

### **Rekvirent**

Silkeborg Kommune  
Teknik- og Miljøafdelingen  
Søvej 3  
8600 Silkeborg  
Åge Ebbesen  
Telefon 89701523  
E-mail aae@silkeborg.dk

### **Rådgiver**

Orbicon A/S  
Jens Juuls Vej 16  
8260 Viby J  
Telefon 87 38 61 66  
E-mail bm@orbicon.dk

|                  |                      |
|------------------|----------------------|
| Sag              | 1390900491           |
| Projektleder     | Bjarne Moeslund      |
| Kvalitetssikring | Klaus Schlüsen       |
| Revisionsnr.     | Udkast               |
| Godkendt af      | Henrik Vest Sørensen |
| Udgivet          | Februar 2010         |

**Silkeborg Kommune 2010**  
**2. Analyse af virkningen af grødeskæring på vandfø-**  
**ringsevnen i Gudenåen, Silkeborg til Tange Sø**

## INDHOLDSFORTEGNELSE

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Indledning .....   | 3  |
| 2     | Analysens formål og omfang .....   | 4  |
| 3     | Fremgangsmåde.....   | 5  |
| 4     | Resultater og vurdering .....  | 8  |
| 4.1   | Ingen grødeskæring .....   | 8  |
| 4.2   | Grødeskæring .....   | 10 |
| 4.2.1 | Skæring i 7 meter bred strømrende.....   | 11 |
| 4.2.2 | Skæring i 10 meter bred strømrende.....  | 13 |
| 4.2.3 | Grødeskæring ved 2009-sommervandføring .....   | 15 |
| 4.2.4 | Genvækst og gentagen grødeskæring.....   | 15 |
| 5     | Samlet vurdering.....  | 17 |
| 6     | Bilag 1 – Kort over stationering af Gudenåen på strækningen mellem Silkeborg og Tange Sø ..... | 18 |

## Indledning

Kommunerne omkring den nedre del af Gudenåen - Silkeborg, Favrskov, Viborg og Randers Kommune - har i de seneste par år oplevet betydelige forvaltningsmæssige problemer som følge af forhøjede sommervandstande i åen. Samtidig har man kunnet observere, at mængden af grøde i åen har været markant større end for blot et par år tidligere.

Øgningen af grødemængden har flere steder været af et sådant omfang, at det har bragt åens tilstand i konflikt med regulativets krav om tilstedeværelse af en grødefri strømrønde på 7 meter (opstrøms Tange Sø) henholdsvis 10 meter (nedstrøms Tange Sø).

De forhøjede vandstande udløste i 2009 krav om iværksættelse af grødeskæring fra beboere og lodsejere, hvis huse, haver og marker ned til åen var ramt af oversvømmelse eller øget fugtighed. Problemerne var særlig store omkring Kongensbro, hvor flere huse ligger tæt på åen med haver, der grænser helt op til åen.

I et forsøg på at imødekomme beboere og lodsejere blev der i begyndelsen af juli 2009 gennemført grødeskæring på strækningen fra nogle få hundrede meter opstrøms Kongensbro til Tange Sø. Opstrøms for denne strækning blev der ikke skåret grøde, idet vandløbet her er udpeget som Natura 2000-vandløb.

Silkeborg Kommune rettede i juni 2009 henvendelse til By- og Landskabsstyrelsen med anmodning om en udtalelse efter § 10, stk. 5 i habitatbekendtgørelsen (bekendtgørelse nr. 408) vedrørende iværksættelse af grødeskæring på Natura 2000-trækningen mellem Silkeborg og Tange Sø.

By- og Landskabsstyrelsen har i sit svar til Silkeborg Kommune anmodet om afklaring af en række spørgsmål. Et af disse spørgsmål drejer sig om, hvorvidt grødeskæring vil kunne løse problemet med forhøjet vandstand. Og netop dette spørgsmål er helt centralt for det videre forløb: vil iværksættelse af grødeskæring kunne afhjælpe de opståede problemer med forhøjede sommervandstande?

Dette notat indeholder en analyse af, hvordan grødeskæring kan forventes at påvirke vandstanden i åen og dermed fugtighedsforholdene på de ånære arealer.



## Analysens formål og omfang

Formålet med analysen er at give de ansvarlige myndigheder det nødvendige grundlag for at træffe beslutning om, hvorvidt det vil være relevant at iværksætte grødeskæring til imødegåelse af de forhøjede sommervandstande.

Analysen tager først og fremmest sigte mod at belyse de afvandingsmæssige konsekvenser af ikke at skære grøden og af, hvilke forbedringer af vandføringsevnen man kan forvente ved iværksættelse af grødeskæring efter bestemmelserne i det gældende regulativ (skæring i 7 meter bred strømrende), dels i en normal afstrømningssituation (sommermiddelvandføring) og dels i en situation med høj sommervandføring (sommermedianmaksimumsvandføring).

For fuldstændighedens skyld er der også foretaget analyser af grødeskæringens indflydelse på vandstanden ved 5-årssommersmaksimums- og 10-årssommersmaksimumsvandføring.

Derudover tager analysen sigte mod at belyse, hvilke afvandingsmæssige forbedringer der kan forventes ved at skære grøden i en bredere strømrende end krævet i regulativet. Endelig tager analyserne sigte mod at belyse, hvor mange grødeskæringer der kan forventes at være nødvendige for at holde vandstanden nede på et acceptabelt niveau, forudsat at det viser sig, at grødeskæring i det hele taget har en betydende effekt på vandføringsevnen og kan betynde sækning af vandstanden i åen og på de ånære arealer.



