

ANALYSE AF ILTPROBLEMER I LINDENBORG Å VED GRAVLEV

Jens-Ole Frier

Niels Iversen

Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi

Michael Robdrup Rasmussen

Institut for Byggeri og Anlæg

Registreringsblad

Udgiver: Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi, Aalborg Universitet
Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Aalborg

Serietitel, nr.: Report - Environmental Engineering Laboratory,
Aalborg University, No. 3

Udgivelsesår: 2006

Titel: Analyse af iltproblemer i Lindenberg Å ved Gravlev

Forfatter(e): Frier, Jens-Ole; Iversen, Niels; Rasmussen, Michael Robdrup

Resumé: Rapporten vedrører en undersøgelse af årsagerne til de lave iltværdier Nordjyllands Amt har målt i Lindenberg Å på strækningen fra Rebild Bakker og nedstrøms. Rapporten fokuserer på indflydelsen fra engområder, der oversvømmes i sommerperioden.

Emneord:

vandløb, iltmangel, oversvømmede enge, vandløbspleje, vandløbsrestaurering

ISBN: 87-90033-43-4

ISSN: 1600-1850

Format: A4

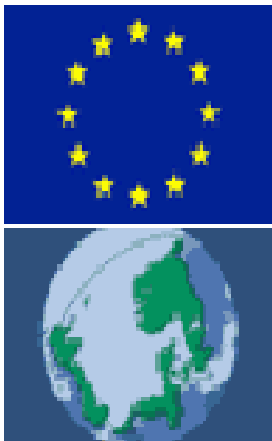
Sidetæl: 39

Oplag: 50

Andre oplysninger: Omslag: Hanne Rimmen

Tryk: Uniprint, Aalborg University

Forord



Interreg North Sea Region



Denne rapport er resultatet af et samarbejde mellem Nordjyllands Amtskommune – Teknik og Miljøområdet og Aalborg Universitet – Institut for Kemi, Miljø og Bioteknologi.

Baggrunden er en konstatering gennem flere år af meget lave iltværdier i Lindenberg Å nedstrøms Rebild Bakker. Engområder i området, der oversvømmes i sommerferien var en mulig årsag til disse problemer og arbejdet har derfor fokuseret på vandløbsstrækningen fra Nybro til Buderupholm og et tilhørende engområde omtrent midt på denne strækning.

Der har været gennemført en lang række målinger på strækningen i løbet af sommeren 2005 med henblik på en afklaring af problemstillingen.

Fra Nordjyllands Amtskommune har projektet været styret af agronom Gustav Schaarup fra Naturkontoret og målingerne været udført af miljøtekniker Torben Petersen. Fra Aalborg Universitet projektet været styret af institutleder Jens-Ole Frier medens målingerne har været foretaget af forfatterne, studerende Mark Højfeldt og laboranterne Kirsten Maagaard og Helle Blenstrup.

Undersøgelsen er støttet fra EU's Nordsøprogram, gennem det såkaldte SPARC projekt, der arbejder med erfaringsudveksling mellem deltagerlandene om bæredygtig udvikling af ådale.



INDHOLDSFORTEGNELSE

1	INDLEDNING	3
1.1	Lokalitet	4
1.2	Målestrategi.....	5
2	RESULTATER OG DISKUSSION.....	9
2.1	Måling af transporttiden på vandløbsstrækningerne.....	9
2.2	Måling af geniltningen på vandløbsstrækningerne	13
2.3	Vandbalancen i hele området	15
2.4	Iltforbruget opstrøms engområdet.....	17
2.5	Vandstanden på engområdet.....	20
2.6	Måling af engvandets iltforbrug.....	22
2.7	Indholdet af kvælstofholdige forbindelser i engvandet.	22
2.8	Indholdet af uorganiske forbindelser i engvandet	24
2.9	Indholdet af kortkædede organiske forbindelser i engvandet	25
2.10	Iltniveauet på engen.....	25
2.11	Iltniveauet efter udløbet af engvandet i åen	26
2.12	Iltniveau i stationen opstrøms Gravlev Sø – station 4	28
2.13	Iltforbrug fra Gravlev Sø til Blåkildespangen	29
2.14	Iltforbrug fra Blåkildespang til Buderupholm.....	32
2.15	Beregning af minimumsilt niveauer i åstrækningen uden oversvømmelse af engarealet	34
3	SAMMENFATNING.....	37

1 Indledning

I forbindelse med restaureringsprojekter i vandløb ændres vandstandsforholdene i hele ådalen sig ofte. Det gælder både, når det drejer sig om simpel ændring af grødeskæringspraksis, og når det drejer sig om mere omfattende projekter. Specielt vil der i forbindelse med projekter, der tilsigter fjernelse af kvælstof, oftest foregå større oversvømmelser af engarealer.

Nordjyllands Amt har i forbindelse med målinger af iltforhold i tilknytning til oversvømmelser i Lindenberg Ådal fundet meget lave iltværdier i vandløbet. Der er fundet værdier ned til 2 mg ilt pr liter, hvilket er dødeligt for ørred indenfor få minutter. På talrige stationer er der konstateret værdier på 4 mg ilt pr liter eller derunder, hvilket får ørreder til at forlade området. Under alle omstændigheder findes på alle målestationer værdier under den vejledende minimumsværdi på 6 mg ilt pr l.

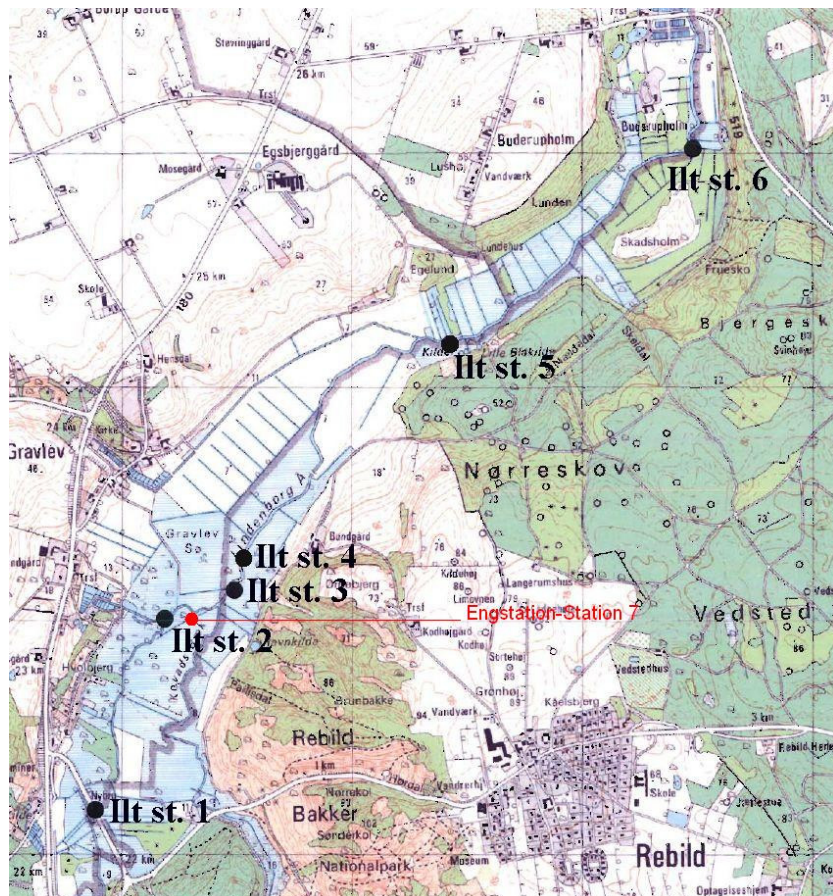
Efterfølgende punktmålinger har vist, at dette iltforbrug kan relateres til udledning af vand fra oversvømmede enge. På en lokalitet ved Gravlev findes to oversvømmingsområder. Et område, der oversvømmes om sommeren, i hjørnet mellem åens hovedløb og Kovadsbækken, og et område, der oversvømmes permanent, kaldet Gravlev Sø. Punktmålinger på langs af vandløbet fra spangen ovenfor Kovadsbækken, forbi bækkens munding og videre forbi udløbet af Gravlev Sø viser følgende mønster:

- Iltniveauet er normalt (10 mg/l) ovenfor det punkt, hvor vandet fra det oversvømmede område løber i åen (10 m opstrøm Kovadsbæk).
- Iltniveauet falder herfra dramatisk iden side af vandløbet, hvor engarealet afvander.
- Iltniveauet i Kovadsbækken er normalt (10mg/l) indtil 25 m fra mundingen, hvor engarealet udleder en mindre del af sit vand.
- Efter opblanding af de tre vandmasser falder iltniveauet yderligere til 4 mg/l ovenfor udledningen fra Gravlev Sø.
- Efter denne udledning falder iltniveauet yderligere. I første omgang langs samme bred som udledningen.
- Efter opblanding falder iltniveauet yderligere til 2 mg/l 500 m længere nedstrøms.
- Herfra stiger åens iltforhold niveau langsomt igen. I alt skønnes ca. 10 km vandløb at være berørt.

Det må på baggrund af ovenstående umiddelbart konkluderes, at de oversvømmede områder har afgørende indflydelse på iltforholdene i vandløbet.

1.1 LOKALITET

Den valgte målelokalitet (Figur 1) strækker sig fra Nybro, hvor vejen mellem den gamle hovedvej 10 og Rebild går over Lindenberg til en målestation umiddelbart ovenfor Buderupholm dambrug.



Figur 1. Oversigt over målestationer på forsøgsarealet ved Gravlev. De 6 første målestationer er i vandløbet nummereret fra den opstrøms ende. Den sidste station er på det oversvømmede areal. 1992/kd.86.1029

På dette område er placeret 7 målestationer. På kortet (Figur 1) kan man se placeringen af målestationerne. I Tabel 1 kan man se afstanden mellem dem. I Tabel 2 kan man se, hvad der er blevet målt på de enkelte stationer, og i Tabel 3 kan man se, hvad der er blevet målt på strækningerne mellem stationerne

Tabel 1. Positionering af målestationer i Gravlev Ådal.

Station nr.	Position m	Afstand fra foregående m
1	0	
2	971	971
3	1400	429

4	1551	151
5	3117	1566
6	4549	1432
7	På engen	På engen

Tabel 2. Målinger foretaget i de forskellige stationer.

Station	Ilt Temp.	BI-5 OUR	Red. Uorg.	Red. Org.	N Forb.	Metan	Vand- stand	Vand- føring
1	X		X	X	X	X		X
2	X		X	X	X	X	X	X
3	X		X	X	X	X		
4	X		X	X	X	X		
5	X		X	X	X	X		X
6	X		X	X	X	X		X
7	X	X	X	X	X	X		

Tabel 3. Målinger foretaget på de forskellige strækninger. Felterne med minus markerer strækninger der er forsøgt målt, men hvor målingerne er mislykkedes pga. manglende vandføring i selve åen.

Strækning	Sporstof	Geniltning
1-2	X	X
2-3	-	-
3-4	-	-
4-5	-	-
5-6	X	X

1.2 MÅLESTRATEGI

Der er umiddelbart fem muligheder for, hvordan iltforbrug i et vandløb kan stamme fra et oversvømmet engareal:

1. Iltforbrug på det oversvømmede område, der resulterer i fuldstændigt iltfrit vand. Påfølgende udledning og opblanding af dette med åvand.
2. Udsivning af reducerede, uorganiske forbindelser til vandet i engene og et fortsat iltforbrug fra disse efter sammenblanding med åvandet.

3. Udsivning af delvist nedbrudte organiske forbindelser fra engområdet til vandet og et fortsat iltforbrug af disse efter sammenblanding med åvandet.
4. Kontinuert udvaskning af partikulært organisk materiale fra engene til vandløbet og et påfølgende iltforbrug fra dette på vandløbsbunden.
5. Pludselig udvaskning af større mængder partikulært organisk stof fra engen til vandløbet i forbindelse med store ændringer af åens vandstand. Påfølgende "forsinket" iltforbrug fra vandløbsbunden pga. sedimentation og nedbrydning af dette.

Forskellige kombinationer af dette er selvfølgelig også muligt.

Vi ved allerede at mulighed 1 forekommer; idet vandets iltindhold i engene er målt til tæt ved 0 mg/l selv i dagtimerne. Det vil sige, at iblanding af vand kan forklare det lave iltniveau, man finder efter udløbet af engvandet. Imidlertid falder iltkoncentrationen i det sammenblandede vand yderligere fra Kovadsbækkens udløb og videre nedstrøms. Det kan kun betyde, at vandets respiration på denne strækning overstiger geniltningen. Dette kan enten skyldes et af ovennævnte punkter 2-5 eller et stort iltforbrug i selve vandløbet fra grøde eller lignende.

Det kan derfor konkluderes, at iltforbrug i vandet inde over engene er betydende og under alle omstændigheder er en del af den samlede forklaring, men at det ikke kan være hele forklaringen.

Mulighed nummer 2 vil nødvendigvis inkludere reducerede Fe, Mn, S eller N forbindelser. Det vil derfor blive nødvendigt at måle disse i udløbsvandet.

Muligheden for reducerede N-forbindelser undersøges direkte ved kemisk analyse for ammonium, nitrat og nitrit. De andre tre grundstoffer analyseres ved at måle mængden af grundstof direkte og på den baggrund lave en støkiometrisk beregning af deres samlede iltningspotentiale. Af hensyn til redoxforholdenes døgnvariation laves denne måling som en døgnmåling, hvis der ilt i engvandet på noget tidspunkt. Ellers foretages kun et passende antal målinger fra et udvalg tidspunkt.

