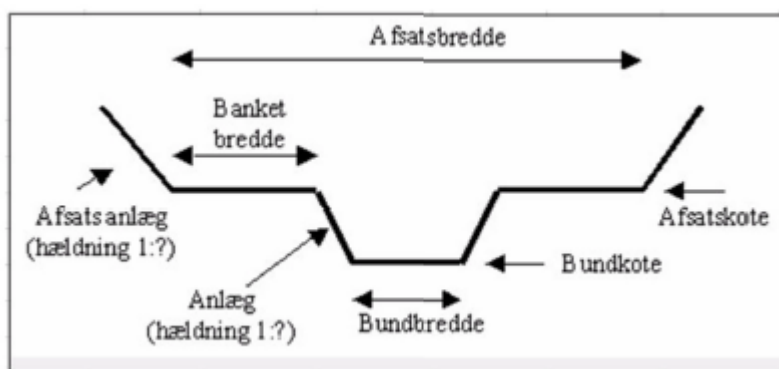
I forhold til et enkeltprofilet vil et dobbeltprofilet vandløb kunne aflede store vandføringer ved lavere vandstande, til gunst for afvandingstilstanden, samtidig med at det smallere nedre profil sikrer en større vanddybde og større vandhastighed ved små og mellemstore vandføringer, til gunst for vandløbsmiljøet.

7.2.1 Beskrivelse af principperne i og vilkårene for etablering af dobbeltprofil i vandløb

Ved etablering af dobbeltprofil med henblik på at sænke maksimumsvandstanden ved store vandføringer vil det nedre profil almindeligvis bestå af det eksisterende vandløbsprofil, mens det øvre profil etableres ved udvidelse af profilbredden, typisk lidt over vandstandsniveauet ved sommermiddelvandføring. Afgravningen kan gennemføres ensidigt eller dobbeltsidigt afhængig af terræn- og pladsforholdene.

Dobbeltprofilet ændrer dermed ikke på afvandingsdybden, men giver udelukkende en bedre beskyttelse mod oversvømmelser ved store vandføringer.

Et eksempel på et dobbeltprofil med vandrette banketter er vist på figur 7.11. Normalt etableres banketterne dog med en vis hældning, således at vandet nemmere kan løbe fra banketterne ved faldende vandføring.



Figur 7.11: Principskitse for dobbeltprofil med vandrette banketter.

Det vil almindeligvis være muligt at etablere dobbeltprofil på vandløb næsten uafhængigt af, hvilken jordtype der findes i området. Særlige jordbundsforhold, som for eksempel forekomst af flydesand eller silt, kan dog resultere i så ustabile forhold, at etablering af dobbeltprofil lokalt eller på længere strækninger umuliggøres. I tabel 6.1. er vist jordbundstyperne ved Ryå.

Tabel 7.2. Oversigt over jordbundstyperne omkring Ryå. Kilde: Miljøportalen.

Fra station	Til station	Jordbundstype
53.457	35.500	Humusjord
35.500	24.000	Finsandet jord
24.000	22.000	Humusjord
22.000	20.500	Lerblandet sandjord
20.500	17.700	Humusjord/sandblandet lerjord
17.700	13.700	Lerjord
13.700	12.500	Lerblandet sandjord
12.500	0	Finsandet jord

Bortset fra strækningen med finsandet jord tyder jordbundskortlægningen ikke på forekomster af ustabile jordbundsforhold ved Ryå, og der vil med stor sandsynlighed heller ikke være problemer på strækningen med finsandet jord.

En anden faktor, der kan have betydning for anvendelsen og udformningen af dobbeltprofilen, er risikoen for okkerudvaskningen. Da dele af arealerne omkring Ryå er udpeget som okkerpotentielle områder, skal okkerproblematikken afklares ved gravning i okkerpotentiell jord, men ved Ryå er det vurderingen, at sandsynligheden for at finde kritiske pyritmængder i det afgravede materiale er lille, da hovedparten af pyritindholdet må formodes at være blevet oxideret i forbindelse med mange års dræning. I tilfælde af pyritmængder over gældende grænseværdier skal jordmængden behandles forsvarligt og må ikke uden videre udsprede på arealerne langs vandløbet. Endvidere bør midelvandstanden på strækninger med risiko for okkerudvaskning ikke sænkes, da dette kan føre til jern- og okkerudvaskning.

Dimensioneringen af et dobbeltprofil indebærer altid en afvejning af afvandingsinteresser, miljøinteresser og økonomi, herunder den nødvendige efterfølgende vedligeholdelse.

Den bedste afvandingsmæssige effekt fås, hvis banketbredden er stor og banketterne ligger dybt. Det bedste miljø fås, hvis banketterne ligger højt. Det anlægs- og vedligeholdelsesmæssigt økonomisk mest fordelagtige er selvsagt at gøre så lidt som muligt.

Det er valgt at regne med et dobbeltprofil på en strækning af Ryå fra st. 44.119 (Jerslev Bro) til omkring st. 22.000 m, idet Ryå herfra gennemstrømmer arealer med lavtliggende terræn, hvori det er vanskeligt eller umuligt at lave et dobbeltprofil.

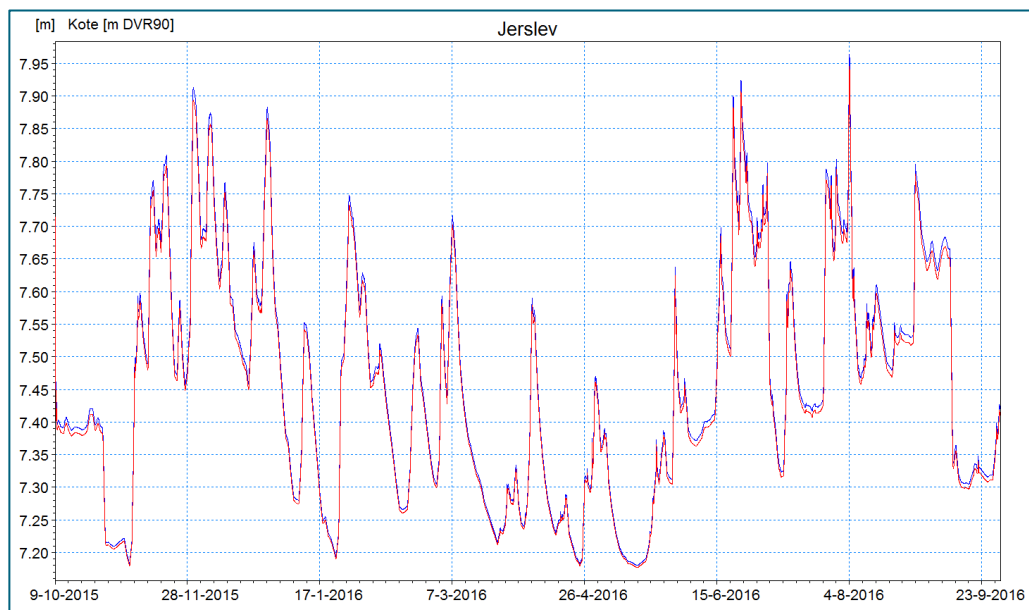
Ved dimensioneringen af dobbeltprofilen i Ryå er der taget udgangspunkt i de nuværende profiler. Afsatskoten er bestemt ud fra sommermedianmaksimumsvandstanden. Banketbredden svarer til den gennemsnitlige bundbredde på ovennævnte strækning, dvs. 6 m, og afsatsanlægget er 1:1.

Udgravning af et dobbeltprofil kræver gennemførelse af en reguleringssag i henhold til Vandløbsloven og dispensation i henhold til Naturbeskyttelseslovens §3.

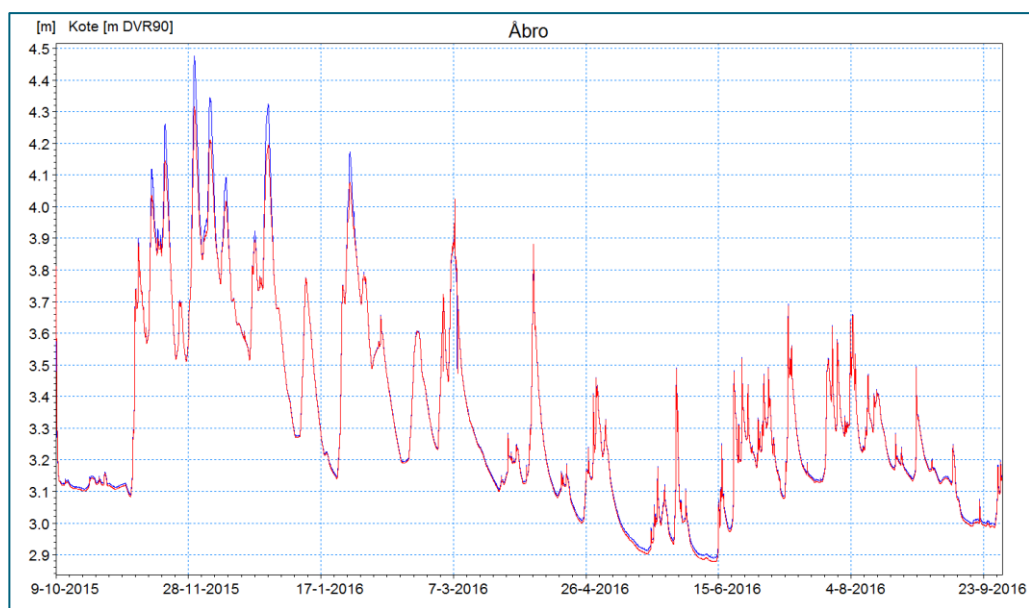
De afvandingsmæssige effekter af dobbeltprofil på den nævnte ca. 22 km lange strækning er beskrevet i det følgende.

7.2.2 Afvandingsmæssige konsekvenser ved dobbeltprofil

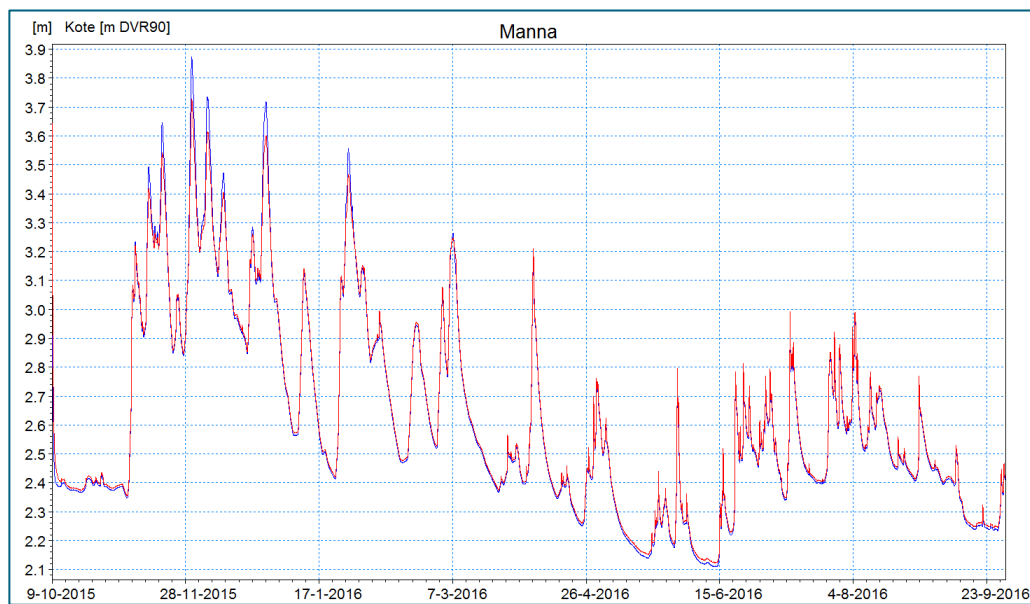
De beregnede vandspejl på en række stationer ned igennem Ryå er vist på figur 7.12 – figur 7.17.