### Fremgangsmåde

De afvandingsmæssige problemer i sommeren 2009 forekom til trods for, at vandføringen i sommeren 2009 var markant mindre end normalt, det vil sige at sommervandføringen i 2009 var markant mindre end sommermiddelvandføringen. En analyse af afvandingstilstanden viste, at vandstanden i sommeren 2009 lå på niveau med, hvad man hidtil har oplevet ved store vandføringer i vinterhalvåret. Analysen viste videre, at vandstanden i åen ville have været højere end det hidtidige vinterniveau, dersom vandføringen havde ligget på det normale sommerniveau (sommermiddelvandføring).

Den kendsgerning, at selv en meget lav sommervandføring giver afvandingsmæssige problemer med en grødevækst som i 2009 giver anledning til at lade analyse tage udgangspunkt i normal sommervandføring i åen. Det vil sige, analysen primært forsøger at afdække de afvandingsmæssige konsekvenser af at skære grøde i en afstrømningsmæssigt normal sommersituation med en vandføring svarende til sommermiddelvandføring.

For at se analysens resultater i et større perspektiv, er det valgt også at analysere de afvandingsmæssige konsekvenser af at skære grøde ved højere vandføringer, nærmere bestemt sommermedianmaksimumsvandføring, 5-årssommersmaksimumsvandføring og 10-årssommersmaksimumsvandføring.

Scenarievandføringerne er bestemt på grundlag af data fra den hydrometriske station ved Tvilum Bro.

Analysen tager derudover udgangspunkt i regulativets bestemmelser om, at der i tilfælde af grødeskæring skal skæres i en 7 meter bred strømrønde, jf. regulativet. I tillæg til analysen af denne regulativmæssige grødeskæring er det undersøgt, hvorledes vandføringsevnen påvirkes ved skæring i en ca. 50 % bredere strømrønde.

Undersøgelserne af den nedre del af strækningen i begyndelsen af september 2009 viste, at der efter grødeskæringen i begyndelsen af juli havde været en så omfattende genvækst af grøde, at det var vanskeligt at erkende den stedfundne grødeskæring. Det er på den baggrund vurderingen, at det kan kræve flere grødeskæringer at holde vandstanden i åen nede på et acceptabelt niveau. Man kender ikke grødens genvæksthastighed, men det er i denne analyse antagelsen, at genvæksten udligner effekten af en grødeskæring i løbet af 5 uger. Det betyder, at der ud fra en rent afvandingsmæssig synsvinkel vil skulle gennemføres 3-4 grødeskæringer i sommerperioden for at holde vandstanden nede på et lavere niveau, end hvis der ikke skæres grøde. Sommerperioden er i denne forbindelse defineret som tidsrummet maj-september, begge måneder inklusive.

Det er i analyserne forudsat, at vandløbets fysiske tilstand ikke har ændret sig siden opmålingen i 1997, og at indsnævring og aflejringer derfor ikke er årsag til de oplevede stigninger af vandstanden i åen.

Vandspejlsberegningerne er gennemført under benyttelse af et differentieret Manningtal. Det betyder rent praktisk, at der anvendes ét Manningtal for den del af vandløbsprofilet, der er defineret af strømrønden, og et andet Manning-



tal for de grødebræmmer, der efterlades omkring strømrønden, og som definerer den resterende del af det fysiske vandløbsprofil.

På baggrund af observationerne af grøden i begyndelsen af september 2009 er det vurderingen, at Manningtallet i grødebræmmerne omkring strømrønden antager værdien 7,5, svarende til hvad man kender fra vandløb med meget tæt grøde. Manningtallet i den grødefrie strømrønde er erfaringsmæssigt fastsat til 15. Ved analysen af konsekvenserne af ingen grødeskæring er der anvendt et Manningtal med værdien 7,5, hvilket er udtryk for, at den bestemmende grødetæthed flere steder på strækningen er meget høj.

Det gennemsnitlige Manningtal ved ingen grødeskæring er estimeret på grundlag af de hydrometriske data fra stationen ved Tvillum Bro i 2009.

På baggrund af ovenstående er følgende 4 grødeskæringsscenerier analyseret.

|               | Sommermiddelvandføring |          | Sommermedianmaksimumsvandføring |          |
|---------------|------------------------|----------|---------------------------------|----------|
|               | 7 meter                | 10 meter | 7 meter                         | 10 meter |
| Ingen skæring | X                      | X        | X                               | X        |
| 1 skæring     | X                      | X        | X                               | X        |
| 2 skæringer   | X                      | X        | X                               | X        |
| 3 skæringer   | X                      | X        | X                               | X        |

|               | 5-årssommermaksimumsvandføring |          | 10-årssommermaksimumsvandføring |          |
|---------------|--------------------------------|----------|---------------------------------|----------|
|               | 7 meter                        | 10 meter | 7 meter                         | 10 meter |
| Ingen skæring | X                              | X        | X                               | X        |
| 1 skæring     | X                              | X        | X                               | X        |
| 2 skæringer   | X                              | X        | X                               | X        |
| 3 skæringer   | X                              | X        | X                               | X        |

Tabel 1. Oversigt over analyserede grødeskæringsscenerier.