Mulighed nummer 3 vil kunne indbefatte udledning af acetat eller mere komplicerede organiske forbindelser, der alle er slut- eller mellemprodukter af en anaerob nedbrydning af organisk stof i sedimentet. Acetat har pga sin mindre molekylestørrelse en langt hurtigere diffusionshastighed op gennem sedimentet end de mere langkædede organiske mellemprodukter. Der er derfor en stor sandsynlighed for, at acetat kan være en mulig årsag til iltforbruget. Der analyseres derfor direkte for dette og for andre kortkædede forbindelser.

Analyserne for hurtigt nedbrydeligt stof i engvandet slås sammen således, at der analyseres for både uorganisk og organisk stof samtidigt.

Den støkiometriske beregning af det potentielle iltforbrug fra opløste stoffer suppleres med analyse af det biologiske iltforbrug (OUR og

BI-5) fra prøver af engvandet. De to beregningsmetoder holdes op mod hinanden.

Det er muligt allerede på nuværende tidspunkt at beregne et iltforbrug i vandløbet på mellem 3 og 4 mg ilt pr liter pr time. Hvis dette skulle finde sted i vandfasen alene, ville det med en normal ratekonstant for nedbrydning på 0,02 pr time give en BI-5 i åvandet på mellem 150 og 200 mg/l, og en værdi for engvandet på op til 1000 mg/l. Dette er urealistisk højt, og under alle omstændigheder ville det være meget nemt at måle. Hvis det derimod drejer sig om ovennævnte hurtigt nedbrydelige stoffer med en ratekonstant på ca. 0,75/t, ville vi få en BI-5 i åvandet på 5-10mg/l og en tilsvarende i engvandet på 25-50 mg/l. Også i dette tilfælde er der tale om koncentrationer, der vil være meget lette at måle.

En beregning vha. Thackston og Krenkels formel viser på baggrund af af iltfrit vand i engområdet en geniltning i størrelsesorden 0,5 mg/l*t. Oveni dette tilføres med åvandet ca. 0,2 mg/l*t. Det forhåndkalkulerede iltforbrug på mindst 25 mg/l*t er altså så meget større end tilførslen af ilt, at vi må forvente iltfri forhold på engen også om dagen. Det er også blevet målt af amtet ved punktmålinger. Alligevel vil der som sikkerhed blive udført døgnmålinger af engvandets iltindhold mindst en gang.

Hvis mulighed 2 og/eller 3 skal have betydende indflydelse på åvandets iltindhold skal koncentrationen i engvandet med andre ord være høj og dermed nem at måle. Opsplitningen i de enkelte stoffers delbidrag vil derfor også være nem.

Et betydende kontinuerligt bidrag fra partikulært materiale måles som forskellen på BI-5 fra filtrerede og ufiltrerede vandprøver efter standardmetoden. Hvis bidraget er af signifikant størrelse vil det skulle give en betydelig forskel mellem disse to analyser, fordi det samlede bidrag er stort. Målingen udføres kun for at afkræfte, at der kan være et betydeligt bidrag fra denne kilde; idet det på forhånd må anses for ret usandsynligt.

Måling af OUR, det vil sige kontinuert måling af iltforbruget i en prøve af engvandet fra prøvetagningstidspunktet, bliver dermed hele programmets centrale måling. Den udføres meget hurtigt efter prøvetagning pga. de høje nedbrydningskonstanter og på ufiltrerede prøver af tekniske grunde. Den vil give både en nedbrydningsrate og en ækvivalent mængde af organisk stof.

Det skal understreges, at alle ovenstående muligheder for en sænkning af iltniveauet ved hjælp af kontinuerte udledninger stemmer godt overens med de aktuelle målinger af ilt i vandløbet, som netop viser den samme ilt-sænkning i månedslange perioder. Også efter udledningen fra Gravlev Sø er der fundet iltvind. Dette støtter formodningen om tilstedeværelsen af kontinuerte udledninger; idet der næppe kan udledes større mængder partikulært stof fra denne.

Målinger af bundens iltforbrug kunne direkte af- eller bekræfte formodningen om et forsinket sedimentbaseret iltforbrug. Det er imidlertid stort set umuligt at gennemføre en sådan måling direkte, da en

hvilken som helst manipulation af sedimentet vil ændre dettes redox-profil og derigennem ødelægge målingen.

Der vil i stedet blive anvendt en indirekte metode, hvor vandets beregnede samlede iltforbrug ($\text{mg/l}\cdot\text{t}$) fratrækkes det, som er fundet ved OUR analyser af vandet.

2 Resultater og diskussion

2.1 MÅLING AF TRANSPORTTIDEN PÅ VANDLØBSSTRÆKNINGERNE

2.1.1 Indledning

Det er nødvendigt at bestemme opholdstiden for opløste stoffer i vandløbet før man kan beregne iltens udveksling med omgivelserne. Opholdstiden bestemmes eksperimentielt i Lindenberg Å.

2.1.2 Metode

Forsøgene er gennemført ved at impulsdosere et flurocerende sporstof til vandløbet i 3 stationer. Sporstoffet er karakteriseret ved at være uskadeligt og målbart ned til meget lave koncentrationer. Dermed kan man reducere mængden af tilsat sporstof. Da konvektion og dispersion er de primære transportmekanismer i Lindeborg Å vil sporstoffet transporteres gennem vandløbet på samme måde som både ilt og propan. Det kan derfor antages, at sporstoffets opholdstid kan overføres direkte som ilt og propans opholdstid.

Det anvendte sporstof er Rodamin WT, som er godkendt af EPA til anvendelse i drikkevand i USA. Fluorocensen er målt med et backscatter fluorometer af typen Cyclops-7 (Turner Designs, Sunnyvale, Californien, USA).



Figur 2. Cyclops-7 (www.turnerdesigns.com).

Fluorometeret udstråler typisk en bølgelængde svarende til grønt lys, mens den måler i en bølgelængde svarende til rødt lys. Når Rodamin WT belyses med grønt lys exciteres molekylet og rødt lys udsendes. Mængden af rødt lys er da proportional med koncentrationen af Rodamin WT.

Vandløbet vil typisk have en række opløste og partikulære stoffer, som har en naturlig fluoroscens. Ved at måle i vandløbet før der er tilsat Rodamin WT, kan man bestemme denne baggrundskoncentration.

Baggrundskoncentrationen fratrækkes derfor alle målingerne for at finde den del af flurocensen, der skyldes Rodamin WT.

Teoretisk vil sporstoffet spredes både på langs og på tværs af vandløbet. For at forenkle beregningerne er det valgt kun at betragte den longitudinale transport af sporstoffet. Dermed kan det antages at der kun er tale om en endimensional transport.

Transport/dispersionsligningen for sporstof i et vandløb kan skrives som:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + U \frac{\partial C}{\partial x} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (1)$$

Hvor C er koncentrationen, t er tiden, x er stedet, U er middelhastigheden og D er dispersionskoefficienten.

Hvis det antages at sporstoffet doseres momentant og jævnt i vandløbet kan der beregnes en analytisk løsning til ligning (1):

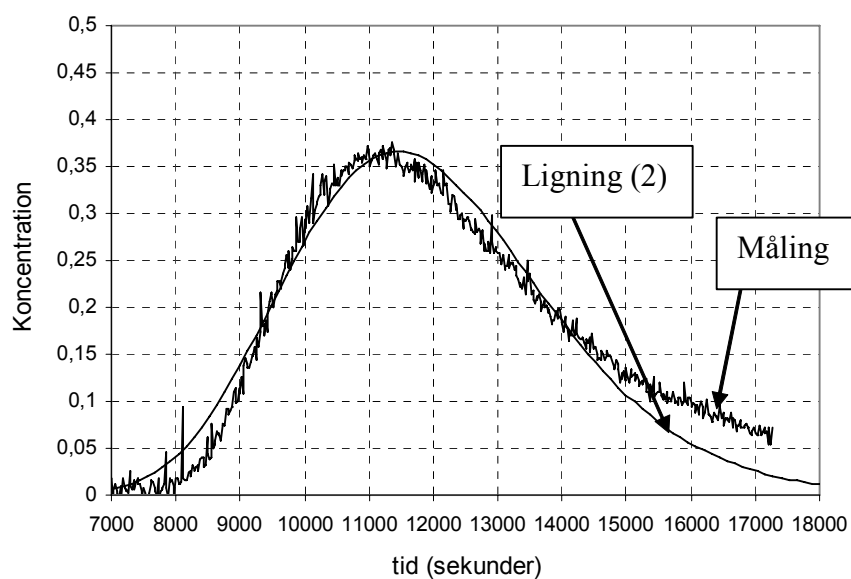
$$C(x, t) = \frac{(m / A)}{\sqrt{4 \pi D t}} \exp\left(-\frac{(L - U t)^2}{4 \pi t}\right) \quad (2)$$

Hvor m er massen af sporstof doseret, A er tværsnitsarealet og L er afstanden fra doseringspunktet til den station hvor man måler koncentrationen.

Formel (2) kan tilpasses til den målte sporstofkurve ved at variere primært på U og D. Opholdstiden kan derefter findes simpelt som:

$$t_h = \frac{L}{U} \quad (3)$$

Hvor t_h er opholdstiden.



Figur 3. Eksempel på tilpasning af ligning (2) til måling fra Lindenberg Å.

Som det kan ses af figur 2 er det ikke helt muligt at tilpasse den analytiske løsning til det målte forløb. Det skyldes primært at der typisk er langsomt strømmende zoner i siden af vandløbet, der ændre koncentrationsforløbet. Disse zoner bliver ofte karakteriseret som dødzoner pga. af deres mindre udveksling. En konkret undersøgelse af målingerne fra Lindenberg å viser imidlertid, at opholdstiden kun i ringe grad er følsom overfor forskelle i kurvens forside og bagside. Det vurderes at opholdstiden kun vil variere med $\pm 2\%$, hvis man tilpassede den analytiske løsning til hhv. forsiden eller bagsiden af kurven. Der ville imidlertid være store effekter på bestemmelsen af dispersionskoefficienten. Da dette ikke er målet for denne undersøgelse, kan den beskrevne metode godt bruges til bestemmelse af opholdstid.

Da det er muligt at bruge tilpasning af den analytiske løsning til transport/dispersionsligningen, er det også kun nødvendigt at måle en del af sporstofkurven. Erfaringsmæssigt er det nok at måle forbi topunktspassage for at have nok data til opholdstids bestemmelse.

2.1.3 Resultater

Sporstof er målt over tre dage i 4 forskellige stationer. Hovedresultaterne er angivet i tabel 1.

Tabel 4. Oversigt over målte opholdstider og transporthastigheder på undersøgelsesstrækningen.

Strækning	Længde m	Opholdstid min	Hastighed m/s
1 – midtstation (1-2)	616	79	0,13
Midtstation (1-2) – 2	455	92	0,07
2-3 ¹	429	-	-
5-6	1432	194	0,13

Det er tydeligt, at transporthastighederne generelt er lave i området. Det kan fra resultaterne ses, at opholdstiden forøges kraftig før Martin Hansens Spang (station 2). Dette kunne indikere, at der er tale om en signifikant opstuvning før det oversvømmede område. Ved at sammenligne den tilpassede analytiske løsning for de to øverste stationer kan det også konstateres, at der må være tale om en udveksling med omkringliggende arealer før Martin Hansens Spang (station 2).

Det er bemærkelsesværdigt, at det ikke var muligt at måle sporstoffet efter træbroen. Udstyret er i stand til at måle koncentrationer, der er væsentlig mindre end 0,1 ppb. Det må antages, at vandet forlader åen opstrøms og bevæger sig ud i de oversvømmede områder. Det er teoretisk muligt, at sporstoffet – efter lang tid – vil vende tilbage til vandløbet længere nede. Men på det tidspunkt vil det være blandet op med et meget stor vandvolumen fra de oversvømmede arealer.

For den sidste strækning er der igen tale om forhold der ligner strækningen nedstrøms Nybro.

2.1.4 Konklusion

Det kan ud fra sporstofmålingerne konkluderes at:

- Transporthastigheden ved den målte vandstand og vandføring generelt er lav.
- Der er tilsyneladende en opstuvning og signifikant udsivning fra åen, kort opstrøms Martin Hansens Spang (station2).
- Der er voldsom udsivning til de oversvømmede arealer nedstrøms Martin Hansens Spang (station2).

¹ Det skal bemærkes til resultaterne at det ikke var muligt at måle fra Martin Hansens Spang (station 2) ned over det oversvømmede areal. På trods af tilstrækkelig dosering af sporstof blev der ikke konstateret noget sporstof ved målestationerne. Ved doseringen i station 2 var sporstoffet tydeligt tilstede de første ca 100 m., herefter kunne det hverken ses eller måles. Efter ca 2 timers venten blev det besluttet at ro opstrøms igen. Her kunne der måles meget svage rester af sporstoffet opstrøms Kovadsbækken.

- Det er praktisk talt umuligt at tale om opholdstid i vandløbet gennem det oversvømmede område, da vandet ikke går direkte gennem vandløbet.

2.2 MÅLING AF GENILTNINGEN PÅ VANDLØBSSTRÆKNINGERNE

2.2.1 Metode

Geniltningen på målestrækningerne blev bestemt ved hjælp af kontinuert propantilsætning.