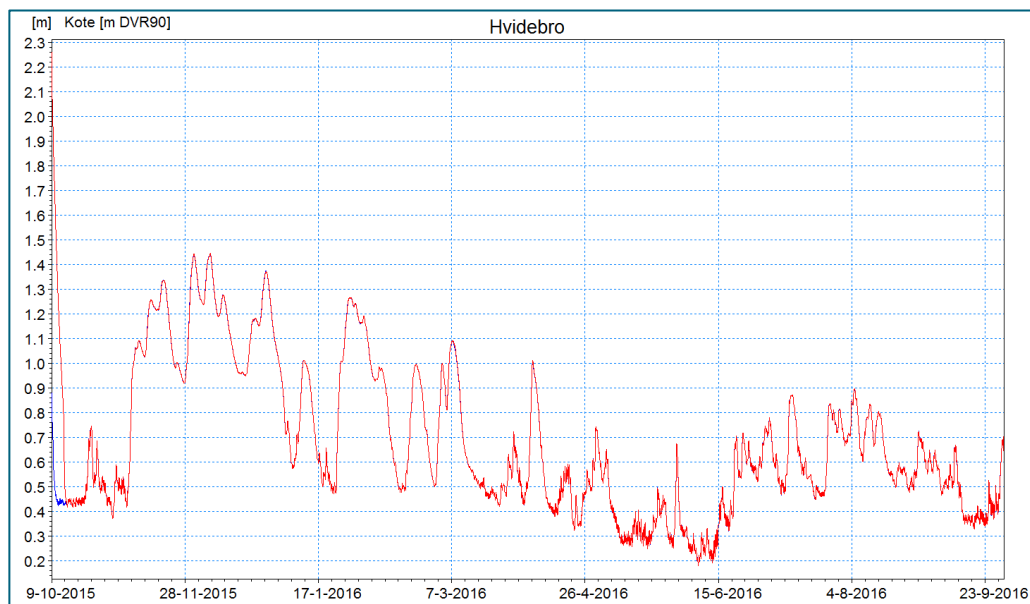
Figur 7.12: Vandstanden ved Jerslev Bro, st. 44.119 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved dobbeltprofil (rød kurve).



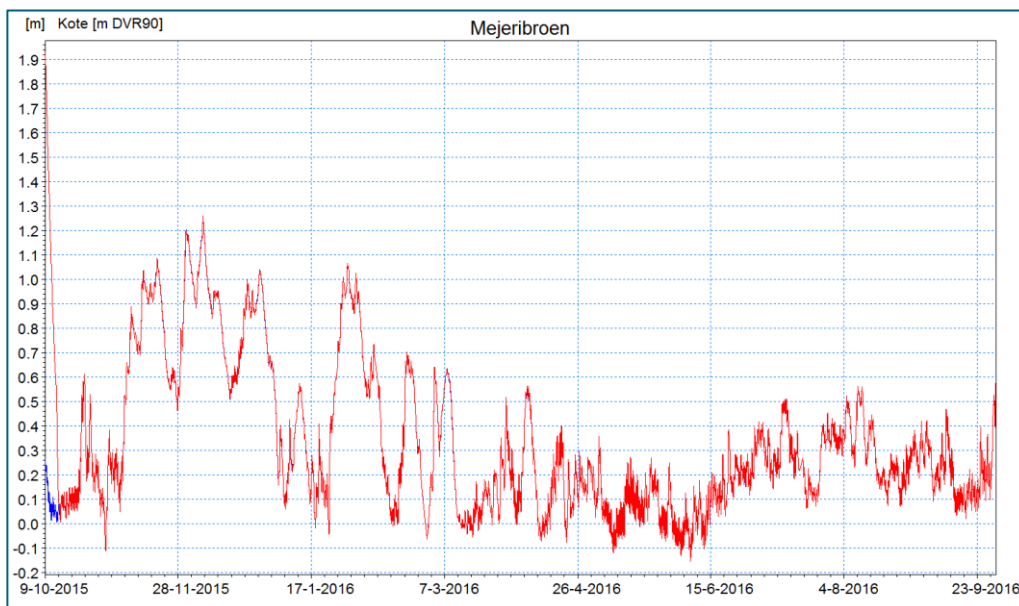
Figur 7.13: Vandstanden ved Åbro, st. 32.407m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved dobbeltprofil (rød kurve).



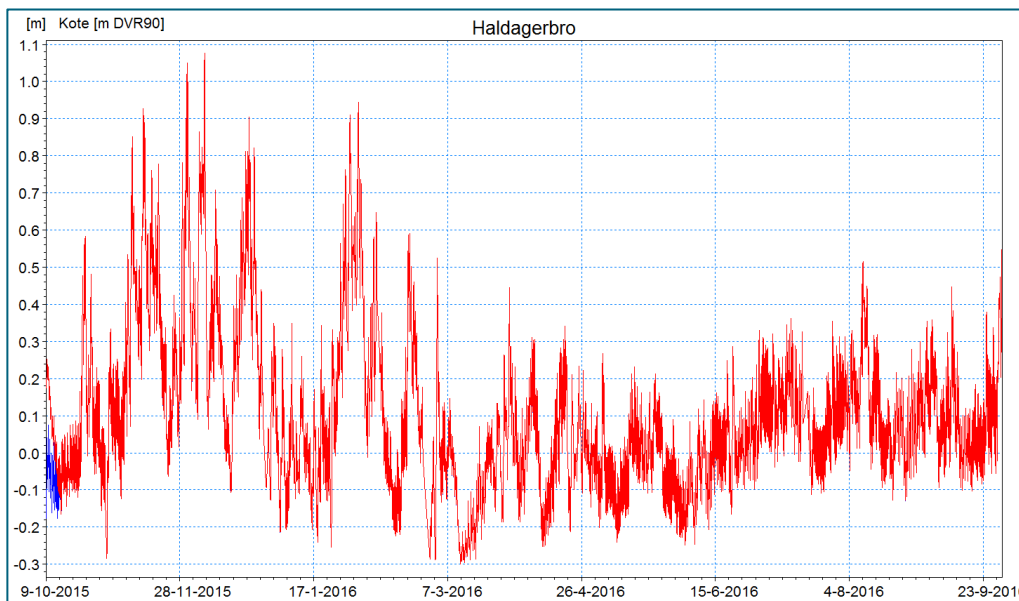
Figur 7.14: Vandstanden ved Manna, st. 30.363 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved dobbeltprofil (rød kurve).



Figur 7.15: Vandstanden ved Hvidebro, st. 20.494 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved dobbeltprofil (rød kurve).



Figur 7.16: Vandstanden ved Mejeribroen, st. 11.721 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved dobbeltprofil (rød kurve).



Figur 7.17: Vandstanden ved Haldagerbro, st. 1.024 m ved eksisterende forhold (blå kurve) og ved dobbeltprofil (rød kurve).

Beregningerne viser, at ved Jerslev Bro kan udgravning af et dobbeltprofil bevirke en mindskelse af de højeste vandstande med nogle få centimeter.

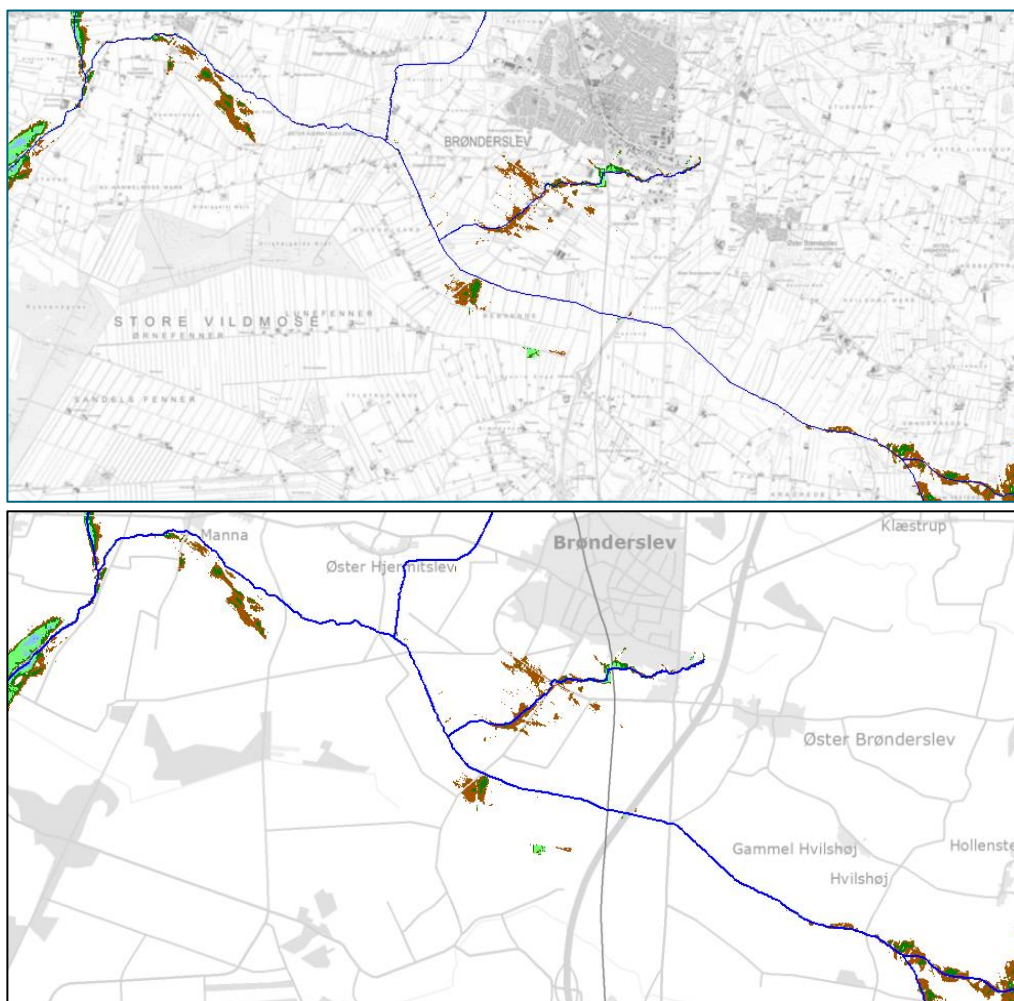
Ved Åbro har dobbeltprofilen en effekt ved vandstande over kote 3,7 m DVR90, og jo højere vandstand, desto større effekt. På data i beregningsperioden giver dobbeltprofilen en vandstandssænkning ved Åbro på op mod 20 cm ved den højeste vandstand.

Samme tendens ses ved Manna Bro, men indtræder effekten af dobbeltprofilet allerede ved kote 3,1 m DVR90. Ligesom ved Åbro ses den største effekt på op mod 20 cm ved den højeste vandstand i beregningsperioden.

