

Restaurering af Gelså ved Bevtoft

Miljømæssig effekt i vandløb
og de vandløbsnære arealer

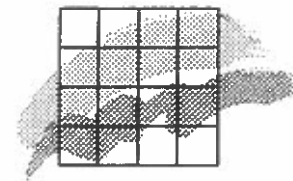
Faglig rapport fra DMU, nr. 110
1994

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - BIBLIOTEKET
Grenåvej 12, Kalsø, DK-8410 Rønde



3506871874



BIBLIOTEKET
Danmarks Miljøundersøgelser
Kalø, Grenåvej 12, 8410 Rønde

Restaurering af Gelså ved Bevtoft

Miljømæssig effekt i vandløb
og de vandløbsnære arealer

Faglig rapport fra DMU, nr. 110

Brian Kronvang

Peter Græsbøll

Lars M. Svendsen

Nikolai Friberg

*Danmarks Miljøundersøgelser,
Afd. for Ferskvandsøkologi*

Anna Bodil Hald

*Danmarks Miljøundersøgelser,
Afd. for Flora- og Faunaøkologi*

Gösta Kjellson

*Danmarks Miljøundersøgelser,
Afd. for Terrestrisk Økologi*

Mogens Bjørn Nielsen

Bodil Deen Petersen

Ole Ottosen

*Sønderjyllands Amt, Teknisk Forvaltning,
Miljø- og Vandløbsvæsen*

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
1994

Datablad

Titel: Restaurering af Gelså ved Bevtoft

Undertitel: Miljømæssig effekt i vandløb og de vandløbsnære arealer

Forfattere: Kronvang, B.¹⁾, Græsbøll, P.¹⁾, Svendsen, L.M.¹⁾, Friberg, N.¹⁾, Hald, A.B.²⁾, Kjellsson, G.³⁾, Nielsen, M.B.⁴⁾, Petersen, B.D.⁴⁾ og Ottosen, O.⁴⁾

Referencer: ¹⁾ Afdeling for Ferskvandsøkologi, ²⁾ Afdeling for Flora- og Fauna-økologi, ³⁾ Afdeling for Terrestrisk Økologi, ⁴⁾ Sønderjyllands Amt

Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 110

Udgiver: Miljø- og Energiministeriet,
Danmarks Miljøundersøgelser ©

Udgivelsesår: 1994

Tegninger: Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen
ETB: Winnie Meilstrup

Bedes citeret: Kronvang, B., Græsbøll, P., Svendsen, L.M., Friberg, N., Hald, A.B., Kjellsson, G., Nielsen, M.B., Petersen, B.D. & Ottosen, O. (1994): Restaurering af Gelså ved Bevtoft: Miljømæssig effekt i vandløb og de vandløbsnære arealer. Danmarks Miljøundersøgelser. 88 sider. - Faglig rapport fra DMU nr. 110.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

ISBN: 87-7772-163-2
ISSN: 0905-815X
Papirkvalitet: Cyclus Print
Tryk: Silkeborg Bogtryk
Oplag: 300
Sideantal: 88 s.
Pris: kr. 100,00 (incl. 25% moms, excl. forsendelse)

Købes hos:

Danmarks Miljøundersøgelser	Miljøbutikken
Afdeling for Ferskvandsøkologi	Information & Bøger
Vejlsøvej 25, Postboks 314	Læderstræde 1
DK-8600 Silkeborg	1201 København K
Tlf. 89 20 14 00	Tlf. 33 92 76 92 (information)
Fax 89 20 14 14	33 93 92 92 (bøger)

Indholdsfortegnelse

Forord	5
Sammenfatning	7
1. Introduktion	13
1.1 Baggrund og formål	
1.2 Karakteristik af Gelså og ådalen ved Bevtoft	
1.3 Interesser berørt af restaureringen	
2. Projektering og praktisk gennemførelse af projektet	19
2.1 Administrativt forarbejde og forundersøgelser	
2.2 Projektering	
2.3 Praktisk gennemførelse af restaureringen	
3. Beskrivelse af overvågningsprogrammet	27
3.1 Strategi og elementer i overvågningsprogrammet	
3.2 Metoder til overvågning af vandkvalitet og stoftransport	
3.3 Metoder til overvågning af de fysiske forhold	
3.4 Metoder til overvågning af de biologiske forhold	
4. Miljømæssige påvirkninger i etableringsperioden	33
5. Restaureringens betydning for de fysiske forhold i åen	37
5.1 Ændringer i vandløbsforløb, dimensioner og hældning	
5.2 Ændringer i vandføringsevne, strømhastighed, oversvømmelsehyppighed og afvandingsforhold	
6. Restaureringens betydning for mobilisering og transport af sediment	43
6.1 Mobilisering af sediment	
6.2 Bundtransporten af sediment	
6.3 Koncentration og transport af suspenderet stof	
6.4 Sandfangets betydning for sedimenttilbageholdelse	
7. Restaureringens betydning for tilførsel, omsætning og transport af kvælstof og fosfor	53
7.1 Afstrømning	
7.2 Koncentration af kvælstof og fosfor	
7.3 Massebalance for kvælstof	
7.4 Massebalance for fosfor	
8. Restaureringens betydning for de biologiske forhold i vandløbet	59
8.1 Vandplanter i åen	
8.2 Smådyr i åen	
8.3 Fisk	