Geniltningen blev bestemt ved hjælp konstant propandosering i et punkt. Ved at lave en konstant dosering af propan opnår man en ligevægtskoncentration af propan i vandet. Når dette vand bevæger sig væk fra doseringspunktet bliver der afgivet propan til atmosfæren og ved at måle koncentrationen af propan i to stationer nedstrøms for doseringspunktet kan man beregne desoptionskoefficienten for propan ud fra følgende ligning:

$$K_p = \frac{1}{t_c} \ln \frac{(C_{p1} * Q_1)}{(C_{p2} * Q_2)} \quad (4)$$

Hvor: K_p = geniltningskoefficient for propan.

T_c = opholdstiden bestemt ved sporstoftilsætning

C_{p1} = steady state koncentrationen af propan i første målepunkt

C_{p2} = steady state koncentrationen af propan i andet målepunkt

Q_1 = Vandføring i første målepunkt

Q_2 = Vandføring i andet målepunkt

For at beregne geniltningskoefficienten (K_2) for ilt skal K_p korrigeres for at tage hensyn til forskel i masse og opløselighed ved hjælp af følgende relation.

$$K_2 = 1.39 * K_p \quad (5)$$

Hvor: K_2 = geniltningskoefficient for O_2

1.39 = konstant bestemt ud fra tankførsøg med ilt og propan (Rathbun et al. 1978)

K_2 kan temperaturkorrigeres ud fra følgende formel, hvor $K_2(10)$ beregnes:

$$K_2(10) = K_2(T)(1.0241)^{(10-T)} \quad (6)$$

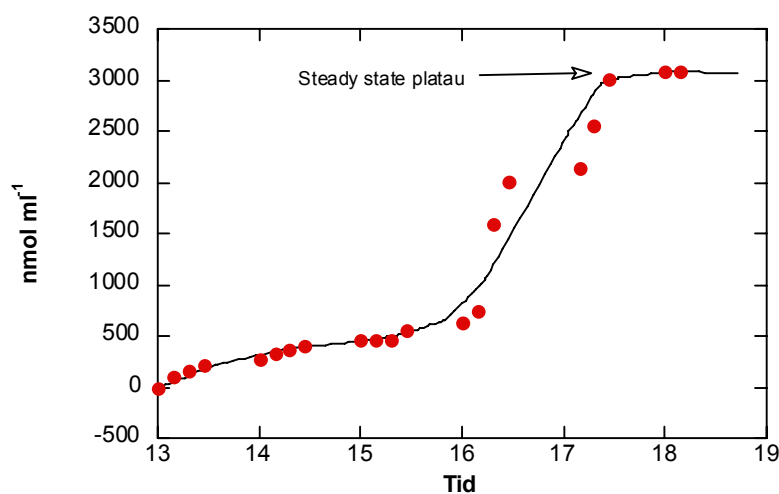
Hvor: T = vandtemperatur på måletidspunktet

$K_2(10)$ = geniltningskoefficient ved 10°

2.2.2 Resultater

Geniltningen med propanmetoden blev målt på strækningerne Nybro station 1) til Martin Hansens Spang (station 2) og Blåkildespang (station 5) til Buderupholm Dambrug (station 6). Det blev forsøgt at måle på strækningen mellem Martin Hansens Spang og Blåkildespangen, men det mislykkedes, fordi vandet stod stille på den første del af strækningen.

Ved geniltningmålingerne blev der doseret propan ved hjælp af en diffuser, der blev placeret på bunden af åen. Diffuseren var forbundet til en propanflaske, som blev sat til at give et flow på ca. 500 ml t⁻¹. Propantilsætningen blev påbegyndt ca. 30 min før rodamintilsætningen. Rodamin og propan blev målt i så stor en afstand fra doseringspunktet at vi er sikre på at have både propan og rodamin fuldt opblandet i vandsøjlen. På målestationen, blev der målt sporstof med flourometer (se 2.1) når sporstofmaksimum havde passeret målestationen blev der indsamlet vandprøver til propankoncentrations-bestemmelse. Prøverne til propananalyserne blev konserveret ved tilsætning af NaOH. Propan blev målt med en flamme ioniserings gaschromatograf og koncentrationen blev bestemt ud fra kendte propanstandarder.



Figur 4. Eksempel på hvorledes propankoncentrationen opnår steady state koncentration på stationen ved Martin Hansens Spang.

Ud fra koncentrationskurverne som vist på Figur 4 beregnes ligevægtskoncentrationen af propan på de enkelte målestationer. Følgende resultater blev opnået ved målingerne.

Tabel 5. Grunddata for bestemmelse af geniltning ud fra propanmetoden.

Station	∂ position (m)	Propan $\mu\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$	Vandføring (l-s)

1	0	3,204	426
2	971	3,087	426
5	0	2,99	930
6	1432	2,18	1032

Det var ikke muligt at bestemme en ligevægtskoncentration af propan på alle de målte strækninger. På de strækninger hvor det var muligt at bestemme ligevægtskoncentrationer af propan i vandsøjlen blev disse brugt til at beregne geniltningskoefficienten ud fra de ovenstående formler, resultaterne er vist i Tabel 6

Tabel 6. Beregnede geniltningskoefficienter beregnet ud fra konstant tilsætning af propan.

Kp t-1	K2 t-1	Vand temp (°C)	K 2(10) t-1
0.013	0.018	9.59	0.018
0.066	0.091	12.78	0.085

På den første strækning er geniltningen 5 gange så lav som målt på den sidste strækning. Udfra de observerede opholdstider er det klart, at vandhastigheden på den første strækning er meget langsom, hvilket vil være med til at sænke geniltningen. På den sidste strækning ned til Buderupholm Dambrug er opholdstiden noget kortere, og samtidig er vandhastigheden synligt noget højere end på den første strækning.

2.2.3 Konklusion

- På grund af vandløbets ringe fald på undersøgelsesstrækningen er geniltningen ligeledes meget lille.
- Geniltningen er markant højere på den sidste del af undersøgelsesstrækningen end på den første
- Udfør engområdet kan geniltningen ikke måles på grund af den store vandudveksling mellem vandløb og engområde

2.3 VANDBALANCEN I HELE OMRÅDET

Vandbalancen for området er indviklet, idet der på strækningen tilføres store mængder vand fra både kendte og ukendte kilder. Vandføringen mere end fordobles på forsøgsstrækningen.

Et forsøg på en oversigt gives nedenfor i

Tabel 7.

Tabel 7. Oversigt over vandbalancen i forsøgsområdet i perioden 20-23 sept. 2005.

Station	Vandføring l/s	Kommentar
Nybro (1)	438	Målt
Egebæk	56	Målt
Nybro og Egebæk	494	Beregnet
Martin H Spang (2)	388	Der mistes vand til engen ovenfor spangen
Manko til eng	105	Beregnet
Kovadsbæk	86	Målt
Ravnkilde	59	Målt
Diffus engtilledning	123	Beregnet
Station 4	762	Beregnet
Blåkildespang (5)	895	Målt
Blåkilde	110	Målt
Buderupholm	1005	Beregnet
Buderupholm	1032	Målt

2.4 ILTFORBRUGET OPSTRØMS ENGOMRÅDET

2.4.1 Metode

Iltniveauet i vandløbet blev målt med automatisk registrerende iltmålere, der registrerede iltniveauet en gang hver halve time. Iltmålerne blev jævnlige kalibreret mod luftens iltindhold, og resultaterne mellem to kalibreringer blev korrigeret ved lineær interpolation.

Iltforbruget blev beregnet ved en to stations analyse af natlige iltværdier med anvendelse af uafhængig bestemmelse af geniltningen.

- Natværdierne blev isoleret i de to stationer.
- Der blev lavet lineær regression for natværdier fra hvert enkelt nat i begge stationer.
- Der blev beregnet en ændring i iltkoncentrationen ved at fratække begyndelsesværdien i opstrømsstationen den ved hjælp af regressionen fundne slutværdi for den samme vandmasse i den nedstrøms station. Det vil sige koncentrationen i nedstrøms stationen opholdstiden senere.
- Værdierne blev sammen med de målte værdier for geniltning indsat i iltbalancen for vandløbsstrækningen

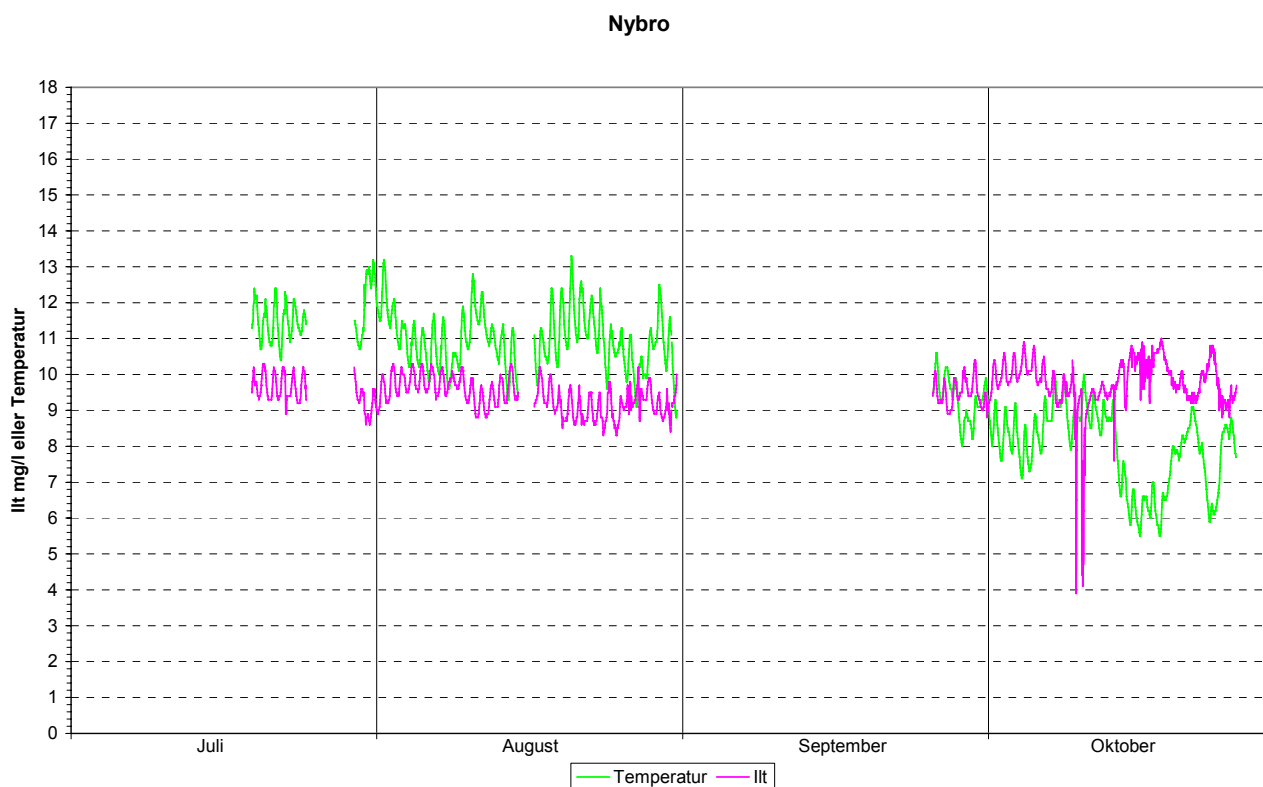
$$\Delta C / \Delta t = R(T) - K_2(T) \times (C_m - \hat{C}) \Leftrightarrow$$

$$R(T) = \Delta C / \Delta t + K_2(T) \times (C_m - \hat{C}) \quad (7)$$

Hvor: ΔC er iltforskellen mellem stationerne for den samme vandmasse, Δt er opholdstiden, $K_2(T)$ er geniltningkonstanten ved temperaturen T , C_m er mætningskoncentrationen ved temperaturen T , \hat{C} er den gennemsnitlige iltkoncentration på strækningen og $R(T)$ er respirationen ved temperaturen T .

- Ovenstående ligning blev løst mht. respirationen.
- Respirationen blev standardiseret til 10°C vha en Q-10 på 2.

2.4.2 Resultater



Figur 5. Ilt og temperaturforløb gennem måleperioden ved Nybro.