Ved Hvide Bro, Mejeribroen og Haldager Bro viser beregningerne ingen effekt af dobbeltprofilet, hvilket primært skyldes, at der ikke er lavet dobbeltprofiler nedstrøms for st. 22.000 m, og sekundært at vandet fra de opstrøms dele af åsystemet ikke afledes markant hurtigere til de nedstrøms dele som følge af dobbeltprofilet.

Beregningerne viser samlet set, at etablering af dobbeltprofiler på strækningen fra Jerslev Bo til st. 22.000 m vil kunne mindske de højeste vandstande med maksimum ca. 20 cm, beregnet på grundlag af data fra perioden 10.10.2015 – 30.04.2016. Det kan ikke afvises, at effekten af dobbeltprofilet vil kunne være større ved endnu større afstrømninger, end dem der fandt sted i beregningsperioden.

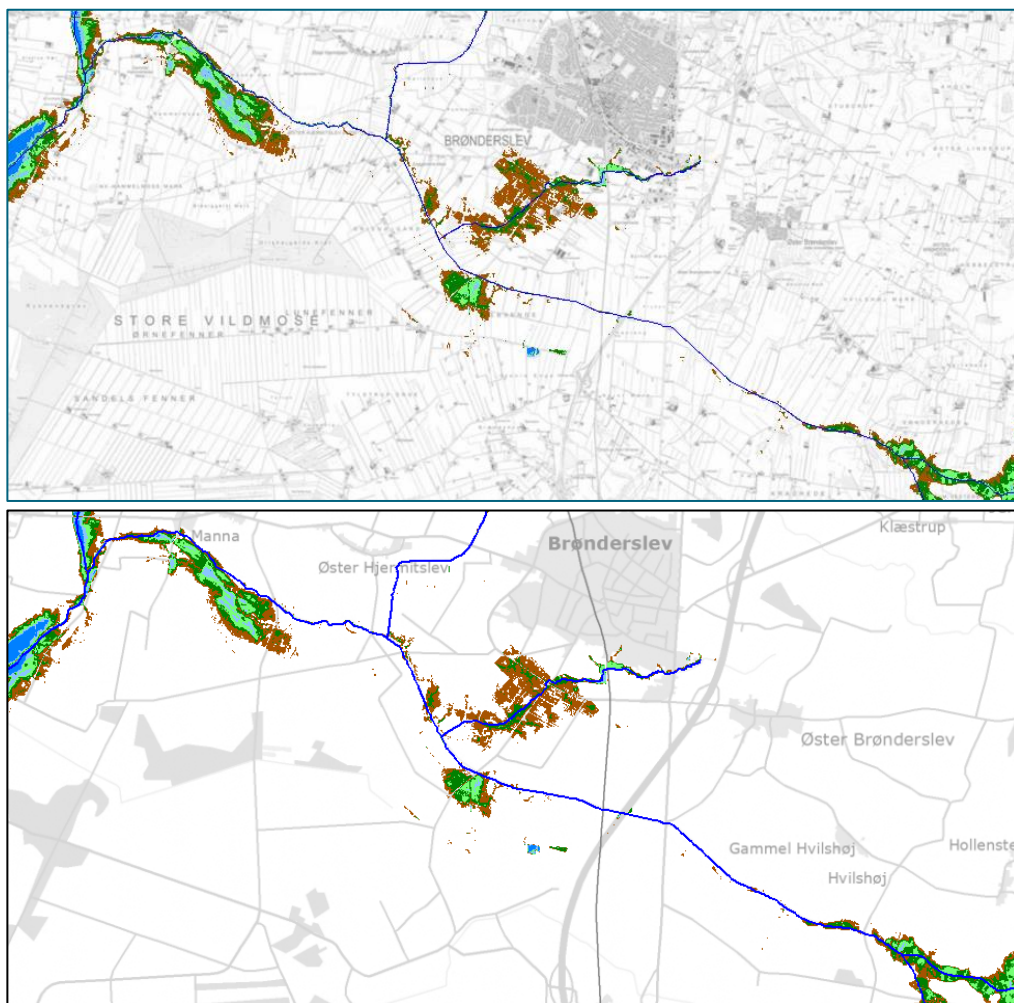
På grundlag af de beregnede vandstande ved nuværende forhold og ved udgravning af dobbeltprofil er der udarbejdet afvandingskort. Til belysning af forholdet mellem nuværende forhold og forholdene med dobbeltprofil er der udarbejdet afvandingskort for 50%, 75%- og 90%-fraktilen af vandstandene i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016, se figur 7.18 - Figur 7.3 7.20.



Figur 7.18: Oversigt over afvandingstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 50%-fraktilen (medianen) af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved etablering af dobbeltprofil på en del af strækningen (nederst). Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 -0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.



Figur 7.2: Oversigt over afvandingsstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 75%-fraktilen af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved etablering af dobbeltprofil på en del af strækningen (nederst). Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 -0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.



Figur 7.3: Oversigt over afvandingsstilstanden omkring Ryå ved en vandstand i Ryå svarende til 90%-fraktilen af vandstande i perioden 10.10.2015 – 30.04.2016 ved nuværende forhold (øverst) og ved etablering af dobbeltprofil på en del af strækningen (nederst). Mørk blå farve angiver områder med vand på terræn, lys blå farve angiver sump med en afvandingsdybde på 0-0,25 m, lys grøn farve angiver våd eng med en afvandingsdybde på 0,25 -0,50 m, mørk grøn farve angiver fugtig eng med en afvandingsdybde på 0,50 -0,75 m, brun farve angiver tør eng med en afvandingsdybde på 0,75-1,00 m.

Tallene bag afvandingskortene viser tydeligere end kortene selv effekten af dobbeltprofilet på vandstanden, se tabel 7.3.

Tabel 7.3 Oversigt over beregnede fraktiler af vandstande (m DVR90) på tre stationer i Ryå ved nuværende forhold og ved etablering af dobbeltprofil på en delstrækning i Ryå.

Fraktil af vandstande okt. 2015 – april 2016	Jerslev Bro		Manna Bro		Hvide Bro	
	Nuværende forhold	Dobbeltprofil	Nuværende forhold	Dobbeltprofil	Nuværende forhold	Dobbeltprofil
50 %	7,41	7,41	2,70	2,70	0,74	0,74
75 %	7,56	7,56	3,04	3,04	1,05	1,05
90 %	7,70	7,69	3,29	3,26	1,24	1,24

Det er vurderingen, at de små effekter af dobbeltprofilet på vandstanden i Ryå skyldes, at beregningerne er foretaget på et datasæt uden meget store afstrømninger og høje vandstande. Dertil kommer, at det ved beregningerne er forudsat, at dobbeltprofilet har samme ruhed (Manningtal) som det nuværende profil. I virkelighedens verden ville man typisk bortskære stivstænglet vegetation på dobbeltprofilets banketter forud for perioden med store afstrømninger og høje vandstande, hvilket må formodes at bewirke lavere vandstande, jf. kapitel 6.

7.2.3 Naturmæssige forhold

Såfremt der etableres dobbeltprofil i et vandløb i en intensivt dyrket ådal, vil dobbeltprofilet potentielt kunne øge naturindholdet, idet der i det bredere profil skabes en bredere udyrket vandløbskorridor til gavn for flora og fauna.

Dette er imidlertid også en af de væsentligste ulemper ved dobbeltprofilet, idet opretholdelse af vandføringsevnen i det øvre profil erfaringsmæssigt medfører øget vedligeholdelsesbehov. Vandløbets banketter vil nemlig meget hurtigt gro til med græsser og urter – i Ryå's tilfælde tillige tagrør - og efter få år vil buske og træer også indfinde sig. Såfremt den øgede vandføringsevne i dobbeltprofilet skal bevares, er det derfor nødvendigt at gennemføre en eller flere årlige vedligeholdelser af banketterne, således at vegetationen holdes nede, særlig på de tidspunkter, hvor de store vandføringer forekommer. Den således nødvendige vedligeholdelse vurderes at mindske dobbeltprofilets naturmæssige potentiale for så vidt angår banketterne og brinkerne. Til gengæld vil dobbeltprofilet muliggøre et potentielt bedre miljø i det nedre vandløbsprofil, idet behovet for grødeskæring her vil blive mindre, i hvert fald for så vidt angår grødeskæring med sigte på at mindske vandstanden i forbindelse med store afstrømninger.

8. SCENARIE 6: FORSINKELSE OG EKSTENSIVERING

Resumé

I oktober 2014 var der i Ryå en stor afstrømningshændelse, der svarer til en 20-års-hændelse, det vil sige en forholdsvis sjældent stor afstrømningshændelse, der set over mange år vil forekomme i gennemsnit hvert tyvende år.

Denne store afstrømningshændelse gav anledning til betydelige oversvømmelser omkring Ryå, og den er derfor anvendt som grundlag for beregninger af, i hvilket omfang det vil være muligt at imødegå oversvømmelser ved en lignende stor afstrømningshændelse ved tilbageholdelse af åvand på udvalgte arealer omkring åsystemets vandløb.

Der blev indledningsvis udpeget 10 områder med potentiale til vandtilbageholdelse ved store afstrømninger. Af disse 10 blev 5 udvalgt til nærmere analyse.

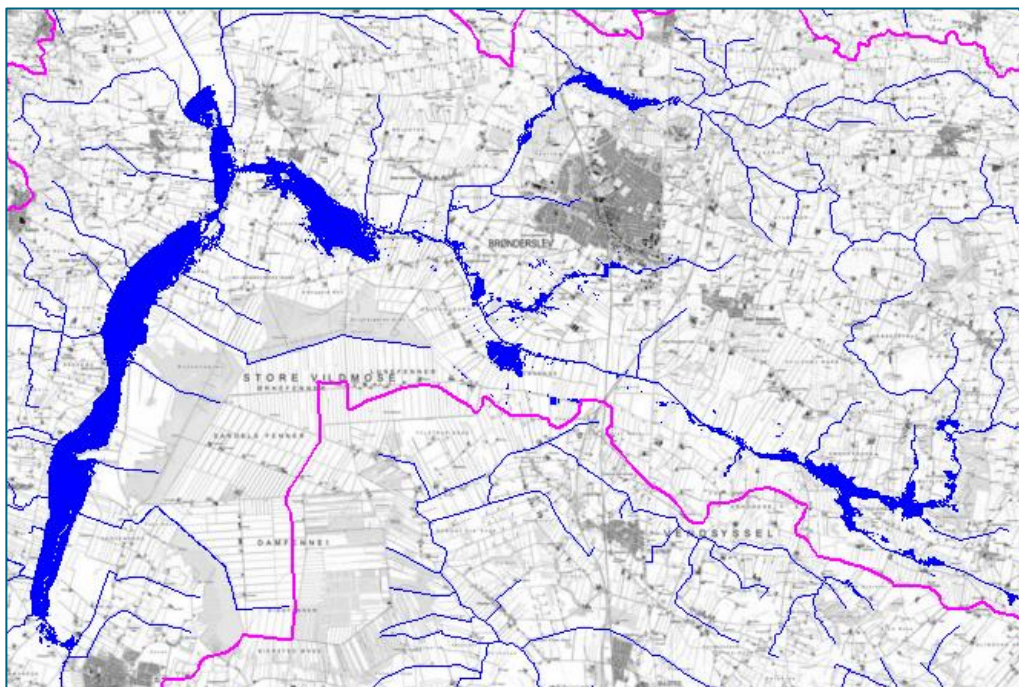
Denne analyse viser, at det ved udnyttelse af de 5 områders fulde kapacitet i forbindelse med en 20-årsafstrømningshændelse vil være muligt at reducere vandstanden i Ryå med ca. 20 cm, aftagende i nedstrøms retning til 10 cm ved Hvide Bro. Ved Haldager Bro er der ingen effekt på vandstanden af vandtilbageholdelse længere oppe i oplandet, idet vandstanden i den nedre del af åen primært er styret af vandstanden i Limfjorden.