De 4 karakteristiske vandføringer har følgende værdier:

Sommermiddel = 8,9 l/s/km<sup>2</sup>

Sommermedianmaksimum = 11,4 l/s/km<sup>2</sup>

5-årsmaksimum = 13,8 l/s/km<sup>2</sup>

10-årsmaksimum = 16,3 l/s/km<sup>2</sup>

Til sammenligning var sommermiddelvandføringen i sommeren 2009 = 6,8 l/s/km<sup>2</sup>

2007 er valgt som referencen for den nuværende grødesituation, idet grødebilledet i 2007 endnu var, som det havde været i lang årrække forud. Det betyder, at forskellene mellem de beregnede vandspejl ved de 4 karakteristiske afstrømninger i 2007 henholdsvis 2009 er udtryk for de vandstandsmæssige ændringer, der er forårsaget af den øgede mængde grøde i åen.

Beregningerne af vandspejlsændringerne i forbindelse med grødeskæring er gennemført ved at regne med uændret Manningtal (uændret grødetæthed) i

grødebræmmerne omkring strømrøden og et stærkt øget Manningtal (stærkt reduceret grødemængde) i strømrøden. Beregningerne er endvidere foretaget under antagelse af, at grøden i bræmmerne langs bredderne vokser helt op til overfladen ved hver af de 4 karakteristiske vandføringer.

På baggrund af 2009-data fra den hydrometriske station ved Tvillum er Manningtallet i bræmmerne omkring strømrøden sat til 7,5, mens Manningtallet i den skårne strømrøde er sat til 15. Til sammenligning var det gennemsnitlige sommer-Manningtal 22 før den kraftige udvikling af grøden, svarende til en meget grødefattig tilstand.



## 4 Resultater og vurdering

### 4.1 Ingen grødeskæring

Ingen grødeskæring har i sommeren 2009 været forbundet med forhøjet vandstand, set i forhold til situationen i sommeren 2007. Beregninger viser, at vandstanden ville have været endnu højere, dersom vandføringen havde ligget på det normale sommerniveau.

Tabel 4.1. viser beregnede vandspejl ned over strækningen ved forskellige karakteristiske vandføringer og ved de Manningtal, der har kunnet estimeres på grundlag af de hydrometriske data fra målestationen ved Tvilum Bro før (2007) henholdsvis efter (2009) den kraftige grødeudvikling.

| Station   | 2009         | 2007  | 2009           | 2007  | 2009          | 2007  | 2009           | 2007  |       |
|-----------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|-------|
|           | Sommermiddel |       | Medianmaksimum |       | 5-årsmaksimum |       | 10-årsmaksimum |       |       |
| Rasmusbro | 1790         | 19,19 | 18,46          | 19,40 | 18,62         | 19,56 | 18,76          | 19,70 | 18,89 |
|           | 3600         | 18,78 | 18,01          | 18,97 | 18,17         | 19,13 | 18,31          | 19,28 | 18,44 |
| Povskær   | 5550         | 18,58 | 17,77          | 18,78 | 17,94         | 18,95 | 18,09          | 19,09 | 18,22 |
|           | 6500         | 18,52 | 17,70          | 18,72 | 17,87         | 18,88 | 18,02          | 19,03 | 18,15 |
| Sminge Sø | 7800         | 18,49 | 17,68          | 18,68 | 17,85         | 18,84 | 18,00          | 18,98 | 18,13 |
|           | Svostrup     | 8500  | 18,35          | 17,58 | 18,54         | 17,75 | 18,69          | 17,89 | 18,82 |
| 8750      |              | 18,25 | 17,46          | 18,44 | 17,63         | 18,59 | 17,77          | 18,72 | 17,90 |
| Nebelgind | 11999        | 17,10 | 16,30          | 17,29 | 16,47         | 17,44 | 16,61          | 17,57 | 16,74 |
|           | Trust        | 13500 | 16,23          | 15,41 | 16,43         | 15,59 | 16,59          | 15,74 | 16,73 |
| 15500     |              | 15,30 | 14,54          | 15,50 | 14,71         | 15,66 | 14,85          | 15,79 | 14,99 |
| Kangshøj  | 17500        | 14,57 | 13,92          | 14,76 | 14,05         | 14,92 | 14,17          | 15,06 | 14,28 |
|           | Bani A       | 18000 | 14,46          | 13,83 | 14,66         | 13,95 | 14,81          | 14,05 | 14,95 |
| 18400     |              | 14,35 | 13,76          | 14,53 | 13,85         | 14,69 | 13,94          | 14,82 | 14,03 |
| 20850     | 13,90        | 13,60 | 14,02          | 13,62 | 14,12         | 13,64 | 14,22          | 13,67 |       |

Tabel 4.1. Oversigt over beregnede vandspejlskoter (DVR 90) i Gudenåen før (2007) og efter (2009) den kraftige grødeudvikling fandt sted Stationeringen fremgår af Bilag 1.