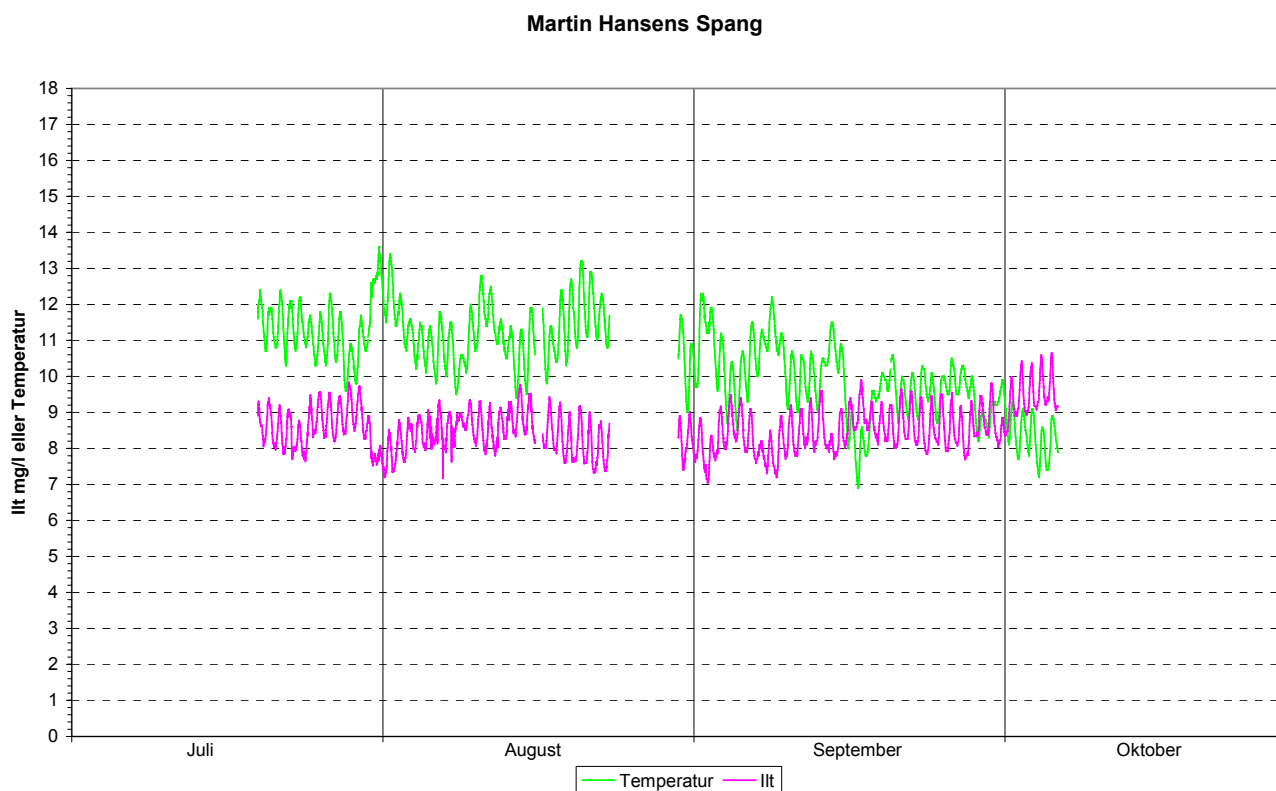
På figuren ses, hvordan temperatur og iltforløb gennem sommer- og efterårsmånederne har et næsten optimalt forløb for trivsel af laksefisk.

Temperaturen har om sommeren et gennemsnit på ca. 11° med en variation mellem dag og nat på mindre end 2°. Senere på efteråret falder temperaturen til 8,5° i gennemsnit og har stadig en meget lille døgnvariation. Kun helt til sidst i forløbet ses en direkte påvirkning fra efterårets regnvejr, men stadig er 6° den lavest målte temperatur. I forhold

til ørredens temperaturoptimum på ca 12° er temperaturen på målestationen særdeles god og burde tilsige en høj vækst hos ørreder.

Iltniveauet ligger igennem alle månederne med et gennemsnit på ca. 9,5mg/l, hvilket er mellem 80% og 90% mætning. Udsvingene er små og holder sig indenfor 1 mg/l. Ved de aktuelle temperaturer vil de målte ilt niveauer aldrig være begrænsende for ørredens vækst.

Den ekstraordinære ilt-sænkning i oktober falder sammen med udledning af organisk materiale fra oprensningen af mølledammen ved Røde Mølle.



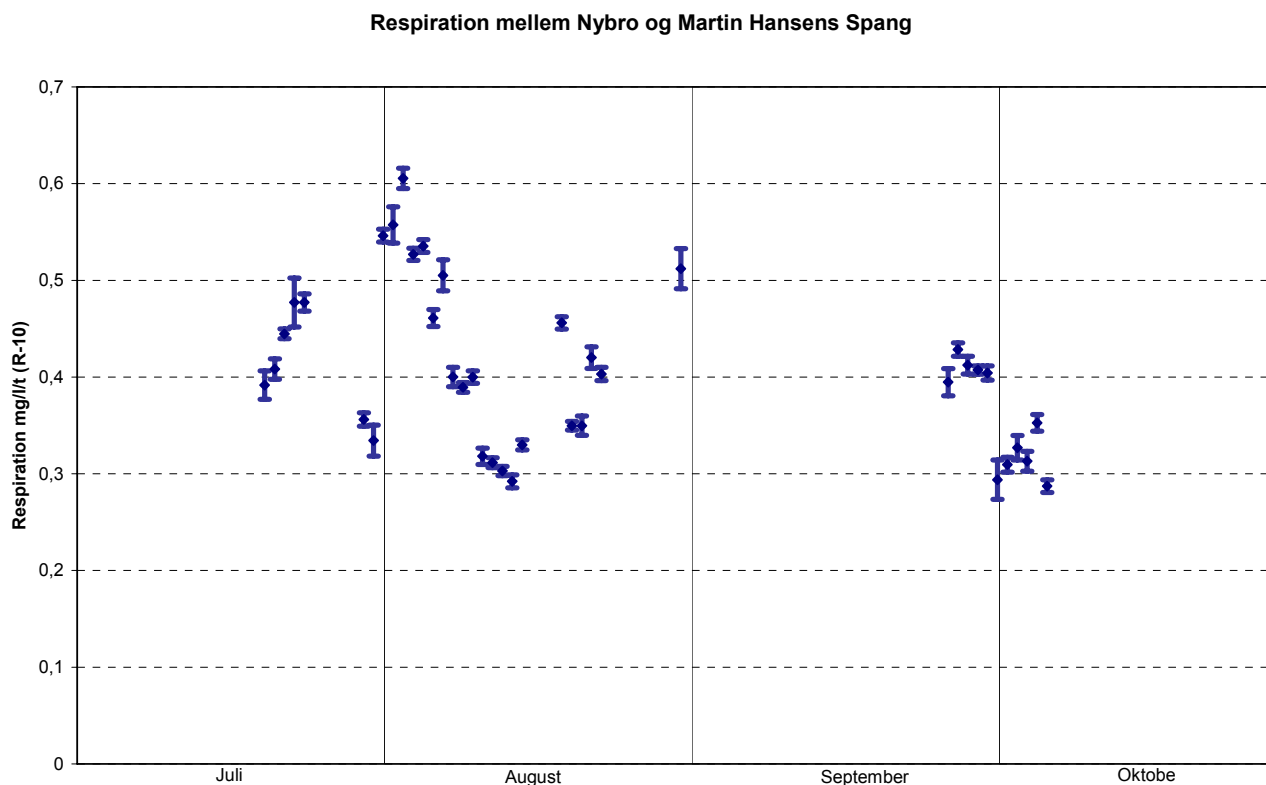
Figur 6. Ilt og temperaturforløb gennem måleperioden ved Martin Hansens Spang.

På figuren ses, hvordan temperatur og iltforløb gennem sommer- og efterårsmånederne har et næsten optimalt forløb for trivsel af laksefisk. I forhold til Nybro er svingningerne en anelse større og iltniveauet en smule lavere

Temperaturen har om sommeren et gennemsnit på ca. 11° med en variation mellem dag og nat på mindre end 2°. Senere på efteråret falder temperaturen til 9° i gennemsnit og har stadig en meget lille døgnvariation. I forhold til ørredens temperaturoptimum på ca 12° er temperaturen på målestationen særdeles god og burde tilsige en høj vækst hos ørreder.

2.4.3 Konklusion

Iltniveauet ligger igennem alle månederne med et gennemsnit på ca. 8,5mg/l, hvilket er mellem 70 % og 80% mætning. Udsvingene er små og holder sig stort set indenfor 1 mg/l. Ved de aktuelle temperaturer vil de målte ilt niveauer aldrig være begrænsende for ørredens vækst.



Figur 7. Beregnet respiration ved to-stationsmetoden og uafhængig bestemmelse af geniltningen. De lodrette linier angiver 95 % sikkerhedsintervaller for det angivne gennemsnit på den pågældende nat.

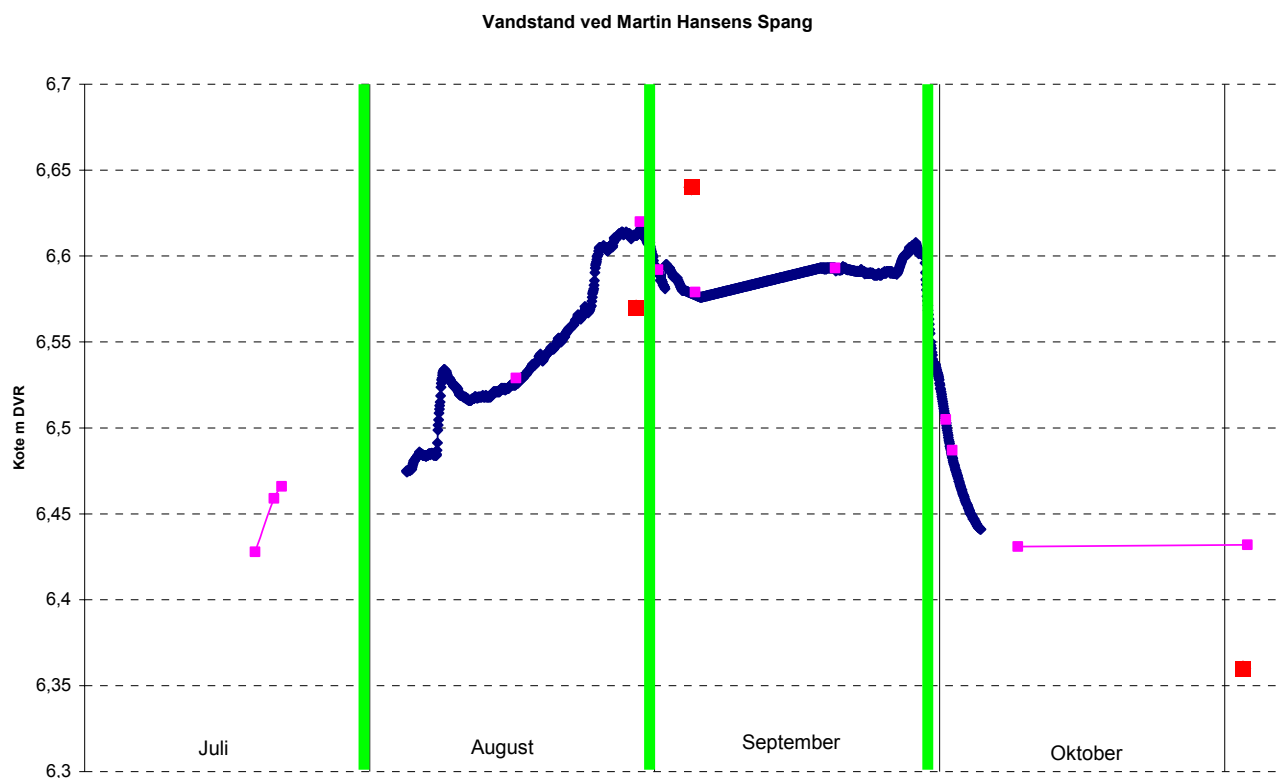
2.5 VANDSTANDEN PÅ ENGOMRÅDET

2.5.1 Metode

Vandstanden på engområdet er blevet målt gennem hele forsøgsområdet med en vandstandsmåler i station 2. Efter at oversvømmelsen af engområdet starter, er denne vandstand identisk med vandstanden på engen.

Der er foretaget automatisk logning af data for hver time og kurven er så blevet verificeret og eventuelt korrigeret ud fra et antal manuelle aflæsninger.

Inde på engen er der foretaget manuelle aflæsninger på station 7 på enkelte datoer.



Figur 8. Vandstanden i station 2 og 7. De blå punkter angiver de automatisk registrerede og korrigerede vandstande. De magenta punkter angiver de manuelle aflæsninger i samme station. De røde punkter angiver manuelle aflæsninger af vandstanden på station 7 inde på engen. De grønne lodrette streger angiver perioder med grødeskæring neden for Blåkildespangen. Den sidste grødeskæring er fortsat helt op til Martin Hansens Spang (station 2).

2.5.2 Resultater

Sommerens forløb af vandstand ses meget tydeligt på Figur 8. Den tætte grøde på den aktuelle åstrækning støver vandet op henover sommeren. Når grøden slås nedstrøms strækningen får man et moderat fald i vandstanden. Dette kan ikke ses ved den første grødeslagning på overgangen mellem juli og august måned, fordi den automatiske logging af vandstandshøjder endnu ikke var startet. På overgangen mellem august og september ses effekten derimod tydeligt som et mindre fald i vandstanden. På overgangen mellem september og oktober slås grøden som et led i forsøget helt op til Martin Hansens Spang (station 2) i en ca. 2 m bred strømrende. Det får vandstanden til at falde til niveauet før sommerperioden. Faldet er bemærkelsesværdigt langsomt, og det varer en uge eller mere før vandstanden i åen er på niveau med juli måned.

Sommervandstanden på engen følger så godt som vandstanden ved station 2, men sidst på året, når vandet ikke mere løber ind i området omkring station 2, falder vandstanden i engområdet til et lavere niveau end station 2. Det vil formentlig være til niveauet ved station 3-4. Alt

i alt er der 25 cm i forskel mellem vandstanden i sensommersituation og vandstanden i november. Denne forskel er altafgørende for fordelingen af vand mellem vandløb og eng. Ved den høje vandstand løber kun meget lidt vand gennem vandløbet, medens det mest gennemstrømmer engen. Ved den lave vandstand løber stort set alt vandet i vandløbet.

2.5.3 Konklusion

Den udeladte grødeskæring får næsten alt vandet fra Lindenberg Å til at løbe gennem det oversvømmede engområde i månederne august og september.

2.6 MÅLING AF ENGVANDETS ILTFORBRUG

2.6.1 Metoder

Engvandet blev udtaget fire forskellige steder på den oversvømmede eng midt i vandsøjlen.