Effekten af vandtilbageholdelsen er belyst ved hjælp af kort, der viser udstrækningen af oversvømmelser (vand på terræn) ved hændelsen i oktober 2014 sammenholdt med den beregnede udstrækning af oversvømmelser ved vandtilbageholdelse i de 5 områder. Disse kort viser, at vandtilbageholdelse og den deraf følgende mindre vandstand i åen vil kunne bevirke en vis reduktion af det oversvømmede areal omkring Ryå, men de viser også, vandtilbageholdelsen er langt fra at kunne løse problemet med oversvømmelser ved store afstrømninger. Den kendsgerning hænger i meget stor udstrækning sammen med, at terrænet omkring Ryå selv ved lave vandstande mange steder ligger meget lavt i forhold til åens vandspejl. Det gælder i særlig grad det store område nedstrøms Hvide Bro.

Den manglende mulighed for at løse oversvømmelsesproblemet gennem vandtilbageholdelse peger sammen med de forventeligt utilstrækkelige effekter af de øvrige undersøgte tiltag på ekstensivering af arealanvendelsen som én måde til at mindske modsætningsforholdet mellem afvandingsbehovet og åens vandføringsevne. Alternativet hertil vurderes på baggrund de gennemførte analyser og beregninger at være fysiske afværgeforanstaltninger, eksempelvis i form af diger og pumper.

For at mindske risikoen for oversvømmelse af værdifuld landbrugsjord kan man ved store afstrømningshændelser søge at tilbageholde (parkere) åvand i egnede områder opstrøms i vandløbssystemet.

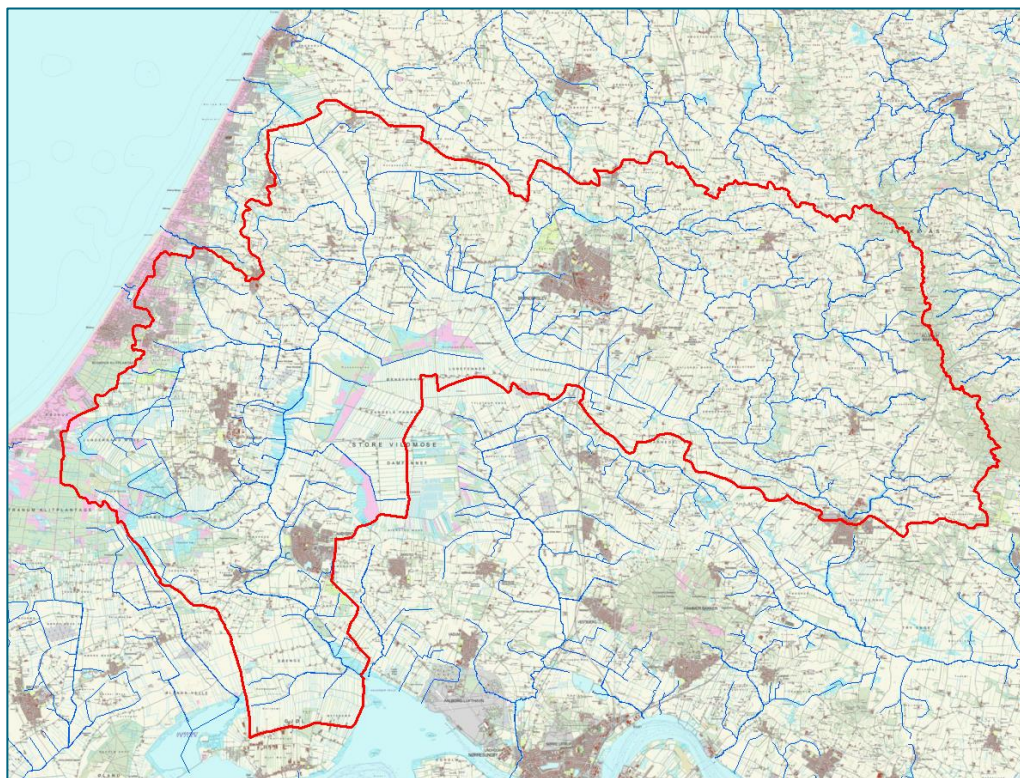
I scenarie 2 er områderne med stor oversvømmelsesrisiko kortlagt ved en målt 20-års-hændelse i oktober 2014, se figur 8.1.



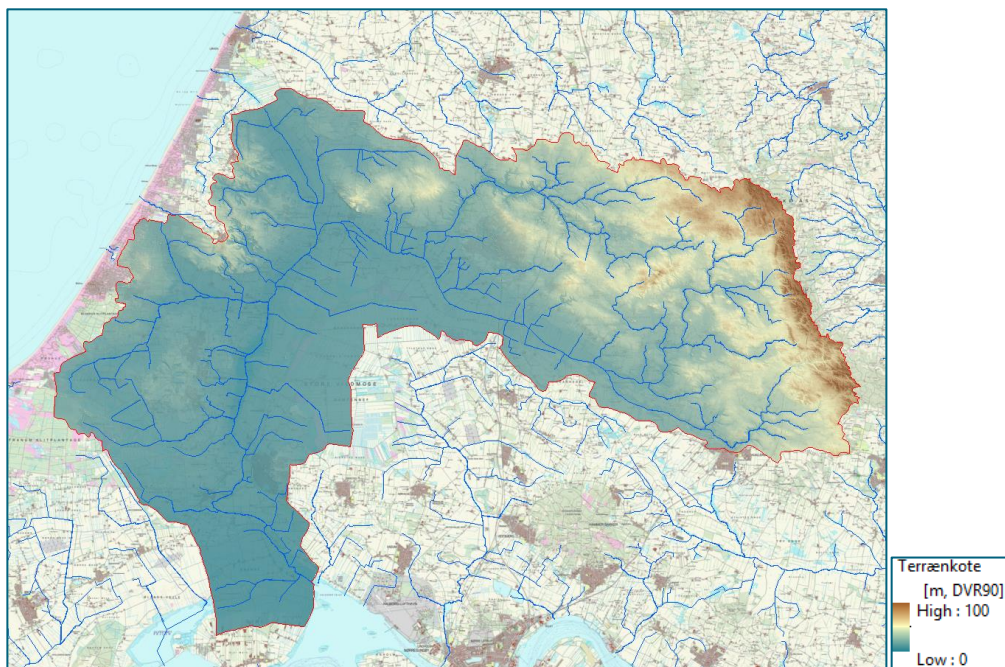
Figur 8.1: Områder omkring Ryå med oversvømmelsesrisiko ved en afstrømning svarende til 20-årshændelsen i oktober 2014.

Det er med udgangspunkt i 20-årshændelsen i oktober 2014 undersøgt, hvor meget udstrækningen oversvømmelsesområderne kan reduceres med ved tilbageholdelse af vand i oplandet.

Egnede områder til tilbageholdelse af vand er lokaliseret gennem en screening af hele oplandet til Ryå. Oplandet til Ryå har en størrelse på ca. 590 km² og udstrækningen er vist på figur 8.2. Terrænmæssigt er oplandet til Ryå karakteriseret ved, at store dele af den nordøstlige del er beliggende forholdsvis højt (over kote 20 m DVR90), mens en del af den nordvestlige del og hele den sydlige del ligger meget lavt, se figur 8.3.



Figur 8.2: Oplandet til Ryå

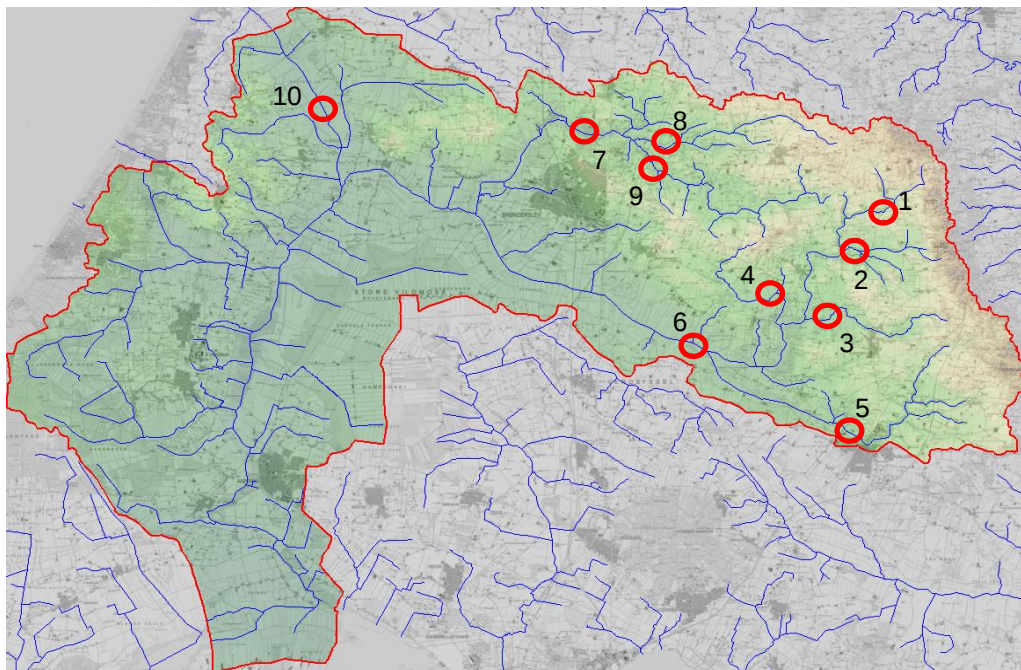


Figur 8.3. Terrænforholdene i opladet til Ryå.

Områderne for tilbageholdelse og forsinkelse er primært beliggende omkring tilløbene i den nordøstlige del af det topografiske opland og er typisk karakteriseret ved at være lavtliggende vandløbsnære arealer med afstrømningsoplande af betydelig størrelse.

Områderne er derudover karakteriseret ved at være markant afgrænsede af topografiske barrierer så som vejdæmninger.

Screeningen har resulteret i en bruttoliste med forslag til 10 områder, hvor åvand kan tilbageholdes og forsinkes. Områdernes beliggenhed er vist i figur 8.4.



Figur 8.4. Beliggenheden af potentielle forsinkelsesområder i oplandet til Ryå.

I tabel 8.1 er karakteristika for de 10 potentielt egnede områder angivet. Områdernes effekt er undersøgt ved beregning af deres forsinkelsespotentiale ved 20-årshændelsen i oktober 2014. I analysen af områdernes effekt er vandet forsinket, så vandmængden nedstrøms et forsinkelsesområde svarer til vintermedianmaksimumsafstrømningen. Resultaterne af denne analyse er vist i tabel 8.2.

Tabel 8.1. Karakteristika for de 10 potentielt egnede forsinkelsesområder i oplandet til Ryå.