Tabel 4.2. viser de beregnede vandspejlshævninger, der vurderes at ville forekomme ved forskellige karakteristiske vandføringer som resultat af de ændringer af Manningtallet, der fandt sted fra 2007 til 2009 i forbindelse med den kraftigt øgede grødemængde. De beregnede middel-Manningtal er 22 henholdsvis 7,5 for 2007 og 2009.

| Station | Sommermiddel | Medianmaksimum | 5-årsmaksimum | 10-årsmaksimum |
|---------|--------------|----------------|---------------|----------------|
| 1790    | 0,74         | 0,77           | 0,80          | 0,81           |
| 3600    | 0,77         | 0,80           | 0,82          | 0,84           |
| 5550    | 0,81         | 0,84           | 0,85          | 0,87           |
| 6500    | 0,82         | 0,85           | 0,87          | 0,88           |
| 7800    | 0,81         | 0,83           | 0,84          | 0,85           |
| 8500    | 0,76         | 0,79           | 0,80          | 0,81           |
| 8750    | 0,79         | 0,81           | 0,82          | 0,82           |
| 11999   | 0,80         | 0,82           | 0,82          | 0,83           |
| 13500   | 0,82         | 0,84           | 0,85          | 0,85           |
| 15500   | 0,76         | 0,79           | 0,80          | 0,81           |
| 17500   | 0,65         | 0,71           | 0,75          | 0,78           |
| 18000   | 0,63         | 0,71           | 0,76          | 0,80           |
| 18400   | 0,59         | 0,69           | 0,75          | 0,80           |
| 20850   | 0,31         | 0,40           | 0,48          | 0,55           |

Tabel 4.2. Oversigt over de vandspejlshævninger, der kan beregnes at ville forekomme på strækningen fra Silkeborg til Tange Sø ved forskellige karakteristiske vandføringer som følge af de forandringer af grødemængden, der har fundet sted efter 2007.

Der er altså tale om en reel og ikke ubetydelig vandstandsstigning, og der er tale om, at der med samme grødemængde og udvikling som i 2009 ville have forekommet endnu større stigninger end oplevet i 2009, dersom vandføringen i åen havde været nærmere det normale sommerniveau.

Til belysning af, hvor høje de beregnede sommervandspejlskoter er i forhold til vintervandspejlskoterne, der hidtil har været de højeste, er der beregnet vintervandspejlskoter for de samme karakteristiske vandføringer, se tabel 4.3.

| Station | 24           | 20    | 24             | 20    | 24            | 20    | 24             | 20    |
|---------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|         | Vintermiddel |       | Medianmaksimum |       | 5-årsmaksimum |       | 10-årsmaksimum |       |
| 1790    | 18,79        | 18,94 | 19,28          | 19,44 | 19,37         | 19,53 | 19,44          | 19,60 |
| 3600    | 18,36        | 18,50 | 18,80          | 18,95 | 18,89         | 19,04 | 18,95          | 19,10 |
| 5550    | 18,12        | 18,27 | 18,59          | 18,73 | 18,68         | 18,82 | 18,73          | 18,88 |
| 6500    | 18,05        | 18,19 | 18,52          | 18,66 | 18,61         | 18,76 | 18,67          | 18,82 |
| 7800    | 18,03        | 18,17 | 18,49          | 18,63 | 18,58         | 18,72 | 18,64          | 18,78 |
| 8500    | 17,93        | 18,06 | 18,38          | 18,52 | 18,46         | 18,60 | 18,52          | 18,66 |
| 8750    | 17,80        | 17,95 | 18,27          | 18,41 | 18,35         | 18,49 | 18,41          | 18,55 |
| 11999   | 16,64        | 16,78 | 17,08          | 17,23 | 17,17         | 17,32 | 17,23          | 17,38 |
| 13500   | 15,80        | 15,94 | 16,26          | 16,41 | 16,35         | 16,50 | 16,41          | 16,56 |
| 15500   | 14,92        | 15,06 | 15,36          | 15,50 | 15,45         | 15,59 | 15,50          | 15,64 |
| 17500   | 14,18        | 14,30 | 14,59          | 14,72 | 14,67         | 14,81 | 14,72          | 14,88 |
| 18000   | 14,08        | 14,19 | 14,46          | 14,60 | 14,55         | 14,69 | 14,60          | 14,75 |
| 18400   | 13,96        | 14,06 | 14,31          | 14,45 | 14,39         | 14,54 | 14,45          | 14,59 |
| 20850   | 13,65        | 13,68 | 13,79          | 13,85 | 13,82         | 13,90 | 13,85          | 13,93 |

Tabel 4.3. Oversigt over beregnede vintervandspejlskoter ved oprindeligt vinter-Manningtal fra før 2008 (24) og ved forventet fremtidigt vinter-Manningtal (20). Vandspejlskoterne er angivet i DVR 90.



De karakteristiske vintervandføringer er følgende:

Vintermiddel = 15,7 l/s/km<sup>2</sup>  
Vintermedianmaksimum = 28,0 l/s/km<sup>2</sup>  
5-årsmaksimum = 31,3 l/s/km<sup>2</sup>  
10-årsmaksimum = 33,6 l/s/km<sup>2</sup>

Det ses ved sammenligning af værdierne i tabel 4.1 og tabel 4.3, at de vandstande, der efter den kraftige udvikling i grødemængden kan forventes om sommeren, ligger på niveau med eller over de vandstande, der hidtil har forekommet eller som i fremtiden kan forventes at forekomme i vinterhalvåret.

I og med at vandstandsforholdene i 2009 blev oplevet som problematiske af husejere og lodsejere, er det forventeligt, at vandstandsforholdene vil blive oplevet som endnu mere problematiske ved mere normale sommervandføringer.