Prøverne blev hjemtaget til laboratoriet termostateret til 20°C og inden for 2 timer anbragt i 4x10 glasflasker med tætsluttende låg. Et hold med 10 referenceprøver med grundvand blev startet samtidig.

Iltindholdet i flaskerne blev målt med en mikroelektrode efter 1 time, 2 timer, 4 timer, 8 timer, 24 timer og 5 døgn.

2.6.2 Resultater

Der var ikke nogen signifikant ændring (mere end 0,2 mg/l) af iltindholdet over perioden i nogen af de 50 flasker.

2.6.3 Konklusion

Der er ikke iltforbrug i selve vandfasen på engen.

2.7 INDHOLDET AF KVÆLSTOFHOLDIGE FORBINDELSER I ENGVANDET.

2.7.1 Metoder

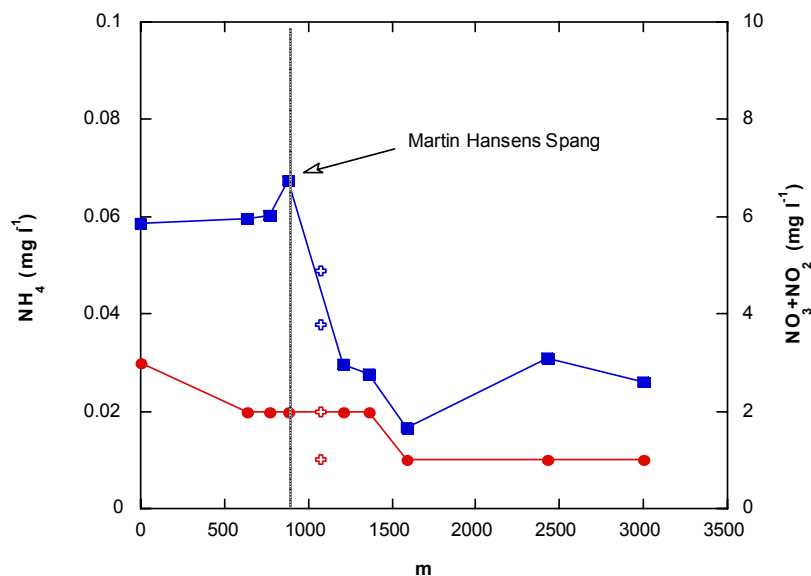
Vandprøverne til NH_4 , NO_2 og NO_3 analyserne blev filtreret gennem et GFF filter inden analysen blev lavet på en Traacs autoanalyser. NH_4 og NO_2 måles direkte spektrofotometrisk ved henholdsvis 660 og 520nm. NO_3 skal først reduceres til NO_2 over en cadmium søjle, hvorefter den måles som NO_2 .

Koncentrationen af NH_4 , NO_2 og NO_3 bestemmes ud fra kendte standardkoncentrationer.

2.7.2 Resultater

Koncentrationen af NH_4 er tæt på detektionsgrænsen for analysen, og den viste forskel er ikke signifikant. Koncentrationen af nitrat og nitrit er ca. 100 gange højere end koncentrationen af ammonium i vandsøjlen.

For nitrat/nitrit ses der et tydeligt fald i koncentration fra Martin Hansens Spang stationen og hen til de næste stationer som er lige efter til løbet af Kovadsbækken og ned til Blåkildespangen. Åens koncentration af nitrat/nitrit mere end halveres på denne strækning fra 6 mg/l til 2 mg/l, men den stiger atter til 3 mg/l på de nederste stationer.



Figur 9. Uorganisk kvælstofkoncentrationer målt på strækningen fra Nybro til Buderupholm dambrug. Fyldte cirkler viser koncentrationen af NH_4 i åløbet, de fyldte firkanter viser koncentrationen af NO_3+NO_2 i åløbet. De åbne kryds viser koncentrationen målt inde på det oversvømmede område.

Nitrat/nitritkoncentrationen i Kovadsbæk er på ca. 1 mg/l, Ravnkilde har en koncentration på ca. 10 mg/l og den diffuse engtilledning har en ukendt indløbskoncentration, som her sættes til 10 mg/l.

På dette grundlag findes en gennemsnitlig koncentration i vandet der tilledes til engområdet på ca. 7 mg/l.

Dette giver en vandløbsvægtet indløbskoncentration på ca. 6,4 mg/l. Dette giver en samlet fjernelse på 4,4 mg/l

Den samlede fjernelse i de to tilfælde bliver i ton bliver så:

17,4 ton gennem to måneder

Området har en udstrækning på ca. 300.000 m², så det bliver en fjernelse på ca. 580 kg/ha/år, eller gennemsnitlig ca. 1.55 kg/ha/døgn.

2.7.3 Konklusion

Området har en denitrifikationsevne og fjerner omkring 15 ton kvælstof i løbet af den to måneder lange funktionsperiode, dvs også om året. Det svarer til ca. 500 kg/ha/år.

Den store usikkerhed på denne beregning ligger i vurderingen af det aktive områdes udstrækning og funktionsperiodens længde.

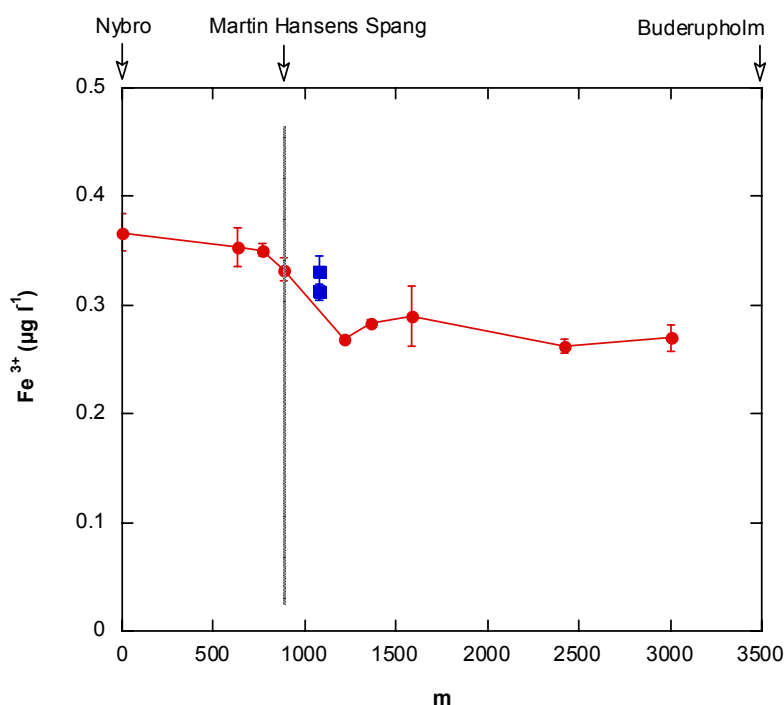
2.8 INDHOLDET AF UORGANISKE FORBINDELSER I ENGVANDET

2.8.1 Metoder

Jern og mangan bestemt med atomabsorptions-spektroskopi, på prøver der er filtreret gennem et GFF filter og konserveret med tilsætning af 5N HNO₃, så pH sænkes til ≈ 2

Koncentrationen er kvantificeret ved hjælp af kendte standarder.

2.8.2 Resultater



Figur 10. Koncentration af Fe³⁺ målt fra Nybro til Buderupholm dambrug. Den firkantede signatur viser koncentrationen inde på det oversvømmede område. Der kunne ikke detekteres mangan på nogle af de indsamlede stationer så koncentrationen er mindre en 0,01 µg l⁻¹ på hele strækningen.

De observerede koncentrationer er alle lave.

Total-jern kan antages at være konservativ og det observerede fald i koncentrationen fra Martin Hansens Spang til den næste station, som er placeret lige efter indløbet fra Kovads Bækken, kan næsten kun skyldes denne fortynding. Fortyndingen i vandføringen vil medføre en koncentration på 0,19 µg Fe³⁺ l⁻¹ efter tilløbet af Kovads bæk, Ravnkilde og den diffuse tilledning på engen. Dette er noget lavere end den observerede jernkoncentration på 0,27±0,02. Det resterende jern må tilføres med det tilførte vand. På den anden side medfører tilførslen af

vand fra Blåkilde og Gravlev bæk ikke et fald i jernkoncentrationen, hvilket kun kan forklares, hvis disse tilløb har samme jernkoncentration som er målt i åen eller ved tilstedeværelsen af en jernkilde af en vis størrelse på denne strækning.

2.8.3 Konklusion

De lave koncentrationer af jern og mangan viser, at der ikke kan være en pulje af reduceret jern eller mangan, der frigøres fra sedimentet i engområdet og siden bevirker et målbart iltforbrug i vandløbet.

2.9 INDHOLDET AF KORTKÆDEDE ORGANISKE FORBINDELSER I ENGVANDET

2.9.1 Metoder

Koncentrationen af blev bestemt på vanprøver der var filtreret gennem et 0.45µm cellulosenitrat filter. Efter filtrering blev prøverne analyseret på en DIONEX ionchromatograf hvor stofferne blev adskilt på en IonPac søjle med 0.01N NaOH som eluent. Syrerne detekteres med en ledningsevnedetektor og koncentrationen bestemmes ud fra kendte standarder.

2.9.2 Resultater

Koncentrationen af kortkædede organiske forbindelser (myresyre, eddikesyre, smørsyre, propionsyre,) blev analyseret, men koncentrationen var for alle stationer under detektionsgræsen på 10 ng l⁻¹

2.9.3 Konklusion

Der siver ikke kortkædede organiske forbindelser fra sedimentet i det oversvømmede engområde op i vandfasen. Det kan derfor slås fast, at disse ikke giver anledning til et iltforbrug i vandløbet efterfølgende.

2.10 ILTNIVEAUET PÅ ENGEN

2.10.1 Metode

Ilt- og temperaturniveauet på den oversvømmede eng blev ligesom de andre iltmålinger foretaget med en automatisk registrerende iltmåler (se afsnit 2.4). Denne var anbragt ved siden af en brønd (se oversigtskort – station 7), der var en del af engens gamle drænsystem. Der blev suppleret med punktmålinger af iltniveauet om dagen fra forskellige steder på engen og i forskellige vanddybder.

Det blev i forløbet konstateret, at der trængte vand op fra drænsystemet gennem brønden. Dette har givetvis påvirket målingerne betydeligt, fordi det optrængende vand var iltrigt og blev blandet med vandet omkring målestationen. Resultaterne fra målestationen er derfor kasseret.

2.10.2 Resultater

Alle punktmålingerne om dagen viste iltniveauer under 1 mg/l. Det er derfor overvejende sandsynligt, at engvandet har været helt iltfrit om natten. I de senere beregninger af engvandets indflydelse er dette taget som udgangspunkt.

Det blev observeret ved målinger fra vandoverfladen nedad mod bunden, at det vand, der lå i overfladen, kunne indeholde en beskedent mængde ilt, medens bundvandet var iltfrit.

På engen forbruges med andre ord både ilten fra åens vand (500 l) og ilten fra det tilførte grundvand (250 l).

Da udsivende reducerede forbindelse og kortkædede organiske forbindelser er blevet udelukket som årsag til iltforbruget på engen må iltforbrug i selve vandfasen udelukkes som årsag til ovennævnte iltsvind. Iltforbruget på engen skyldes med andre ord helt "normale" ting som bundens og planternes respiration. I den forbindelse skal man nok lægge særligt mærke til den måtte af trådformede alger, der svæver i vandmassen midt mellem bund og overflade. Den er dels i halvvejs forrådnelse og dels skygger den for bunden, således at der her er mørkt døgnet rundt.

2.10.3 Konklusion

Iltniveauet på engen er stort set 0 døgnet rundt, bortset fra tæt ved overfladen og tæt ved udsivning af større vandmængder. Dette skyldes et stort iltforbrug fra bund og planter på engen.

2.11 ILTNIVEAUET EFTER UDLØBET AF ENGVANDET I ÅEN

2.11.1 Metoder

Ilt- og temperaturniveauet på den oversvømmede eng blev ligesom de andre iltmålinger foretaget med en automatisk registrerende iltmåler (se afsnit 2.4).