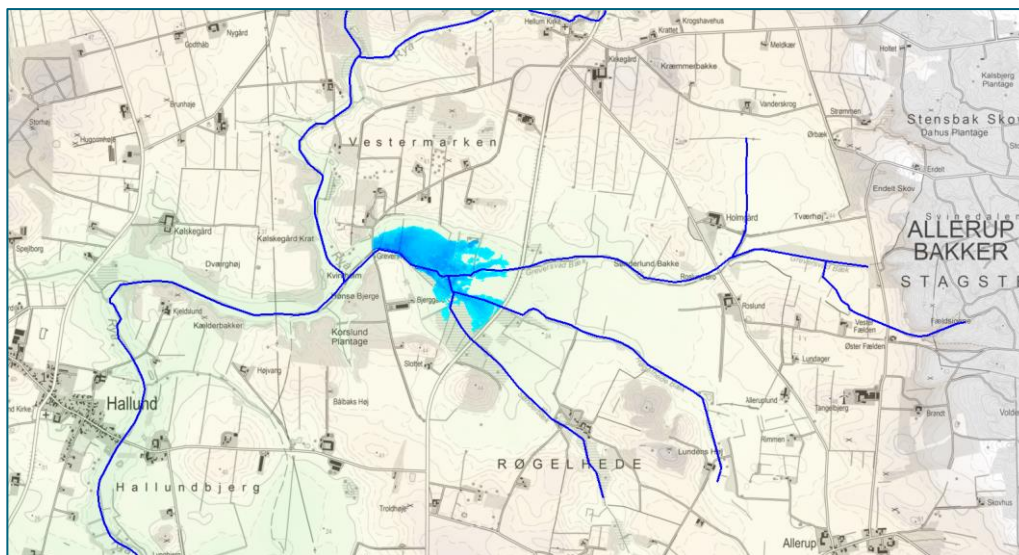
Område	Område navn	Oplandsareal [km ²]	Volumen [m ³]
1	Hellum Kirkeby	13,3	88.000
2	Kjølkegårds Å	16,3	108.000
3	Klokkeholm	13,8	92.000
4	Vadbæk	13,3	82.000
5	Klavsholm Å	36,7	251.000
6	Jerslev Bro	103,4	193.000
7	Nørre Å	65,6	199.000
8	Øster Å	19,2	128.000
9	Stubdrup Bæk	24,1	160.000
10	Ingstrup Sø	52,2	346.000

Tabel 8.2: Områdernes forsinkelseseffekt er angivet som reduktionen af den maksimale døgnmiddelvandføring fra områder i l/s. *1 angiver, at hændelsen ikke er reduceret svarende til vintermedianmaksimumsvandføring på grund af for lille kapacitet i området.

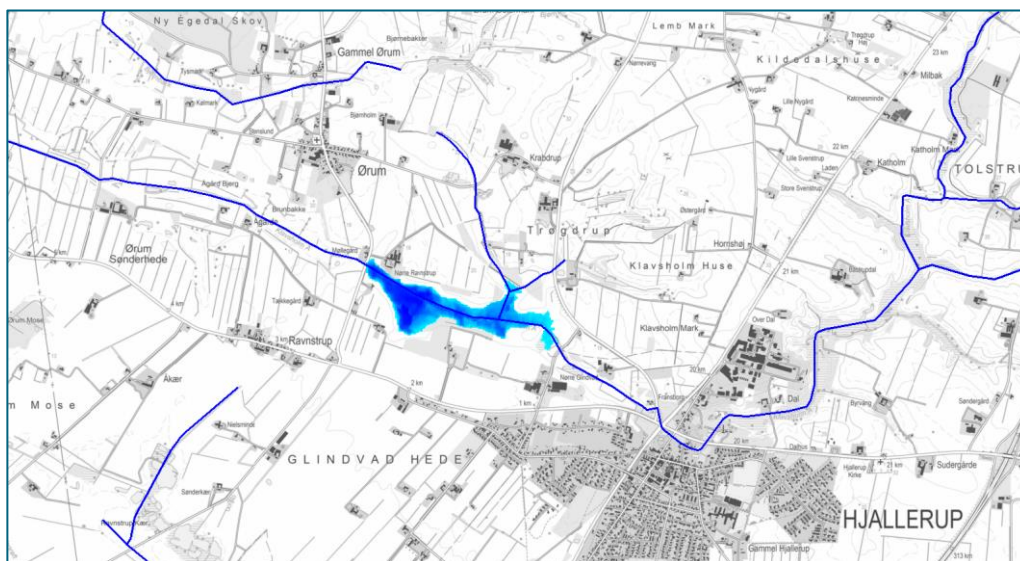
Område	18. oktober 2014	
	Maks. vandføring [l/s]	Forsinkelse [l/s]
1	900	330
2	1.100	400
3	930	340
4	900	330
5	2.480	900
6	8.810	1.000 ^{*1}
7	4.430	900 ^{*1}
8	1.290	470
9	1.630	590
10	3.520	1.280

Ud fra områdernes beregnede forsinkelsespotentialer, lokalkendskabet til områderne og sandsynligheden for at realisere brugen af områderne som forsinkelsesområder har Brønderslev Kommune og Jammerbugt Kommune besluttet at undersøge den samlede effekt af følgende forsinkelsesområder: 2,5,6,7 og 9.

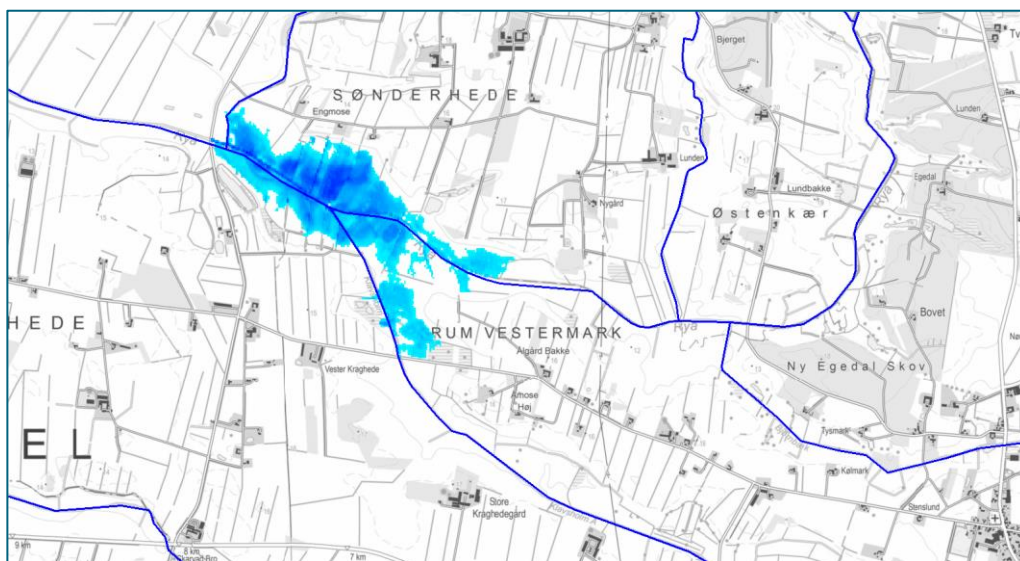
Udbredelsen af vandfladerne i de 5 valgte forsinkelsesområder ved udnyttelse af den fulde kapacitet er vist i figur 8.5 – figur 8.9.



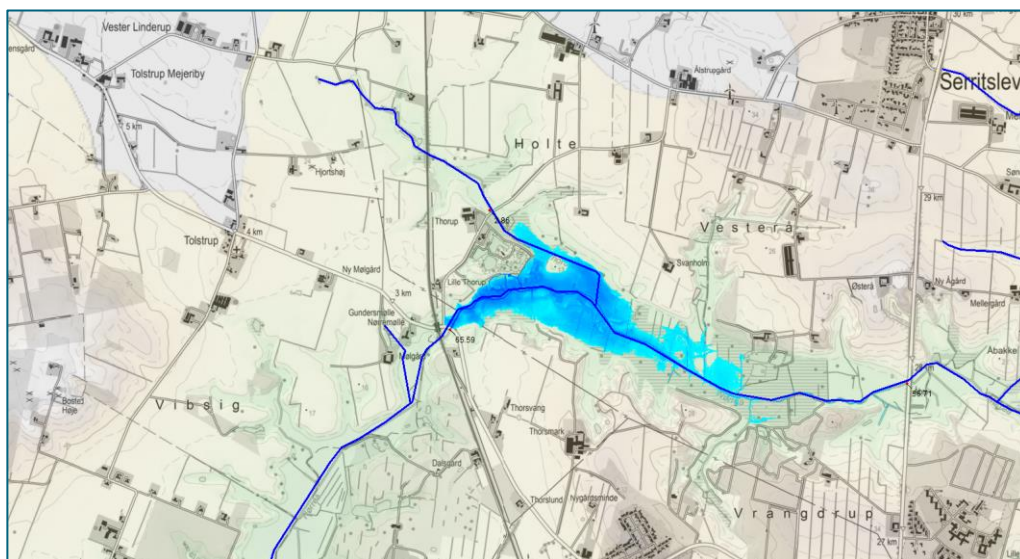
Figur 8.5: Udbredelsen af vandfladen ved fuld udnyttelse af kapaciteten i forsinkelsesområde nr. 2 - Kjølskegårds Å.



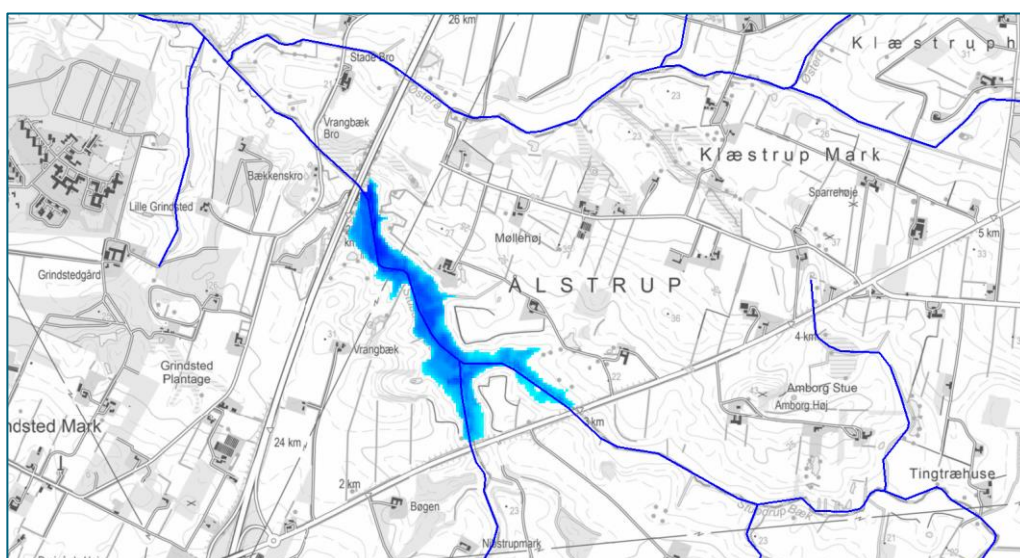
Figur 8.6: Udbredelsen af vandfladen ved fuld udnyttelse af kapaciteten i forsinkelsesområde nr. 5 - Klovsholm Å.