Hvis man ender med at vælge ikke at iværksætte grødeskæring, vil 2009-situationen illustrere afvandingsproblemet omfang i en vandføringsmæssigt tør sommer, mens beregningerne af vandstandsforholdene ved sommermidlevandføring henholdsvis sommermedianmaksimumsvandføring illustrerer afvandingsproblemet omfang i en vandføringsmæssigt normal henholdsvis våd sommer.

Man kan på den baggrund kortlægge påvirkningen af de ånære arealer med 2009-vandstanden som nedre værdi og vandstanden ved 10-årsmaksimumsvandføringen som øvre værdi af det vandstandsspektrum, der med den nuværende grødevækst kan forventes i Gudenåen.

## 4.2 Grødeskæring

Formålet med at iværksætte grødeskæring vil i givet fald være at løse det opståede vandstandsproblem i Gudenåen. Det helt centrale spørgsmål i forhold til afvandingsinteresserne er derfor, om grødeskæring i medfør af det gældende regulativ i det hele taget vil have betydende indflydelse på vandstanden i åen og dermed på afvandingsstilstanden på de ånære arealer. Eller sagt på en anden måde: er der en reel nytteværdi af at skære grøde? Og i givet fald, hvor mange skæringer skal der gennemføres, for at holde vandstanden nede på et for afvandingsinteresserne acceptabelt niveau i sommerperioden? På tilsvarende vis har det interesse at vide, om skæring i en bredere strømrørende på afgørende vis forbedrer nytteværdien af grødeskæringen.

Selve nytteværdien af grødeskæringen er ikke en objektiv størrelse. I forhold til ikke at skære grøde beror nytteværdien på, om vandstandssænkningen har en sådan størrelse, at den påvirker afvandingsstilstanden i betydende omfang. Det vil sige om det gør en forskel for lodsejere og husejere, om der skæres grøde eller ej.

Af betydning for grødeskæringens nytteværdi er også varigheden af den vandstandssænkning, som grødeskæringen kan forårsage. Selv en stor sænkning



af vandstanden kan have begrænset nytteværdi, dersom grødens genvækst hurtigt neutraliserer vandstandssænkningen.

Grødeskæringens nytteværdi kan endelig også ses i forhold til, hvor langt i retning af 2007-niveauet, en grødeskæring kan bringe vandstanden i åen.

#### 4.2.1 Skæring i 7 meter bred strømrende

Vandspejlsberegningerne viser, at skæring i en 7 meter bred strømrende har følgende effekter på vandspejlet ned over strækningen fra Silkeborg til Tange Sø:

| Station | Før          | Efter | Før            | Efter | Før           | Efter | Før            | Efter |
|---------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|         | Sommermiddel |       | Medianmaksimum |       | 5-årsmaksimum |       | 10-årsmaksimum |       |
| 1790    | 19,19        | 19,01 | 19,40          | 19,23 | 19,56         | 19,40 | 19,70          | 19,55 |
| 3600    | 18,78        | 18,64 | 18,97          | 18,86 | 19,13         | 19,03 | 19,28          | 19,19 |
| 5550    | 18,58        | 18,42 | 18,78          | 18,64 | 18,95         | 18,82 | 19,09          | 18,97 |
| 6500    | 18,52        | 18,32 | 18,72          | 18,54 | 18,88         | 18,72 | 19,03          | 18,87 |
| 7800    | 18,49        | 18,28 | 18,68          | 18,49 | 18,84         | 18,66 | 18,98          | 18,81 |
| 8500    | 18,35        | 18,12 | 18,54          | 18,33 | 18,69         | 18,49 | 18,82          | 18,64 |
| 8750    | 18,25        | 18,02 | 18,44          | 18,23 | 18,59         | 18,40 | 18,72          | 18,54 |
| 11999   | 17,10        | 16,82 | 17,29          | 17,03 | 17,44         | 17,20 | 17,57          | 17,34 |
| 13500   | 16,23        | 15,98 | 16,43          | 16,19 | 16,59         | 16,36 | 16,73          | 16,51 |
| 15500   | 15,30        | 15,08 | 15,50          | 15,29 | 15,66         | 15,46 | 15,79          | 15,60 |
| 17500   | 14,57        | 14,43 | 14,76          | 14,62 | 14,92         | 14,77 | 15,06          | 14,91 |
| 18000   | 14,46        | 14,33 | 14,66          | 14,51 | 14,81         | 14,66 | 14,95          | 14,79 |
| 18400   | 14,35        | 14,23 | 14,53          | 14,41 | 14,69         | 14,55 | 14,82          | 14,68 |
| 20850   | 13,90        | 13,93 | 14,02          | 14,03 | 14,12         | 14,12 | 14,22          | 14,21 |

Tabel 4.4. Oversigt over beregnede vandspejlskoter (DVR 90) i Gudenåen før og efter grødeskæring i en 7 meter bred strømrende ved forskellige karakteristiske vandføringer. Stationeringen fremgår af Bilag 1.