2.11.2 Resultater

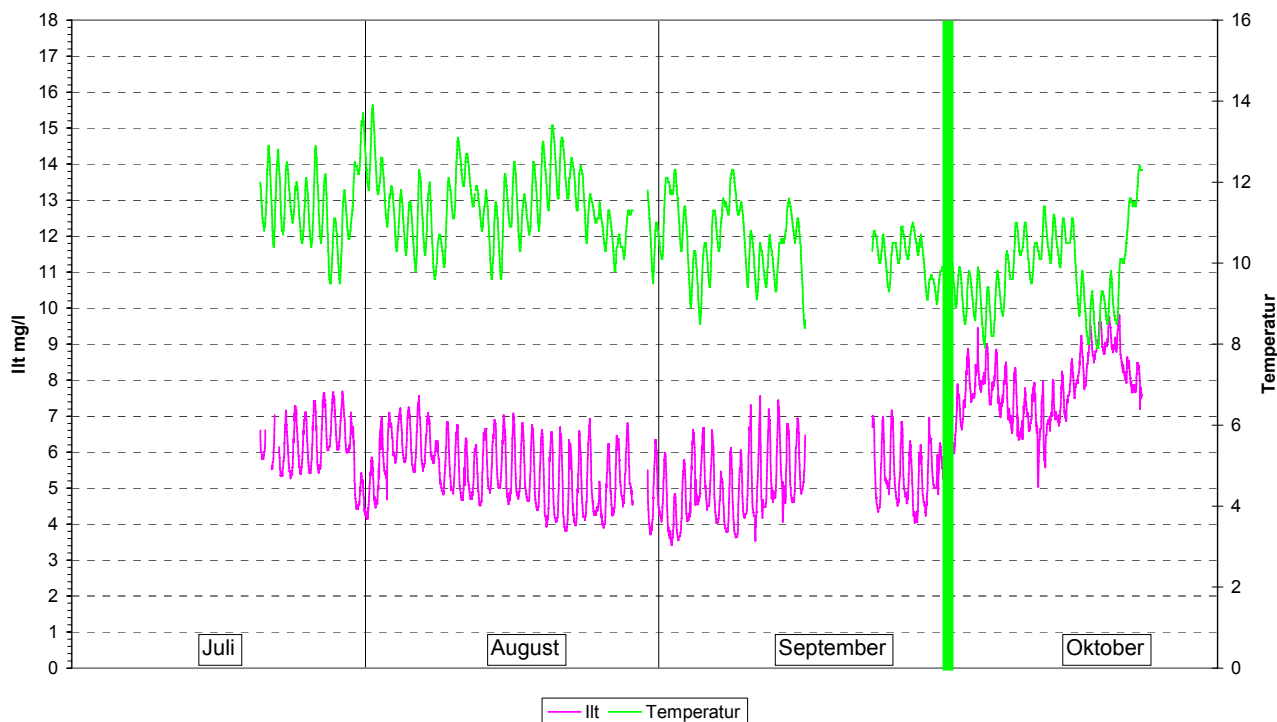
Figur 11 viser ilt- og temperaturforløbet henover sommeren på station 3, der er placeret 150 m nedstrøms udløbet af Kovadsbæk. Man kan se på temperaturkurven, at vandet har en gennemsnitstemperatur på ca. 12° og et gennemsnits-iltniveau på ca. 5,5 mg/l.

Temperaturen svarer stort set til temperaturen i det tilførte åvand, medens den tilførte grundvandskilde formentlig ligger noget lavere. Variationen indenfor og imellem døgn er lidt større end i det tilførte vand. Specielt er der en ganske stor variation mellem de enkelte døgn, som man ikke finder noget belæg for i målingerne fra de opstrøms stationer.

Iltniveauet ligger unormalt højt i forhold til, at iltniveauet på engen er nul og vandet i vandløbet står stille. En foreløbig beregning på iltforbruget mellem station 3 og 4 (151 m) giver et usandsynligt højt iltforbrug.

Direkte punktmålinger af ilt og temperatur på stationen viser en vandmasse, der ikke er fuldt opblandet; idet iltniveauet ved bunden er betydeligt lavere end ved overfladen.

150 m nedstrøms Kovads Bæk - Station 3



Figur 11. Iltniveau på station 3 gennem sommeren. Den lodrette grønne streg markerer den sidste grødeslagning, hvor grøden blev slået helt op til Martin Hansens Spang (station 2).

2.11.3 Konklusion

På grund af ovennævnte tre forhold anses målingerne fra stationen for fejlbehæftede og anvendes ikke videre, hverken til beregning af iltforbrug mellem station 3 og 4 eller til senere mere overordnede konklusioner.

Som mål for iltniveauet i den sammenblandede vandmasse efter det oversvømmede område anvendes i stedet iltmålingerne fra station, der som sagt ligger 151 m længere nedstrøms. Dette er beskrevet i det følgende afsnit.

2.12 ILTNIVEAU I STATIONEN OPSTRØMS GRAVLEV SØ – STATION 4

2.12.1 Metoder

Ilt- og temperaturniveauet i stationen blev ligesom de andre iltmålinger foretaget med en automatisk registrerende iltmåler (se afsnit 2.4).

Respirationen blev beregnet ved hjælp af den natlige iltbalance med uafhængigt bestemt geniltningkonstant (se afsnit 2.4).

2.12.2 Resultater

På Figur 12 ses resultaterne af de primære ilt- og temperaturmålinger på station 4.

Temperaturen viser et betydeligt højere niveau end i både det tilførte åvand, der ligger på 11° til 12° og det tilførte grundvand, der må formodes at ligge på mellem 8° og 9°. Det kan tydeligt ses at der er små døgnsvingninger på under 1°. Dette er på niveau med svingningerne i åvandet inden gennemløbet af engen. De små svingninger skal utvivlsomt forklares med, at der dels tilføres meget grundvand med en konstant temperatur, men også at den store tidsmæssige dispersion af vandmasserne, der finder sted ved gennemløbet af engen, sørger for en betydelig udjævning af de døgnsvingninger, som den tilførte solenergi inducerer.

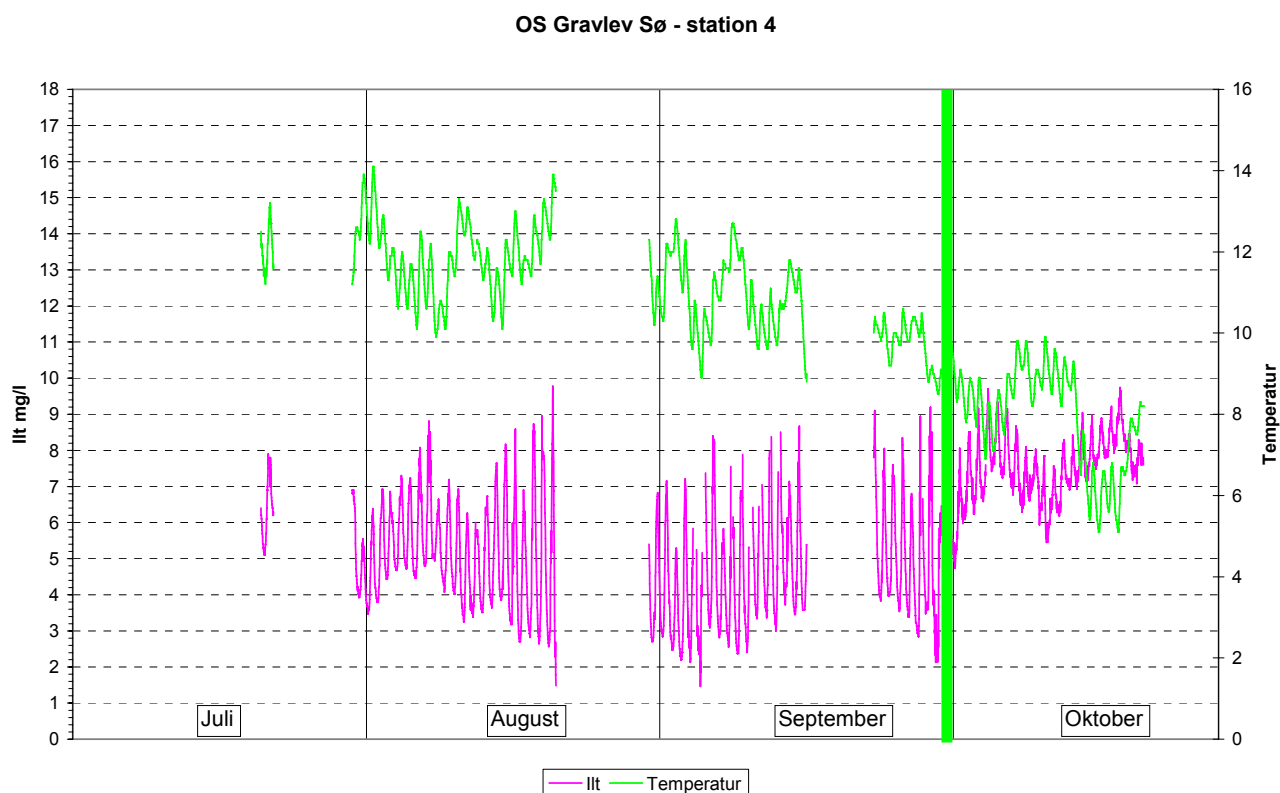
Temperatursvingningerne mellem døgn og henover sæsonen er større. Og det er tydeligt, at vandmassens temperatur er påvirket af vejrliget og årstiden.

Døgnsvingningerne i iltniveauet er større (2-4 mg/l) uden dog at komme op på et niveau, der er stort i forhold til det, der normalt ses i vandløb af tilsvarende størrelse (5-10 mg/l). Det lave men konstante iltniveau på engen har givetvis hovedansvaret for dette

Ved overgangen mellem september og oktober måned slås der grøde på strækningen helt op til Martin Hansens Spang. Dette bevirker over en uge en ændring af vandstanden i området (se Figur 8) og en deraf følgende ændring af gennemstrømningsmønsteret for det oversvømmede engområde.

På temperaturkurven giver dette sig udslag i væsentligt lavere temperaturer på stationen, idet virkningen af solindstrålingen på engen formindskes.

På iltniveauet bevirker det en forhøjelse af iltniveauet i station 4 fra et gennemsnit på ca. 5 mg/l til et gennemsnit på ca. 8 mg/l. Døgnsvingningerne i iltniveau formindskes også betydeligt fra 2-4 mg/l til 1-2 mg/l. Der kan næppe være tvivl om, at de observerede ændringer efter grødeskæringen skyldes det ændrede strømningsmønster i forbindelse med vandstandssænkningen i åen. På den ene side strømmer der mindre vand indover engen således at en mindre del af den samlede vandmasse berøves sit ilt, og dels vil den formindskede grødemængde i selve vandløbet også bevirke et mindre iltforbrug.



Figur 12. Iltniveau på station 4 gennem sommeren. Den lodrette grønne streg markerer den sidste grødeslagning, hvor grøden blev slået helt op til Martin Hansens Spang (station 2).

2.12.3 Konklusion

Det må konkluderes, at gennemstrømningen af engen bevirker et markant fald i iltkoncentrationen i åen. Dette fald skyldes et højt iltforbrug på selve engen (jvf. foregående afsnit).

Grødeslagning i åen på strækningen nedenfor og langs med den oversvømmede eng bevirker en betydelig forbedring af iltforholdene på grund af de ændringer i vandstand og gennemstrømningsmønstre, som grødeslagningen medfører.

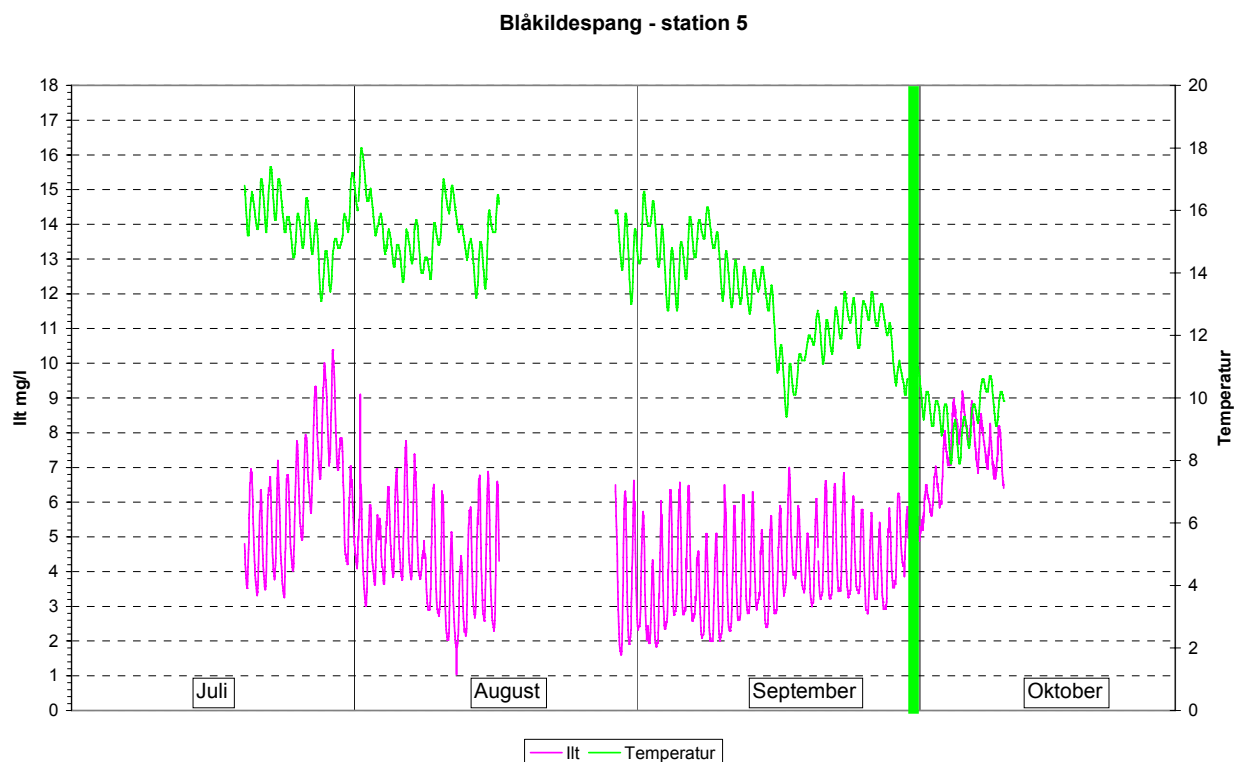
2.13 ILTFORBRUG FRA GRAVLEV SØ TIL BLÅKILDESPANGEN

2.13.1 Metode

Ilt- og temperaturniveauet på denne station blev ligesom de andre iltmålinger foretaget med en automatisk registrerende iltmåler (se afsnit 2.4).