Figur 8.7: Udbredelsen af vandfladen ved fuld udnyttelse af kapaciteten i forsinkelsesområde nr. 6 – Jerslev Bro

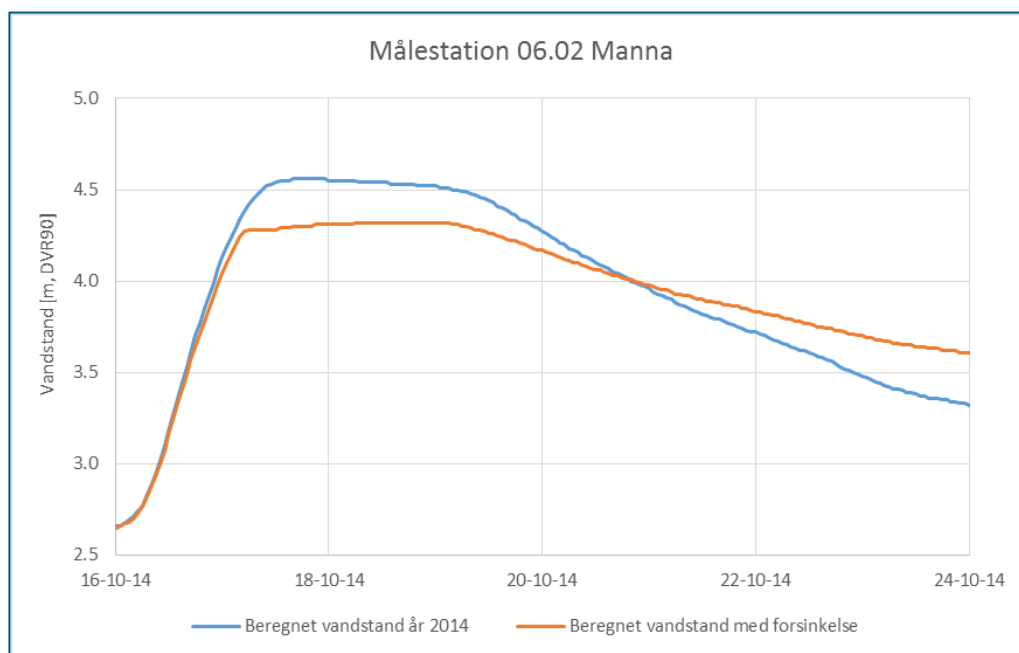


Figur 8.8: Udbredelsen af vandfladen ved fuld udnyttelse af kapaciteten i forsinkelsesområde nr. 7 - Nørre Å

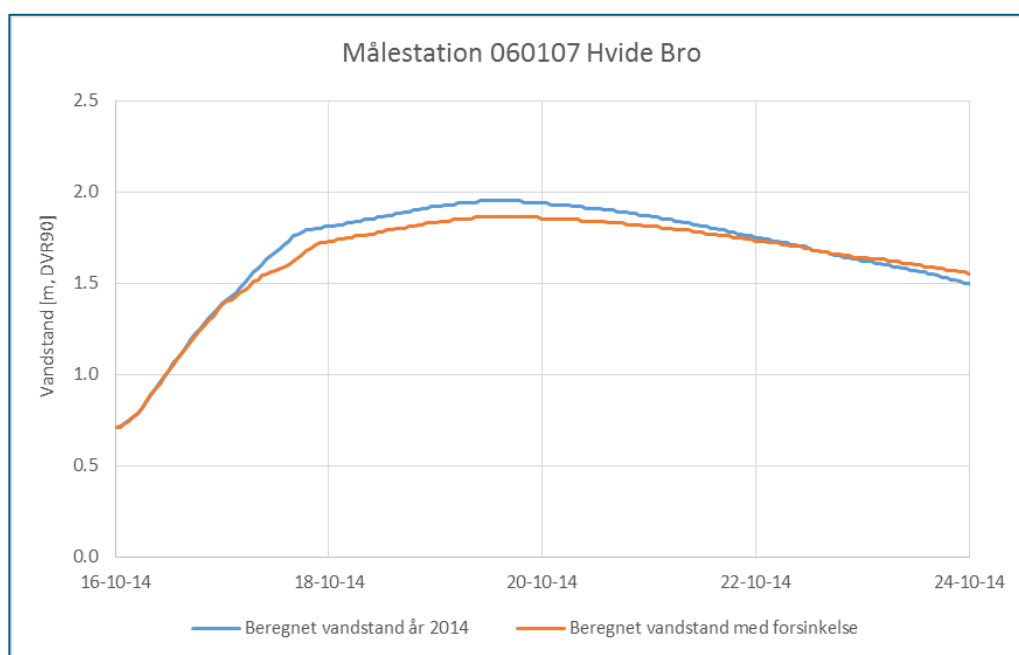


Figur 8.9: Udbredelsen af vandfladen ved fuld udnyttelse af kapaciteten i forsinkelsesområde nr. 9 - Stubdrup Bæk

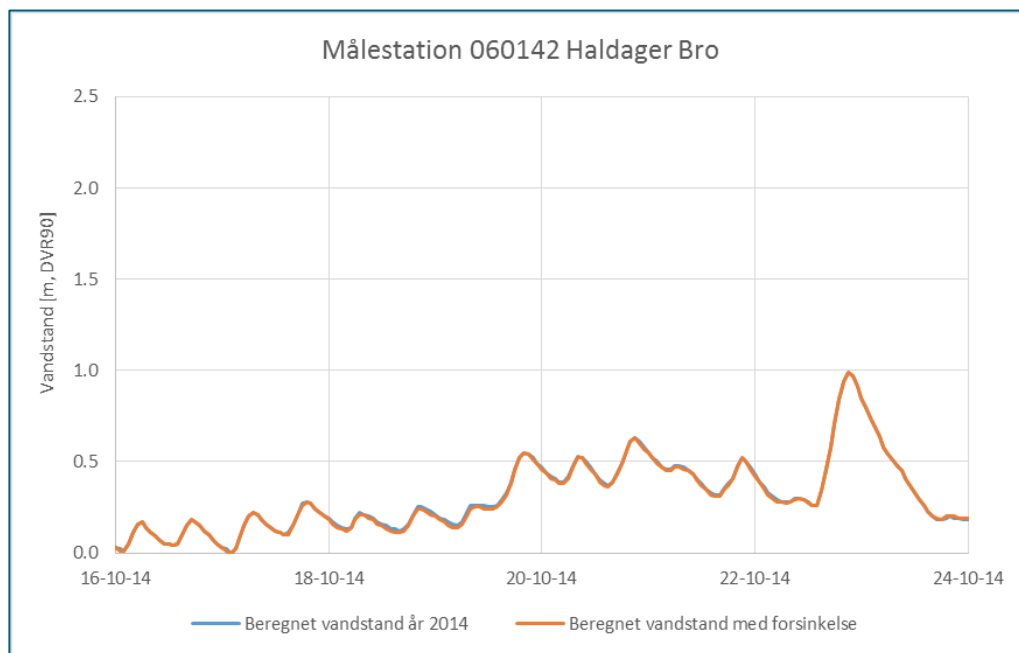
Der er gennemført sammenlignende beregninger af vandstanden ved den målte 20-årshændelse i oktober 2014 uden henholdsvis med tilbageholdelse af vand i forsinkelsesområderne. Resultaterne af modelberegningerne er vist i figur 8.10 – figur 8.12.



Figur 8.10: Beregnet vandstand ved Manna Bro ved 20-årshændelsen oktober 2014 uden (blå kurve) og med (orange kurve) vandtilbageholdelse i forsinkelsesområderne.



Figur 8.11: Beregnet vandstand ved Hvide Bro ved 20-årshændelsen oktober 2014 uden (blå kurve) og med (orange kurve) vandtilbageholdelse i forsinkelsesområderne.



Figur 8.12: Beregnet vandstand ved Haldager Bro ved 20-årshændelsen oktober 2014 uden (blå kurve) og med (orange kurve) vandtilbageholdelse i forsinkelsesområderne.

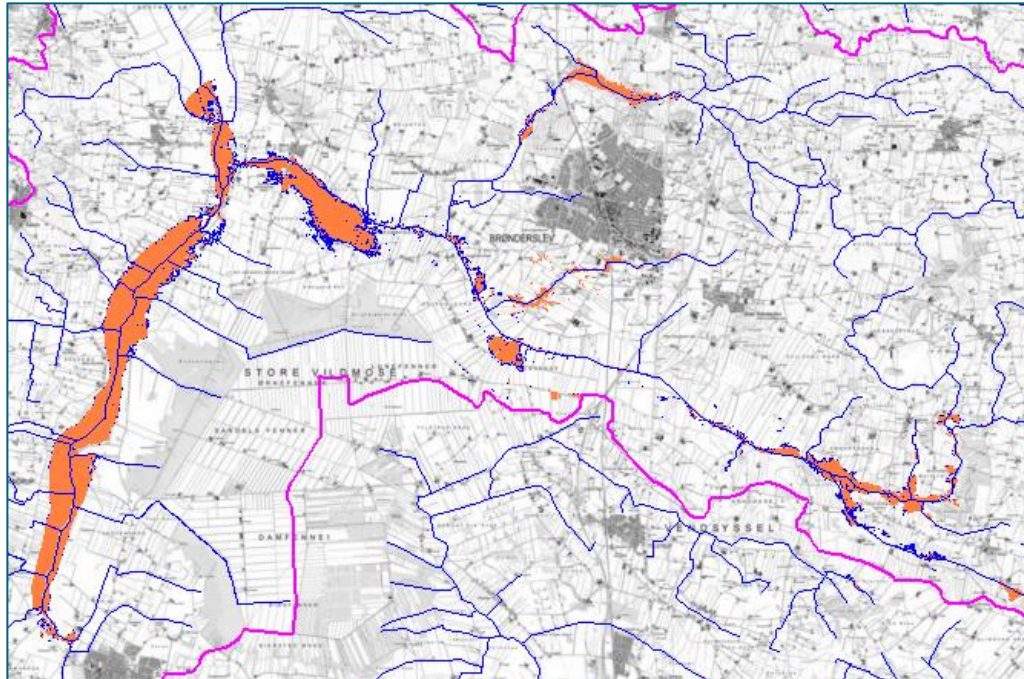
Beregningerne viser, at vandstanden ved en afstrømningshændelse svarende til 20-årshændelsen i oktober 2014 kan reduceres med ca. 25 cm ved Manna Bro ved vandtilbageholdelse i forsinkelsesområderne. Tilsvarende kan den maksimale vandstand reduceres med ca. 10 cm ved Hvide Bro, mens forsinkelsesområderne ikke har nogen effekt ved Haldager Bro. Sidstnævnte skyldes, at vandstanden ved Haldager Bro primært er styret af vandstanden i Limfjorden.

Udstrækningen af områderne med oversvømmelsesrisiko ved en afstrømningshændelse svarende til 20-årshændelsen i oktober 2014 er kortlagt/beregnet uden henholdsvis med vandtilbageholdelse, se figur 8.13.

Beregningerne viser, at tilbageholdelse af åvand i de udpegede områder i forbindelse med afstrømninger svarende til 20-årshændelsen i oktober 2014 kan begrænse udstrækningen af oversvømmelser omkring Ryå. Men fordi effekten af forsinkelsen på vandstanden i åen er maksimalt ca. 25 cm, kan tilbageholdelsen ikke forhindre oversvømmelser. Det betyder, at de arealer, der i dag oversvømmes i forbindelse med store afstrømninger, i vid udstrækning også vil blive oversvømmet ved tilbageholdelse af vand. Det skal dog nævnes, at hvis der ved mindre afstrømninger end 20-årshændelsen tilbageholdes de samme mængder vand i forsinkelsesområderne, så kan effekten på oversvømmelsesrisikoen og udstrækningen af oversvømmelserne være større. Og vice versa ved afstrømninger større end 20-årshændelsen.