9. Restaureringens betydning for brink- og ådalsvegetationen	69
9.1 Indvandring og etablering af vegetation på åbrinkerne i relation til forskellige behandlinger	
9.2 Driftsmæssige ændringer i ådalen	
9.3 Ændringer i planternes forekomst i ådalens eng- og om-driftsarealer	
9.4 En sammenligning af planternes forekomst på de gamle og nye åbrinker	
10. Konklusion og anbefalinger	79
10.1 Konklusion	
10.2 Anbefalinger	
11. Referencer	85
Danmarks Miljøundersøgelser	87

Forord

Ordet "restaurering" betyder at "føre tilbage til oprindelig tilstand", hvilket er en af målsætningerne med de naturgenopretnings- og restaureringsprojekter, der i disse år gennemføres i Danmark. I denne rapport beskrives et af de første større restaureringsprojekter i Danmark, hvor en tidligere udrettet og kanaliseret strækning af Gelså i Sønderjylland blev ændret til et slynget forløb samtidig med, at der blev skabt en bedre hydrologisk kontakt mellem vandløb og de ånære arealer. I rapporten gennemgås det administrative og praktiske forløb omkring et sådant restaureringsprojekt, samt de miljømæssige konsekvenser for vandløb og vandløbsnære arealer af restaureringen i de første år herefter.

På grund af afvandingsinteresser i forbindelse med dyrkningen af jorden blev en ca. 1900 meter strækning af Gelså ved Bevtoft i 1952 ændret fra et naturligt slynget forløb til et dybere, bredere og ca. 1300 m helt lige forløb. I 1989 gennemførte Sønderjyllands amt på opfordring fra borgerne i Bevtoft og med økonomisk støtte fra offentlige myndigheder og private fonde en slyngning af det lige vandløbsforløb til et forløb, der lignede det fra før 1952. I tilknytning til restaureringsprojektet igangsattes et større overvågningsprogram af Danmarks Miljøundersøgelser og Sønderjyllands amt med det formål at dokumentere de miljømæssige konsekvenser af denne type restaureringsprojekter.

Rapporten har til formål at bibringe læserne en forståelse af hele restaureringsforløbet, fra det forberedende administrative arbejde, over projekteringen og den praktiske udførelse, til selve resultatet af restaureringen. Dvs. besvare spørgsmål som f.eks. :

- Hvordan startes, projekteres og gennemføres et restaureringsprojekt i praksis?
- Hvordan og hvor hurtigt indvandrede planter og dyr til den nye vandløbsstrækning?
- Hvilke konsekvenser havde restaureringen for sediment- og næringsstoftransport?
- Opstod der hurtigt et stabilt vandløb?
- Blev miljøtilstanden bedre efter restaureringen?
- Forårsagede restaureringen ændringer i ådals- og brinkvegetationen?

Vi har bestræbt os på at gøre rapporten lettilgængelig, så også andre end specialister med udbytte kan læse den og forhåbentligt bruge nogle af erfaringerne fra Gelså til andre projekter i små og store vandløb.

Forfatterne takker en lang række borgere og lodsejere i Bevtoft for en positiv indstilling og et godt samarbejde, samt de mange teknikere fra Sønderjyllands amt og Danmarks Miljøundersøgelser, der har hjulpet med udførelsen af projektet. Endelig takkes Miljøstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen for økonomisk bistand til selve restaureringen af Gelså og til den efterfølgende overvågning.

Styringsgruppen for projektet har haft følgende sammensætning:

Mogens Bjørn Nielsen
Sønderjyllands amt

Peter Simonsen
Miljøstyrelsen

Hans Skotte Møller
Skov- og Naturstyrelsen

Brian Kronvang
Danmarks Miljøundersøgelser

Styringsgruppen takkes hermed for et godt samarbejde i projektperioden.

Sammenfatning

Indledning

Restaureringen af Gelså ved Bevtoft blev gennemført af Sønderjyllands amt i juli til september 1989. En tidligere udrettet og kanaliseret 1340 m lang vandløbsstrækning blev ved restaureringen i store træk gravet tilbage til dets oprindelige ca. 1850 m lange, slyngede forløb samtidig med at mere våde engarealer blev genskabt. Danmarks Miljøundersøgelser og Sønderjyllands amt iværksatte i 1989 og frem til 1992 en overvågning af de fysiske, kemiske og biologiske effekter af restaureringen i vandløbet, samt i de ånære arealer.