Disse ændringer svarer til følgende sænkninger af vandspejlet på strækningen fra Silkeborg til Tange Sø:

| Station | Sommermiddel | Medianmaksimum | 5-årsmaksimum | 10-årsmaksimum |
|---------|--------------|----------------|---------------|----------------|
| 1790    | 0,18         | 0,17           | 0,16          | 0,15           |
| 3600    | 0,14         | 0,12           | 0,10          | 0,09           |
| 5550    | 0,16         | 0,15           | 0,13          | 0,12           |
| 6500    | 0,20         | 0,18           | 0,16          | 0,15           |
| 7800    | 0,21         | 0,19           | 0,18          | 0,17           |
| 8500    | 0,22         | 0,21           | 0,19          | 0,18           |
| 8750    | 0,23         | 0,21           | 0,20          | 0,18           |
| 11999   | 0,28         | 0,26           | 0,24          | 0,23           |
| 13500   | 0,25         | 0,24           | 0,23          | 0,22           |
| 15500   | 0,22         | 0,21           | 0,20          | 0,19           |
| 17500   | 0,14         | 0,14           | 0,15          | 0,15           |
| 18000   | 0,14         | 0,15           | 0,15          | 0,16           |
| 18400   | 0,11         | 0,13           | 0,14          | 0,14           |
| 20850   | -            | -              | -             | -              |

Tabel 4.5. Oversigt over de beregnede vandspejlssænkninger (m) som følge af grødeskæring i 7 meter bred strømrende ved 4 forskellige karakteristiske vandføringer. Bemærk: de anførte værdier angiver vandstandssænkningernes maksimale størrelse, der typisk forekommer kort efter grødeskæring. Sænkningerne vil gradvis blive mindre i takt med grødens genvækst i strømrenden. Den gennemsnitlige vandstandssænkning vil (ved konstant vandføring) være ca. halvt så stor som den maksimale vandstandssænkning. Stationeringen fremgår af Bilag 1.

Det ses af tabellerne, at grødeskæring i den regulativbestemte 7 meter brede strømrende har en relativt beskeden effekt på vandstanden i åen og dermed på afvandingstilstanden omkring åen. På den mest kritiske del af strækningen, omkring Kongensbro, er den opnåelige vandstandssænkning således kun ca. 14-16 cm.



#### 4.2.2 Skæring i 10 meter bred strømrende

Vandspejlsberegningerne viser, at skæring i en 10 meter bred strømrende har følgende effekter på vandspejlet:

| Station | Før          | Efter | Før            | Efter | Før           | Efter | Før            | Efter |
|---------|--------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|----------------|-------|
|         | Sommermiddel |       | Medianmaksimum |       | 5-årsmaksimum |       | 10-årsmaksimum |       |
| 1790    | 19,19        | 18,93 | 19,40          | 19,15 | 19,56         | 19,32 | 19,70          | 19,48 |
| 3600    | 18,78        | 18,55 | 18,97          | 18,77 | 19,13         | 18,94 | 19,28          | 19,10 |
| 5550    | 18,58        | 18,32 | 18,78          | 18,54 | 18,95         | 18,72 | 19,09          | 18,88 |
| 6500    | 18,52        | 18,22 | 18,72          | 18,45 | 18,88         | 18,63 | 19,03          | 18,79 |
| 7800    | 18,49        | 18,18 | 18,68          | 18,40 | 18,84         | 18,57 | 18,98          | 18,73 |
| 8500    | 18,35        | 18,03 | 18,54          | 18,24 | 18,69         | 18,41 | 18,82          | 18,56 |
| 8750    | 18,25        | 17,93 | 18,44          | 18,15 | 18,59         | 18,32 | 18,72          | 18,46 |
| 11999   | 17,10        | 16,74 | 17,29          | 16,95 | 17,44         | 17,11 | 17,57          | 17,25 |
| 13500   | 16,23        | 15,90 | 16,43          | 16,12 | 16,59         | 16,28 | 16,73          | 16,43 |
| 15500   | 15,30        | 15,00 | 15,50          | 15,21 | 15,66         | 15,38 | 15,79          | 15,53 |
| 17500   | 14,57        | 14,38 | 14,76          | 14,56 | 14,92         | 14,72 | 15,06          | 14,86 |
| 18000   | 14,46        | 14,28 | 14,66          | 14,46 | 14,81         | 14,61 | 14,95          | 14,75 |
| 18400   | 14,35        | 14,19 | 14,53          | 14,36 | 14,69         | 14,51 | 14,82          | 14,64 |
| 20850   | 13,90        | 13,87 | 14,02          | 13,98 | 14,12         | 14,07 | 14,22          | 14,16 |

Tabel 4.6. Oversigt over beregnede vandspejlskoter (DVR 90) i Gudenåen før og efter grødeskæring i en 7 meter bred strømrende ved forskellige karakteristiske vandføringer. Stationeringen fremgår af Bilag 1.

| Station | Sommermiddel | Medianmaksimum | 5-årsmaksimum | 10-årsmaksimum |
|---------|--------------|----------------|---------------|----------------|
| 1790    | 0,27         | 0,25           | 0,23          | 0,22           |
| 3600    | 0,23         | 0,21           | 0,19          | 0,18           |
| 5550    | 0,26         | 0,24           | 0,22          | 0,21           |
| 6500    | 0,30         | 0,27           | 0,26          | 0,24           |
| 7800    | 0,30         | 0,28           | 0,27          | 0,25           |
| 8500    | 0,32         | 0,29           | 0,27          | 0,26           |
| 8750    | 0,32         | 0,30           | 0,28          | 0,26           |
| 11999   | 0,36         | 0,35           | 0,33          | 0,32           |
| 13500   | 0,33         | 0,32           | 0,30          | 0,29           |
| 15500   | 0,30         | 0,29           | 0,28          | 0,26           |
| 17500   | 0,19         | 0,20           | 0,20          | 0,20           |
| 18000   | 0,18         | 0,19           | 0,20          | 0,20           |
| 18400   | 0,16         | 0,17           | 0,18          | 0,19           |
| 20850   | 0,03         | 0,04           | 0,05          | 0,06           |