Det bemærkes i øvrigt, at den opnåelige effekt på vandstanden ved at tilbageholde vand i de udpegede forsinkelsesområder stort set svarer til effekten af klimaforandringerne på vandstanden. Det betyder, at tilbageholdelse af vand mængdemæssigt vil kunne neutralisere effekterne af klimaforandringerne på vandstanden i åen. Men dermed ikke

være sagt, at det rent praktisk er muligt at realisere dette potentiale for at imødegå klimaforandringerne.



Figur 8.13: Beregnet udstrækning af oversvømmede områder omkring Ryå ved en afstrømning svarende til 20-årshændelsen oktober 2014 uden (blå markering) og med (orange markering) vandtilbageholdelse i forsinkelsesområderne.

8.1. Ekstensivering

Der blev på et tidligt tidspunkt i arbejdet med Ryå gennemført en kortlægning af de arealer, der er mest følsomme over for forringelser af afvandingstilstanden og ikke mindst over for oversvømmelser. Denne kortlægning er afrapporteret i et særskilt notat, se bilag 1.

De mest følsomme arealer er dem, hvis afvandingsbehov åen og vedligeholdelsen af denne har sværest ved at opfylde, både i den nuværende tilstand og ved gennemførelse af de foranstaltninger til forbedring af vandføringsevnen, som er beskrevet i denne rapport.

Ekstensivering af arealanvendelsen (den landbrugsmæssige arealanvendelse) er en måde til at mindske misforholdet mellem afvandingsbehovet og åens vandføringssevne, ikke mindst hvis de mulige virkemidler til forbedring af vandføringsevnen er utilstrækkelige.

Kortlægningen af de mest afvandings- og oversvømmelsesfølsomme arealer viser, at der omkring Ryå findes en række arealer af varierende størrelse, som kan være kandidater til ekstensivering af arealanvendelsen. Arealerne med potentiale til ekstensivering er i al væsentlighed de samme arealer, som i analyserne er udpeget som de mest

oversvømmelsesfølsomme arealer. Det største af disse arealer er beliggende omkring strækningen af Ryå fra opstrøms den Hvide Bro til opstrøms Mejeribroen, men herudover findes der store oversvømmelsesfølsomme og –truede arealer omkring Tiende Bæk, Hammelmose Bæk, på sydsiden af Ryå syd for Brønderslev og omkring Ryå opstrøms Jerslev Bro.

Det største af de oversvømmelsesfølsomme arealer er ikke blot det største, men også det, hvor det på grund af meget lave terrænkoter i forhold til Limfjordens vandspejl er vanskeligst at mindske oversvømmelsesrisikoen.

Samtlige gennemførte scenarieanalyser indikerer, at det under de nuværende afstrømningsforhold ikke vil være muligt at eliminere oversvømmelsesrisikoen på de særligt følsomme arealer gennem ændret grødeskæring, gennem profilændringer eller gennem forsinkelse af åvand på udvalgte arealer.

I fald man vælger at gøre brug af et eller flere af de analyserede virkemidler, vil de forventelige stigninger i ekstremafstrømningen i åen og vandstanden i Limfjorden gradvis neutralisere effekten af virkemidlerne, idet analyserne har vist, at størrelsesordenen af de opnåelige vandstandssænkninger i al væsentlighed svarer til størrelsesordenen af de vandstandsstigninger, som klimaforandringerne forventes at skabe.

Disse kendsgerninger taler for, at arealanvendelsen enten tilpasses den opnåelige vandføringsevne i Ryå og stuvningspåvirkningen fra Limfjorden (ekstensivering), eller at afvandingstilstanden gennem brug af pumper og etablering af diger gøres uafhængig af vandføringsevnen i Ryå og vandstanden i Limfjorden. Sidstnævnte løsninger er taget i brug for arealerne omkring Hammelmose Bæk.

9. SCENARIE 7: SANDBANKEN VED RYÅ'S MUNDING I LIMFJORDEN

Resumé

Til belysning af, om sandbanken ud for Ryå's munding i Limfjorden, har betydning for afstrømningen af vandet fra åen til fjorden, og dermed for vandstanden i den nedre del af åen, er der foretaget en række vandspejlsberegninger ved hjælp af modellen for Ryå.

Disse modelberegninger, har ikke kunnet påvise en effekt af sandbanken på vandstanden i den nedre del af Ryå.

Der er ikke foretaget beregninger ved meget lav vandstand i Limfjorden, men det vurderes rent fagligt, at sandbanken muligvis vil kunne have en vis effekt under sådanne forhold.

Det er på baggrund af de gennemførte analyser og beregninger vurderingen, at sandbanken ud for Ryå's munding under normale forhold i Limfjorden ikke har nævneværdig betydning for vandstanden i den nedre del af Ryå, og dermed heller ikke for afvandingstilstanden i den del af åen, der er påvirket af vandstanden i Limfjorden.

Ryå løber ud i Limfjorden i en lille vig nord for Egholm. I vigen er der mod øst et lavvandede område med sandaflejringer, mens der mod øst langs kysten er en rende fra åens udløb til Aalborg Havn, se figur 9.1.

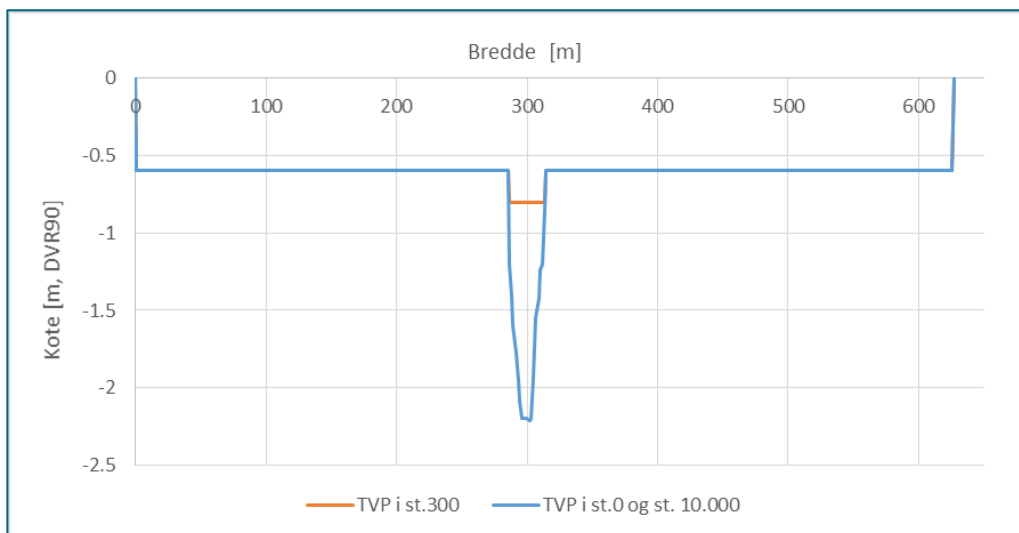


Figur 9.1: Renden langs kysten i den østlige del af det lavvandede område ud for munden af Ryå i Limfjorden.

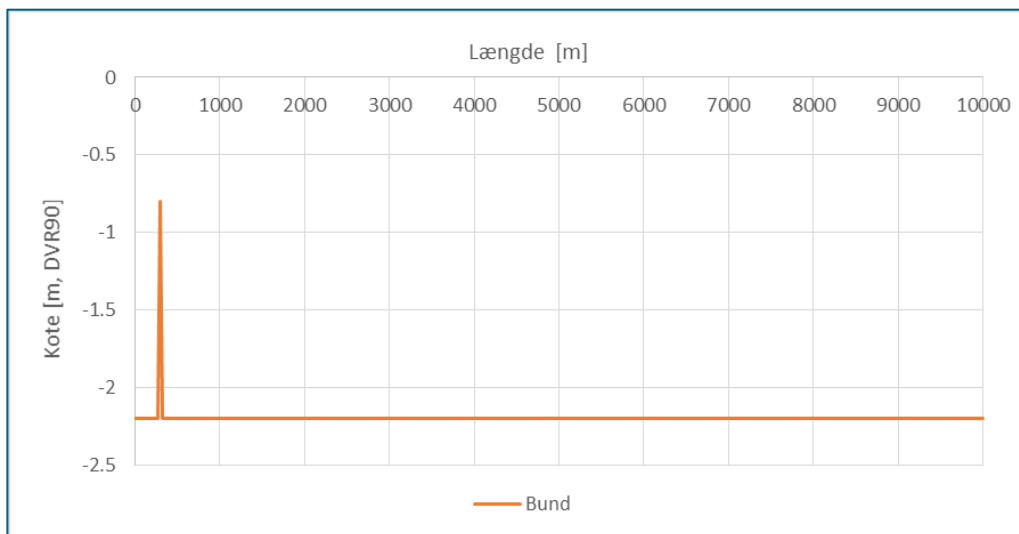
Der er registreret sandaflejringer i form af en sandbanke, der strækker sig ca. 300 m uden for udløbet af Ryå. Bundtopografien er ikke opmålt, og der foreligger derfor ikke batymetriske data, som beskriver det lavvandede område og sandbanken. Der er i forbindelse med gennemsejlingen af åen foretaget pejlinger af sandbanken, som viser at toppen af sandbanken er beliggende i ca. kote -0,8 m DVR90.

Ryås udløb i Limfjorden er medtaget i modellen som en 10 km lang kanal fra Ryå's munding til Aalborg Havn. Uddybningen er medtaget med tværsnitsprofiler som angivet

på figur 9.2 og med et længdeprofil som angivet på figur 9.3. Bredden af tværsnitsprofilen er bestemt som middelbredden af kanalen ud fra luftfoto af det lavvandede område. Uddybningen i kanalen er angivet som en kopi af opmålingen fra Ryå st. 0 m. I st. 300 m i kanalen er sandbanken lagt ind i kote -0,8 m DVR90.

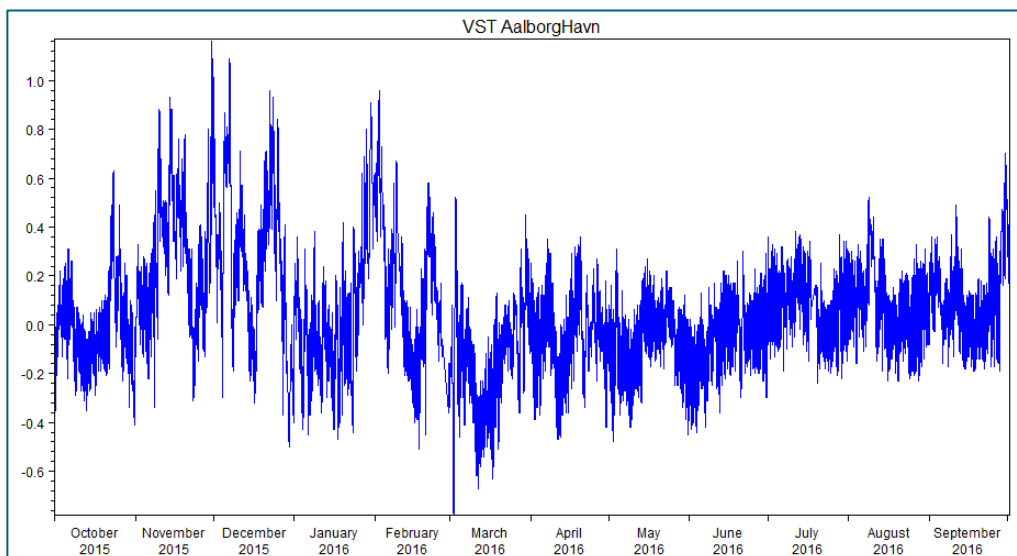


Figur 9.2: Tværsnitsprofiler for den dybe rende ud for munden af Ryå i Limfjorden.