Respirationen blev beregnet ved hjælp af en to-stations analyse af den natlige iltbalance med uafhængigt bestemt geniltningkonstant (se afsnit 2.4).

2.13.2 Resultater



Figur 13. Iltniveau på station 5 gennem sommeren. Den lodrette grønne streg markerer den sidste grødeslagning, hvor grøden blev slået helt op til Martin Hansens Spang (station 2).

Ilt- og temperaturniveauet på station 5 ses på Figur 13.

Temperaturen er en ganske lille smule højere end på station 4 (ca $\frac{1}{2}^{\circ}$). Døgnsvingninger, ændringer mellem døgn og årstidsafhængigheden er stort set den samme.

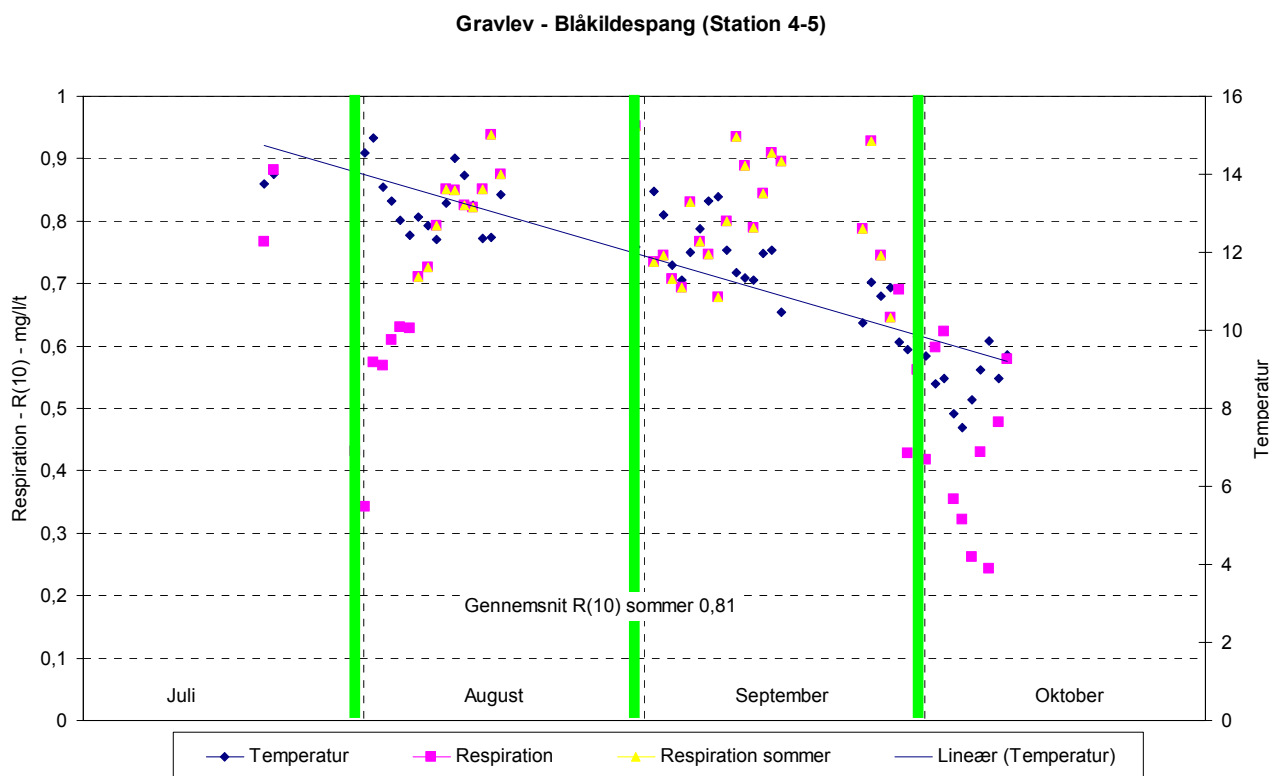
Iltniveauet er ca. 1 mg/l lavere og ligger i gennemsnit på ca. 4 mg/l. Minimumsværdier sidst på natten er helt nede på 2 mg/l, imod 2,5 til 3 mg/l på station 4. Vi er nede på værdier der er dødelige for laksefisk på mindre end 1 time ved den aktuelle temperatur.

Effekten af grødeslagningen sidst i september er den samme som i station 4. Iltniveauet hæves i løbet af en uge fra 4 mg/l til mellem 7 og 8 mg/l. Temperaturen falder også som i station 4.

Beregningerne af iltforbruget på strækningen mellem station 4 og 5 ses på Figur 14, hvor det er angivet som R(10). Det vil sige den respiration, der ville have været, hvis temperaturen havde været 10°C . Dermed gøres en sammenligning henover de tre måneder umiddelbart mulig, idet der kompenseres for effekten af den faldende temperatur i perioden.

Den gennemsnitlige respiration på strækningen beregnes for den homogene periode, der er mellem grødeskæring 1 og 3 (dvs. for den gule kurve på diagrammet).

Den gennemsnitlige respiration på strækningen er 0,81 mg/l/t, hvilket svarer til en R(20) på 38,9 mg/l/døgn. Sammenlignet med andre tilsvarende vandløb er dette en meget høj respiration.



Figur 14. Standardiseret respiration på vandløbsstrækningen fra station 4 til station 5. Tallene er standardiseret til 10°C. De tre grønne linier viser åens tre grødeslagninger. Den første er foretaget til Blåkildespangen, den næste er længere nede ad vandløbet og den sidste er helt op til Martin Hansens Spang.

Grødeskæringerne har en betydelig effekt på de beregnede respirationer. Ved den første grødeskæring nedstrøms den aktuelle strækning ses en mindre effekt. Ved den anden grødeskæring endnu længere nedstrøms ses ingen effekt. Ved den sidste grødeskæring på strækningen og nedstrøms for denne ses en meget betydelig effekt.

Grødeskæringen vil have to effekter. For det første øges geniltningen, fordi vanddybden formindskes og vandhastigheden øges. For det andet mindskes selve respirationen, fordi den fjernede plantebiomasse ikke mere bruger ilt om natten. Begge effekter vil resultere i forbedrede iltforhold på vandløbsstrækningen. I vores beregninger regnes der med en konstant geniltning. Dette bevirker beregningsteknisk, at begge ovennævnte effekter manifesterer sig som en formindsket respiration.

En eksplicit skelnen mellem disse to faktorer kræver direkte måling af geniltningen før og efter grødeslagning. Dette er ikke foretaget. Derfor er en sammenligning mellem effekten fra grødeslagning 1 og 3 den bedste rettesnor vi har for en bedømmelse af effekternes indbyrdes størrelse. Ved grødeslagning 1 ses kun effekten af forøget geniltning, fordi der ikke slås grøde på selve strækningen. Ved grødeslagning 3 ses den kombinerede effekt. Overslagsmæssigt er de to effekter af samme størrelsesorden.

Variationen fra døgn til døgn er betydelig (ca 20 %) og afspejler den usikkerhed, der er indbygget i to-stationsmetoden (se afsnit 2.4). Vari-

ationen har imidlertid en tilfældig karakter og gennemsnittet kan bestemmes med stor sikkerhed.

2.13.3 Konklusion

Der er meget dårlige iltforhold på strækningen mellem station 4 og 5. Dette er resultatet af tre forhold:

- Dårlige iltforhold ved station 4, der stammer fra et stort iltforbrug på det oversvømmede engareal.
- En stærkt forøget respiration på strækningen, der stammer fra de store grødemængder.
- En formindsket geniltning på strækningen, der stammer fra en formindsket vandhastighed og en forøget dybde.

2.14 ILTFORBRUG FRA BLÅKILDESPANG TIL BUDERUPHOLM

2.14.1 Metoder

Ilt- og temperaturniveauet på målestationen blev ligesom de andre iltmålinger foretaget med en automatisk registrerende iltmåler (se afsnit 2.4).

Iltforbruget blev beregnet ved en to-stations analyse af natlige iltværdier med anvendelse af uafhængig bestemmelse af geniltningen. (se afsnit 2.4).

2.14.2 Resultater

Ilt- og temperaturniveauet på station 6 fremgår af Figur 15.

Temperaturniveauet er en smule højere end ved station 5, men døgnsvingningerne er ikke vokset. Forskellen mellem de enkelte døgn og forløbet henover perioden er som for de foregående stationer.

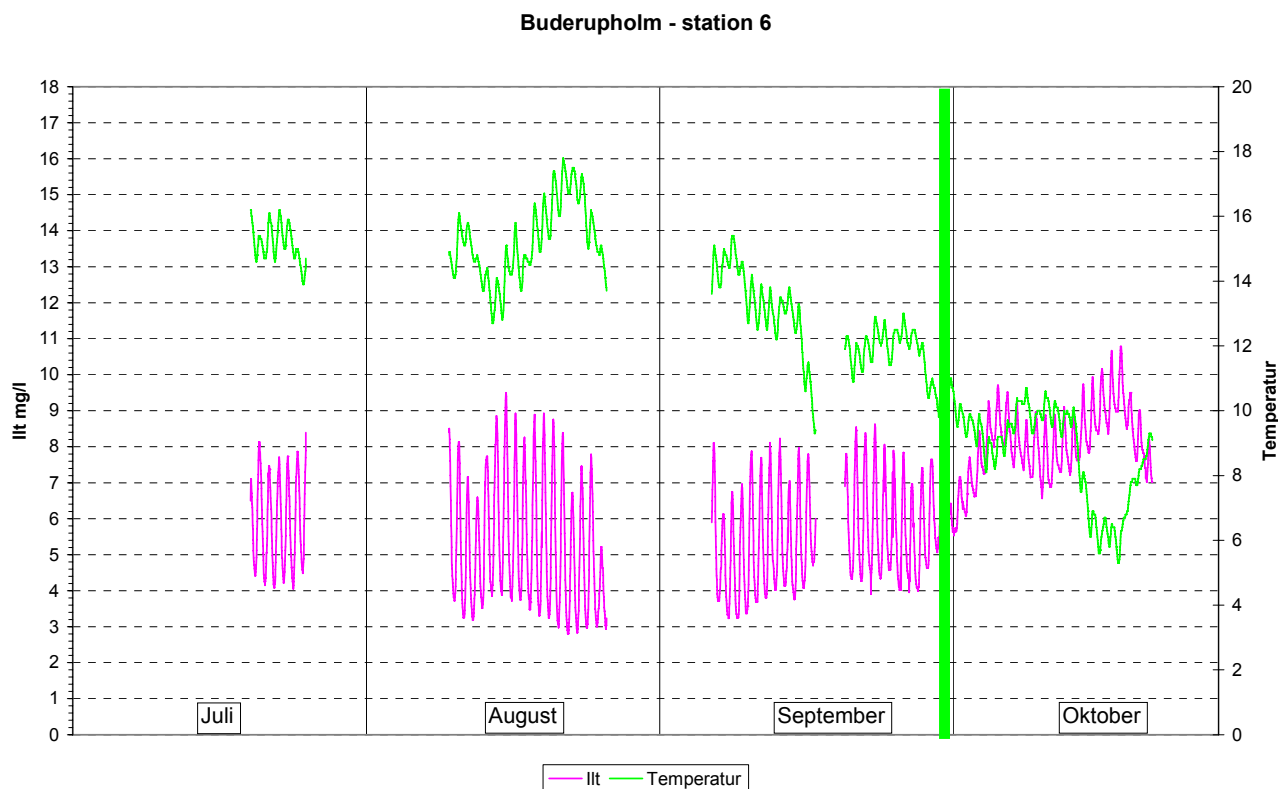
Det gennemsnitlige iltniveau er forhøjet til 5,5 mg/l, men døgnsvingningerne er forøget, så ilten alligevel når ned på ca. 3 mg/l om natten. Dette er ikke værdier, der umiddelbart inducerer fiskedød indenfor timer ved den pågældende temperatur, men det er dog værdier, der bevirker en stærkt formindsket vækst.

Effekten af grødeskæring er den samme som for station 4 og 5, dog er der ingen målinger fra perioden omkring 1. og 2. grødeskæring pga. målerudfald.