Tabel 4.7. Oversigt over de beregnede vandspejlssænkninger (m) som følge af grødeskæring i 10 meter bred strømrende ved 4 forskellige karakteristiske vandføringer. Bemærk: de anførte værdier angiver vandstandssænkningernes maksimale størrelse, der typisk forekommer kort efter grødeskæring. Sænkningerne vil gradvis blive mindre i takt med grødens genvækst i strømrenden. Den gennemsnitlige vandstandssænkning vil (ved konstant vandføring) være ca. halvt så stor som den maksimale vandstandssænkning. Stationeringen fremgår af Bilag 1.



Det ses af tabellerne, at også grødeskæring i en 10 meter bred strømrende har en relativt beskeden effekt på vandstanden i åen og dermed på afvandingstilstanden omkring åen. På den mest kritiske del af strækningen, omkring Kongensbro, er den opnåelige vandstandssænkning således kun ca. 18-20 cm.

Ved sammenligning af værdierne i tabel 4.2 og 4.4 ses det, at skæring i en 10 meter bred strømrende er forbundet med en relativt stor, men i absolutte værdier mere beskeden øgning af vandspejlssænkningen.

| Station | Sommermiddel | Medianmaksimum | 5-årsmaksimum | 10-årsmaksimum |
|---------|--------------|----------------|---------------|----------------|
| 1790    | 45           | 47             | 47            | 44             |
| 3600    | 65           | 77             | 87            | 96             |
| 5550    | 61           | 65             | 71            | 73             |
| 6500    | 51           | 53             | 56            | 56             |
| 7800    | 45           | 46             | 47            | 47             |
| 8500    | 42           | 41             | 41            | 42             |
| 8750    | 39           | 40             | 41            | 42             |
| 11999   | 31           | 34             | 36            | 39             |
| 13500   | 31           | 31             | 33            | 34             |
| 15500   | 34           | 36             | 39            | 39             |
| 17500   | 39           | 38             | 34            | 32             |
| 18000   | 35           | 32             | 29            | 27             |
| 18400   | 42           | 36             | 31            | 29             |
| 20850   | -            | -              | -             | -              |

| Station | Sommermiddel | Medianmaksimum | 5-årsmaksimum | 10-årsmaksimum |
|---------|--------------|----------------|---------------|----------------|
| 1790    | 8            | 8              | 7             | 7              |
| 3600    | 9            | 9              | 9             | 9              |
| 5550    | 10           | 10             | 9             | 9              |
| 6500    | 10           | 9              | 9             | 9              |
| 7800    | 9            | 9              | 8             | 8              |
| 8500    | 9            | 9              | 8             | 8              |
| 8750    | 9            | 8              | 8             | 8              |
| 11999   | 9            | 9              | 9             | 9              |
| 13500   | 8            | 7              | 8             | 7              |
| 15500   | 8            | 8              | 8             | 7              |
| 17500   | 5            | 5              | 5             | 5              |
| 18000   | 5            | 5              | 4             | 4              |
| 18400   | 5            | 5              | 4             | 4              |
| 20850   | -            | -              | -             | -              |

Tabel 4.8. Oversigt over de procentuelle (øverst) og absolutte (cm) øgninger af vandspejls-sænkningerne ved øgning af strømrendebredden fra 7 meter til 10 meter. Stationeringen fremgår af Bilag 1.

#### 4.2.3 Grødeskæring ved 2009-sommervandføring

Der er for fuldstændighedens skyld også lavet en analyse af, hvorledes grødeskæring i 7 henholdsvis 10 meter bred strømrende vil påvirke vandspejlskoten ned over strækningen fra Silkeborg til Tange Sø, dersom vandføringen er så lav som i sommeren 2009 (6,8 l/s/km<sup>2</sup>), se tabel 4.9.

| Station | M 2007 | M Før | M 7 meter | M 10 meter |
|---------|--------|-------|-----------|------------|
| 1790    | 18,27  | 18,98 | 18,78     | 18,70      |
| 3600    | 17,78  | 18,58 | 18,41     | 18,32      |
| 5550    | 17,59  | 18,37 | 18,18     | 18,09      |
| 6500    | 17,53  | 18,30 | 18,09     | 17,99      |
| 7800    | 17,51  | 18,27 | 18,05     | 17,96      |
| 8500    | 17,40  | 18,14 | 17,90     | 17,81      |
| 8750    | 17,29  | 18,05 | 17,81     | 17,72      |
| 11999   | 16,12  | 16,88 | 16,60     | 16,52      |
| 13500   | 15,23  | 16,04 | 15,75     | 15,66      |
| 15500   | 14,37  | 15,14 | 14,86     | 14,79      |
| 17500   | 13,79  | 14,39 | 14,25     | 14,19      |
| 18000   | 13,73  | 14,27 | 14,15     | 14,11      |
| 18400   | 13,69  | 14,16 | 14,07     | 14,02      |
| 20850   | 13,58  | 13,75 | 13,83     | 13,78      |

Tabel 4.9. Oversigt over beregnede vandspejlskoter (DVR 90) ved det sommer-Manningtal, der var gældende i 2007 og tidligere samt ved det sommer-Manningtal, der var gældende i 2009. Alle værdier er gældende ved sommermiddelvandføringen i 2009 (6,8 l/s/km<sup>2</sup>). M 2007 er vandspejlet, som det ville have været i 2009 med samme Manningtal, som var gældende i 2007 og tidligere. M Før er vandspejlet, som det var i sommeren 2009 med det beregnede Manningtal (7,5). M 7 meter og M 10 meter er vandspejlet, som det er beregnet til at ville have været efter grødeskæring i 7 meter henholdsvis 10 meter bred strømrende.