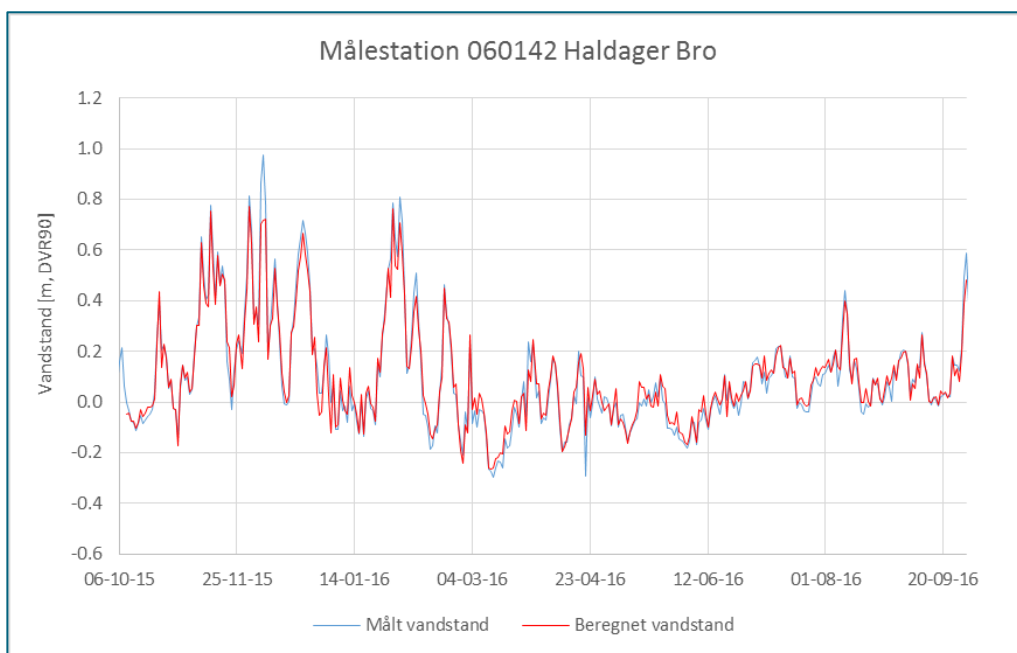


Figur 9.3: Længdeprofil for den dybe rende ud for munden af Ryå i Limfjorden.

Med inddragelse af den dybe rende i modellen er vandstanden i Aalborg Havn brugt som nedre randbetingelse (se figur 9.4), og vandstandsmålingerne ved Haldager Bro er anvendt som modelvalideringsparameter, se figur 9.5.



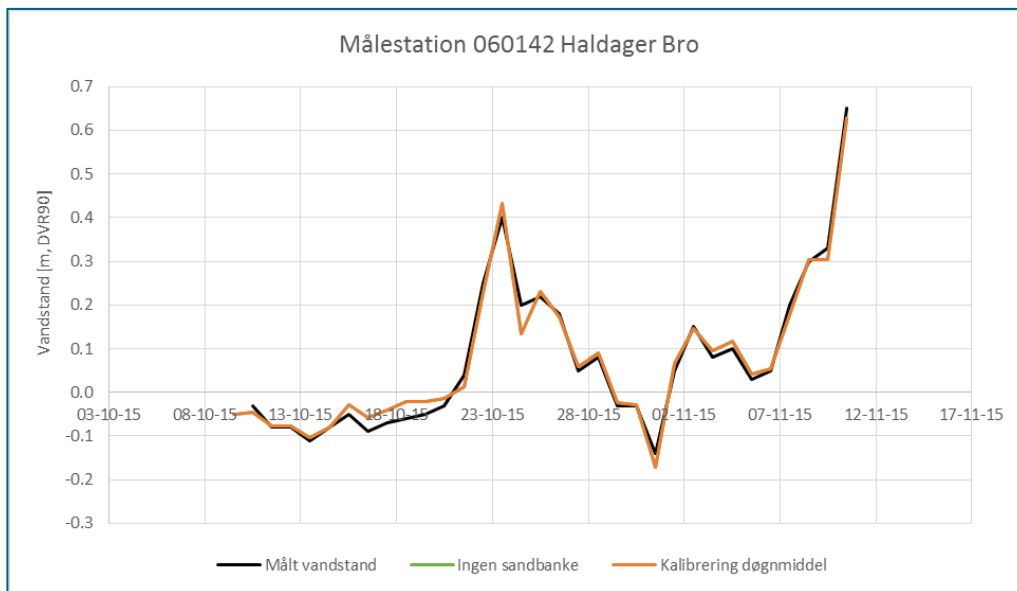
Figur 9.4: Vandstanden i Aalborg Havn i m DVR90.



Figur 9.5: Målt og beregnet vandstand ved Haldager Bro.

Figur 9.5 viser, at der er en god overensstemmelse mellem de målte og de beregnede vandstande ved Haldager Bro. Denne gode overensstemmelse mellem beregnet og målt vandstand giver grundlag for at vurdere, at modelopsætningen omkring Ryå's munding i Limfjorden, herunder også sandbanken, kan forventes at give retvisende resultater vedrørende sandbankens betydning for vandstanden i den nedre del af Ryå.

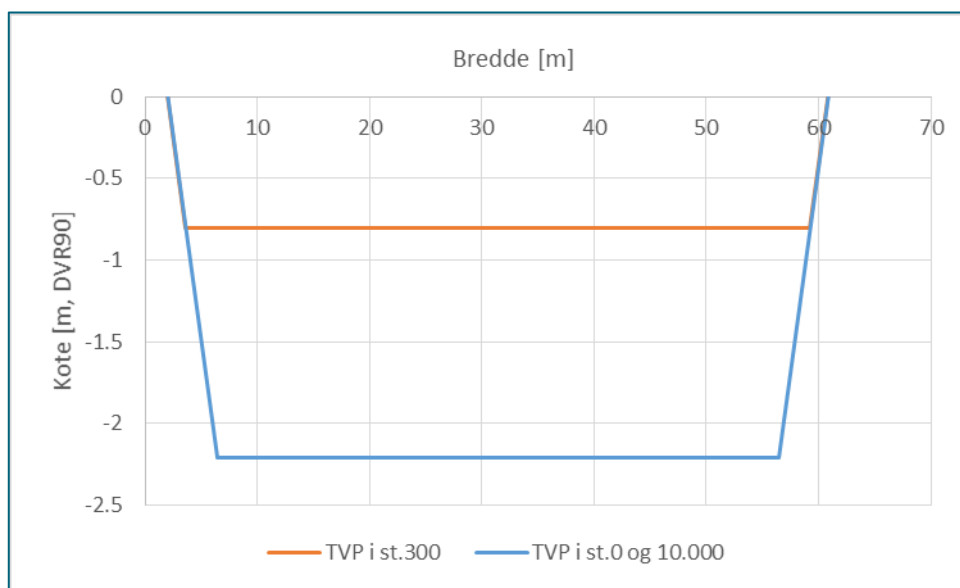
For at undersøge, om sandbanken påvirker den beregnede vandstand i Ryå, er der gennemført en beregning, hvor sandbanken i st. 300 er fjernet. Resultaterne er vist i figur 9.6.



Figur 9.6: Sammenlignende beregninger af vandstande ved Haldager Bro med og uden sandbanken. Bemærk: den grønne kurve er sammenfaldende med den orange kurve.

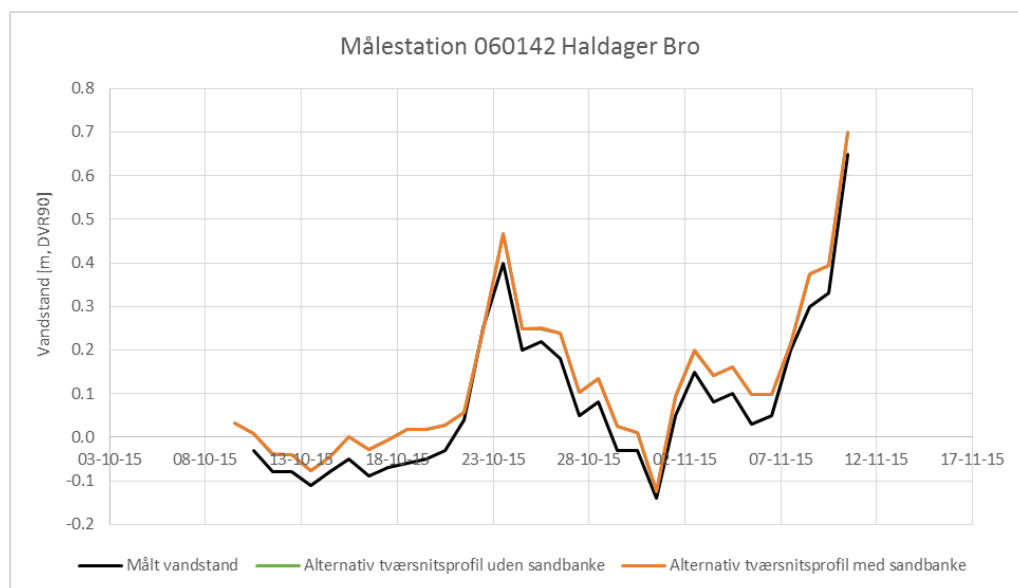
Som det fremgår af figuren, gør det ingen forskel for resultaterne af beregningerne af vandstanden ved Haldager Bro, om sandbanken med tages i beregningerne eller ej.

Med de anvendte tværsnitsprofiler reducerer sandbanken kun arealet af tværsnitsprofilen med omkring 8% under kote 0 m DVR90. For at undersøge om det er årsagen til, at sandbanken ikke har nogen effekt, er der lavet alternative tværsnitsprofiler og med disse foretaget gennemregning med og uden sandbanken. Tværsnitsarealet i profilet med sandbanken er i denne beregning reduceret med omkring 70%. Tværsnitsprofilerne fremgår af Figur 9.7.



Figur 9.7: Alternative tværsnitsprofiler for den dybe rende ud for munden af Ryå i Limfjorden.

Resultatet af beregningen med de alternative tværsnitsprofiler med og uden sandbanken fremgår af figur 9.8.



Figur 9.8: Resultat af beregning af vandstand ved Haldager bro med de alternativ tværsnitsprofiler med og uden sandbanken.

De beregnede vandstande på Figur 9.8 viser, at kapaciteten i de alternative tværsnitsprofiler er mindre end i de oprindelige tværsnitsprofiler, hvilket ses af den forhøjede beregnede vandstand, sammenlign figur 9.6 og figur 9.8. Herudover gør det ingen forskel for resultaterne af beregningerne af vandstanden ved Haldager Bro, om sandbanken med tages i beregningerne eller ej.