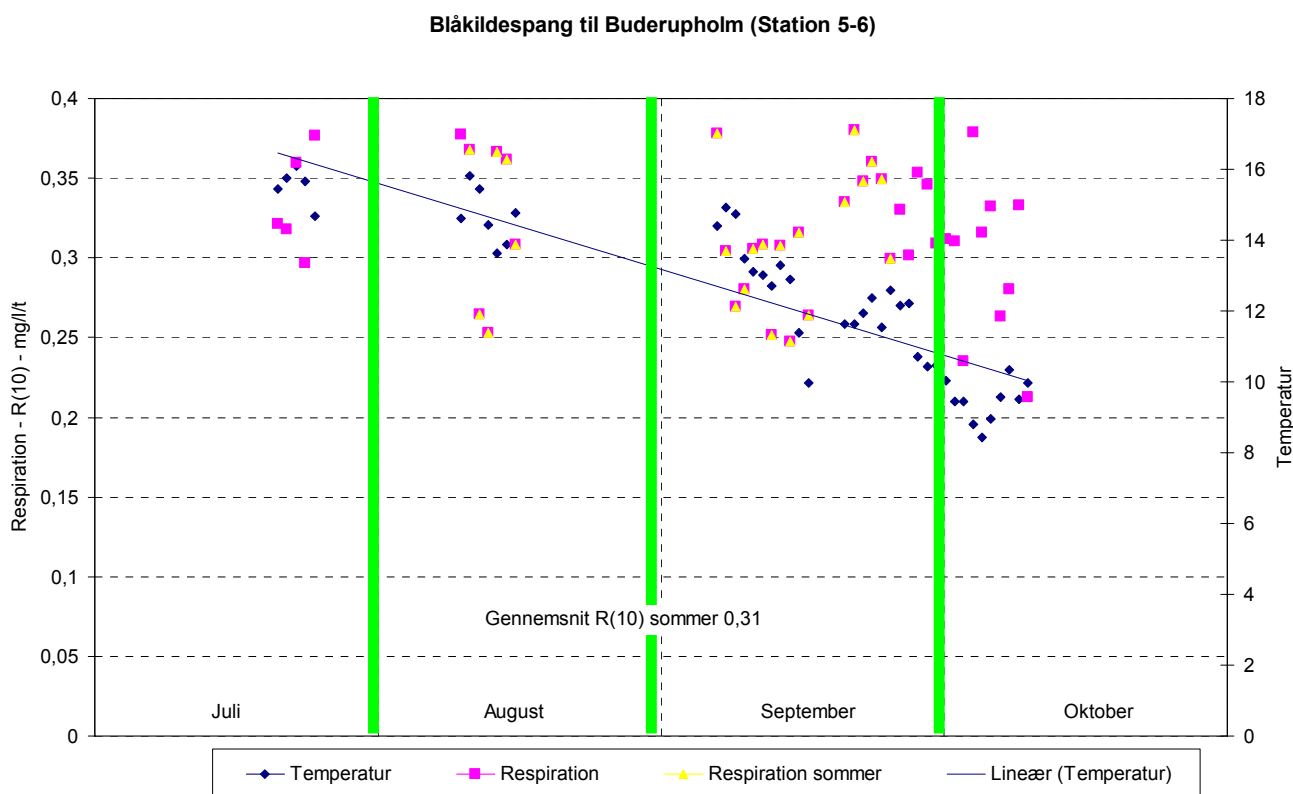
De beregnede respirationer $R(10)$ for strækningen mellem station 5 og 6 fremgår af Figur 16. I forhold til den foregående vandløbsstrækning er der en stærkt formindsket respiration med et gennemsnit på sommerværdierne på 0,31 mg/l/t. Dette svarer til en $R(20)$ på 14,9 mg/l/døgn. Denne værdi er indenfor det normale område i forhold til målte værdier i andre tilsvarende vandløb.

Der ses ingen effekt af selve grødeslagningen, hvilket er i overensstemmelse med det forventede. På denne strækning slås der regelmæs-

sigt grøde 2 gange om året, derfor ændres hverken biomasse eller geniltning nær så dramatisk ved grødeslagning. Eventuelle effekter opsluges derfor af den indbyggede variation på målemetoden og kan derfor ikke ses på figuren.



Figur 15. Iltniveau på station 6 gennem sommeren. Den lodrette grønne streg markerer den sidste grødeslagning, hvor grøden blev slået helt op til Martin Hansens Spang (station 2).



Figur 16. Standardiseret respiration på vandløbsstrækningen fra station 4 til station 5. Tallene er standardiseret til 10°C. De tre grønne linier viser åens tre grødeslagninger. Den første er foretaget til Blåkildespangen, den næste er længere nede ad vandløbet og den sidste er helt op til Martin Hansens Spang.

2.14.3 Konklusion

På strækningen fra station 5 til 6 forbedres iltforholdene i vandløbet, således at der ikke mere indtræder lethale iltkoncentrationer om natten.

Dette skyldes to forhold:

- Geniltningen er højere end på foregående strækning pga. lavere vanddybde og højere strømhastighed.
- Respirationen mere end halveres i forhold til den foregående strækning.

2.15 BEREGNING AF MINIMUMSILT NIVEAUER I ÅSTRÆKNINGEN UDEN OVERSVØMMELSE AF ENGAREALET

2.15.1 Metoder

Ved at anvende de beregnede respirationer og geniltninger på undersøgelsesstrækningen er det muligt at forudsige iltniveauet på de enkelte stationer i tænkte situationer (scenarier).

I dette tilfælde er der regnet ud fra flg. forudsætninger:

- De enkelte vandmasser fra bække og diffuse tilledninger er beregnet hver for sig. Den resulterende iltkoncentration ved sammenløb er det vandføringsvægtede gennemsnit.
- Alle vandmasser, der tilføres vandløbet, har enten 9 mg ilt/l, hvis det kommer direkte ud i vandløbet eller 0 mg ilt/l, hvis det passerer engområder eller diffunderer gennem sumpområder fra Gravlev Sø ud i vandløbet.
- Da der kun er regnet med scenarier, hvor hovedvandløbet er gennemstrømmet med vandføringen ovenfra, er alle geniltningskonstanter ens, nemlig den der er fundet på strækningen fra Blåkildespangen til Buderupholm.
- Respirationen i selve hovedløbet er sat til en $R(10)$ på 0,4 mg/l/t
- Temperaturen i simuleringerne er sat til 13°C.
- Alle simuleringer forudsætter natforhold. Det betyder at natten skal være mindst 10,5 timer lang. Det er den sidst i måleperioden.

Der er i alt regnet med tre scenarier, der så er sammenlignet med den nuværende situation:

- 1) Selve åens vandføring fra opstrøms engområdet løber uhindret gennem hele vandløbsstrækningen. Tilførslen på engområdet løber som nu gennem engen. Vandet fra Gravlev Sø diffunderer som nu til åen gennem et sumpområde.
- 2) Som ovenfor, men her løber alt vandet fra Kovadsbækken, Ravnkilde og engområdets dræningssystem direkte i åen.
- 3) Som i scenarie 2, men her løber vandet fra Gravlev Sø direkte i vandløbet.

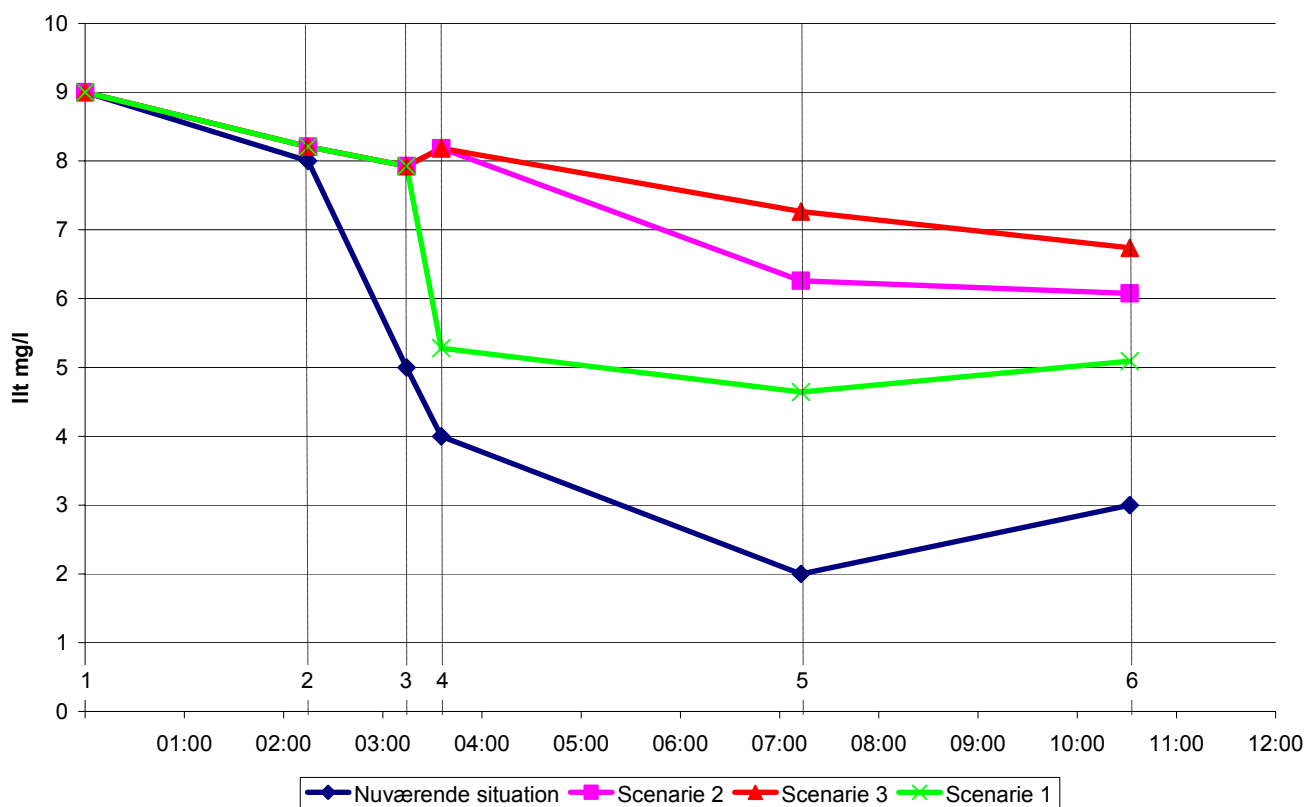
2.15.2 Resultater

Resultaterne af de tre simuleringer og den nuværende situation fremgår af Figur 17.

Grødeskæring i vandløbet - så vandføringen i hovedløbet passerer forbi engområdet (scenarie 1) - har en betydelig effekt på iltforholdene nedstrøms station 2. Effekten skyldes både, at geniltningen i vandløbet forbedres pga. grødeskæringen, at respirationen formindskes på strækningen fra station 3-5, og at vandet ikke berøves sit ilt på engen.

Hvis vandet fra Kovadsbæk, Ravnkilde og engens dræningssystem (scenarie 2) ledes direkte til vandløbet med sit iltindhold i behold, har dette en meget betydelig indflydelse på iltforholdene nedstrøms station 3. Denne tillægseffekt skyldes alene iltindholdet i det tilledte vand.

Hvis vandet fra Gravlev Sø ledes direkte i åen, så iltindholdet bevares (scenarie 3) vil dette have en mindre tillægseffekt på åens iltindhold. Denne tillægseffekt skyldes alene iltindholdet i det tilledte vand.



Figur 17. Beregning af iltforholdene om natten i Gravlev Ådal. Scenarie 1 indbefatter en grødeskæring, så åens hovedløb løber uden om engen. Scenarie 2 indbefatter yderligere at Kovads Bæk, Ravnkilde og engvandet ikke løber gennem engen. Scenarie 3 indbefatter yderligere at vandet fra Gravlev Sø ledes iltet til åen. For yderligere detaljer se teksten.

2.15.3 Konklusion

Der kan opnås en meget betydelig forbedring af ilt-situationen på undersøgelsesstrækningen ved at lede vandløbet uden om det oversvømmede område om sommeren.

En del af denne forbedring opnås alene ved at lede hovedløbet uden om engområdet (scenarie 1), men den fulde effekt opnås ved også at lede tilløbene til engområdet uden om dette (scenarie 2).

Længere nede på undersøgelsesstrækningen opnås en betydelig effekt ved direkte tilledning af vandet fra Gravlev Sø (scenarie 3).

Scenarie 2 og 3 opfylder de vejledende iltværdier fra EU's fiskevandsdirektiv.

På hældninger af de forskellige kurver for de tre scenarier kan man se, at de alle nærmer sig en værdi på mellem 5 og 6 mg ilt/l, forudsat at forholdene ikke ændres nedstrøms. Man kan se at dette sker langsomt, hvorfor man må forvente, at forbedringer af iltforholdene på undersøgelsesstrækningen vil forplante sig temmelig langt ned i åen. Man kan dog ikke uden videre simulere dette fordi det enten kræver urealistisk lange nætter eller kendskab til planternes iltproduktion om dagen.

3 Sammenfatning

Følgende konklusioner er draget på baggrund af undersøgelse af iltforholdene på strækningen fra Nybro til Buderupholm Dambrug.

- Hele hovedvandløbet strømmer ind over det oversvømmede engområde og vandet i selve åen står helt stille i oversvømmelsesperioden.
- På grund af grødens opstuvningseffekt er geniltningen af vandet i selve åløbet stærkt nedsat i sommerperioden.
- På grund af grøden er respirationen i selve vandløbet mellem station 3 og 5 forøget til mere end det dobbelte i sommerperioden.
- Det oversvømmede engområde fjerner al ilten fra både åvandet og det vand der tilledes via bække og dræn.
- Den bagvedliggende respiration på engen skyldes ikke respiration i selve vandfasen. Da engvandet har en BOD-5 på under detektionsgrænsen.
- Respiration skyldes heller ikke reducerede uorganiske forbindelser der lækkes fra engens sedimenter
- Respirationen skyldes heller ikke lækkende kortkædede organiske forbindelser fra engens sedimenter
- Derfor føres de to ovennævnte typer af forbindelser heller ikke med ud i vandløbet og medvirker derfor ikke til det forøgede iltforbrug her.
- Den største effekt for iltforholdene i vandløbet vil det have, hvis man sørger for at åvandet bliver i åløbet.
- Det vil også have stor effekt, hvis man desuden sørger for at vandtilførslerne gennem engens bække og drænsystemer tilføres direkte til vandløbet.
- Det vil have en mindre men dog betydelig effekt, hvis man sørger for at vandet fra Gravlev Sø tilføres åen direkte.
- De to sidste scenarier får vandløbet til at overholde EU's fiskevandsdirektiv
- Den opnåede forbedring i hvert af scenarierne vil forbedre iltforholdene nedenfor Buderupholm betydeligt, alene fordi startværdier for iltkoncentrationen bliver meget forbedrede.