Det ses af tabellen, at den kraftige stigning i mængden af grøde selv ved den usædvanligt lave sommermiddelvandføring i 2009 forårsagede en vandspejls-hævning 0,5-0,7 meter, mens grødeskæring kun ville kunne have forårsaget en langt mindre sænkning af vandspejlet.

#### 4.2.4 Genvækst og gentagen grødeskæring

Effekten af en enkelt grødeskæring vil have begrænset varighed på grund af grødens genvækst i strømrenden.

Det vurderingen, at genvæksten i Gudenåen vil "neutralisere" effekten af en grødeskæring i løbet af ca. 5 uger. Det betyder, at hvis der kun gennemføres en enkelt grødeskæring, vil den maksimale vandstandssænkning kun være til stede i ganske kort tid efter grødeskæringen, hvorefter den gradvis reduceres til nul.

Man kender ikke genvækstens tidlige forløb, men det er antagelsen, at hvis der ved grødeskæringen skæres helt i bund, vil genvæksten indledningsvis være relativt langsom, idet den første skudvækst vil skulle ske på grundlag af



oplagsnæring i jordstænglerne. Så snart nye skud og blade er udviklet, vil genvæksten antagelig ske med tiltagende hastighed indtil skuddene når maksimal størrelse og længde, og indtil selvskygning begynder at hæmme væksten. Genvæksten vil herefter gradvis blive langsommere og til sidst gå i stå, typisk når skuddene når op i nærheden af overfladen eller så langt op, som strømmen tillader.

En enkelt grødeskæring vil i henseende til visse interesser kunne være tilstrækkelig til at sikre end tilfredsstillende afvandingstilstand, mens det i henseende til andre interesser vil kunne være nødvendigt med gentagen grødeskæring for at sikre en tilfredsstillende afvandingstilstand i en længere periode.

Hvis man antager, at grøden er fuldt udviklet i slutningen af juni, vil der i tilfælde af behov for reduceret vandstand gennem en længere periode skulle skæres grøde første gang i slutningen af juni.

Med fuldstændig neutralisering af vandstandssænkningen i løbet af 5 uger vil der typisk skulle foretages fornyet grødeskæring efter ca. 4 uger for at undgå, at der opstår en periode uden effekt af den første grødeskæring. Og så fremdeles. Hvis første grødeskæring gennemføres i slutningen af juni, vil der ved gentagen grødeskæring i slutningen af juli og august kunne opretholdes reduceret vandstand i åen og forbedret afvandingstilstand på de ånære arealer i ca. 2 henholdsvis ca. 3 måneder.



## Samlet vurdering

Analyserne af mulighederne for at sænke vandstanden i Gudenåen gennem grødeskæring viser, at det ved skæring i den regulativbestemte strømrønde på 7 meters bredde ved sommermiddelvandføring er muligt at sænke vandstanden med i gennemsnit ca. 20 cm på strækningen fra Silkeborg til Tange Sø, men med kun ca. 15 cm på den nedre del af strækningen, omkring Kongensbro.

Disse vandstandssænkninger kan ved sommermiddelvandføring øges til ca. 27 cm henholdsvis ca. 21 cm ved udvidelse af strømrønden til 10 meter.

For begge strømrøndebredder gælder, at effekten af grødeskæring på vandstanden er svagt aftagende med stigende vandføring.

For begge strømrøndebredder gælder endvidere, at det på grund af grødens genvækst formodes at kræve flere end én grødeskæring for at opretholde reduceret vandstand gennem sommerperioden.

I forhold til afvandingsinteresserne vil det være af særlig interesse at undgå høje vandstande mellem 2 grødeskæringer. For at undgå at genvæksten neutraliserer vandstandssænkningen fuldt ud, er det vurderingen, at flere på hinanden følgende grødeskæringer vil skulle gennemføres med et interval på maksimum 4 uger. Det er endvidere vurderingen, at første grødeskæring i år med normal grødeudvikling vil skulle gennemføres i slutningen af juni, hvorfor efterfølgende grødeskæringer vil skulle gennemføres i slutningen af juli og slutningen af august.

Ved vurderingen af grødeskæringens nytteværdi er det vigtigt at være opmærksom på, at mens ovennævnte vandspejlssænkninger er de maksimumsværdier, der kan opnås umiddelbart efter grødeskæring, vil de gennemsnitlige vandspejlssænkninger i sommerperioden være markant mindre, formodentlig i størrelsesordenen 50 % af de maksimale sænkninger.

Grødeskæringens nytteværdi i forhold til afvandingsinteresserne er analyseret i notatet "Vurdering af grødeskæring vs. alternative foranstaltninger til håndtering af forhøjet vandstand i Gudenåen på strækningen fra Silkeborg til Tange Sø".



## Bilag 1 – Kort over stationering af Gudenåen på strækningen mellem Silkeborg og Tange Sø





