Nedenfor opsummeres hovedresultaterne af den iværksatte overvågning, mens anbefalinger til brug i senere restaureringsprojekter, også hvad angår en eventuel overvågningsindsats er beskrevet i kapitel 10.

Restaureringens betydning for transport af sediment, organisk stof og næringsstoffer i etableringsfasen

Relativ stor stofmobili-
sering ved åbning af det
nye åløb

I forbindelse med selve gravearbejdet og ved tilkoblingen af de nye åslyngninger under anlægsfasen af det nye åforløb viste det sig som forventet, at der skete en mobilisering af både sediment, organisk stof og næringsstoffer. I alt var der en mobilisering af ca. 90 tons suspenderet stof, hvoraf ca. 24 tons var organisk stof, 1,4 tons kvælstof og 320 kg fosfor. Set i forhold til årstransporten af de pågældende stoffer i Gelså udgjorde de mobiliserede mængder en forholdsvis stor andel for suspenderet stof (25%) og for partikulært organisk stof (17%), mens effekten var mindre for total fosfor (7,4%) og ubetydelig for total kvælstof (0,7%). Det anlagte sandfang på den nederste del af den restaurerede strækning viste sig at være i stand til at tilbageholde op mod halvdelen af det mobiliserede materiale.

Sandfanget i den nedre del
af det nye åløb tilbageholdt
op mod halvdelen af det
mobiliserede materiale

Restaureringens betydning for de fysiske forhold

Restaureringen forbedrede
de fysiske forhold i Gelså

Restaureringen af de fysiske forhold i Gelså ved Bevtoft har, i forhold til det tidligere regulerede forløb, resulteret i et 510 m længere og i fysisk forstand meget mere varieret vandløb, i form af skiftende strækninger med stryg og høller. Den større fysiske variation ses også i form af større strømhastighedsforskelle i det nye end i det gamle forløb, samt ændrede substratforhold, idet der blev etableret store arealer med grus til brug for gydepladser til ørreder.

Gelså ved Bevtoft blev
indsnævret, fik hævet
bunden og fik en reduceret
vandføringsevne

Ved restaureringen blev vandløbets dimensioner ændret. Således blev vandløbsbredden reduceret fra 9-12 m i det regulerede forløb til 6-8 m i det restaurerede forløb. Samtidig blev vandløbets dybde under det omgivende terræn hævet med op mod 0,3 m på den øvre og centrale del af strækningen, mens der ingen ændring blev introduceret på den nedre del. Da vandføringsevnen i en vintersituation med lidt grøde samtidig blev reduceret fra i minimum $6,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i det regulerede vandløb til $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i det restaurerede vandløb, blev der skabt bedre hydrologisk kontakt mellem vandløb og de vandløbsnære arealer, samt en generel hævnning af grundvandsspejlet i ådalen. Desuden blev der genskabt omkring 2000 m^2 af den i økologisk forstand vigtige brinknære zone, som

overskyldes flere gange årligt og som både biologisk (planter og dyr) og stofmæssigt (tilbageholdelse og omsætning) er vigtig.

Etableringen af det nye slyngede åløb var en succes

Overvågningen har vist, at de projekterede forudsætninger for etableringen af det restaurerede vandløb generelt blev fulgt under gravningen. Etableringen har således været succesfuld, bortset fra, at der på det nederste forløb ser ud til at være opstået en ustabil situation i forbindelse med, at 100 m af vandløbet her blev udlagt med en meget stor hældning. Dette skete for senere at kunne fortsætte restaureringen nedstrøms. Generelt har vandløbet allerede i løbet af den første vinterperiode i hovedtræk indstillet sig i en ny skikkelse, der, bortset fra den nederste strækning, ser ud til at være afpasset de forekommende hydrauliske forhold.

Stor mobilisering af sediment i det nye åløb i den første vinter

Restaureringens betydning for sedimentmobilisering og -transport

I løbet af den første vinter (1989/90) skete der en meget stor nettomobilisering af sediment (230 tons), primært ved erosion af brinkerne langs vandløbet og uddybninger af vandløbsbunden især i svingene. I løbet af den næste vinter (1990/91) skete der derimod en nettoaflejring af omkring 66 tons sediment på den restaurerede strækning, hovedsageligt i brinkzonen og i mindre grad på vandløbsbunden.

Bundtransport af sediment

Overvågningen har vist, at bundtransporten af sediment tilført fra oplandet i det første år efter restaureringen (oktober 1989 til september 1990) var mindre fra den restaurerede strækning (0,2 kg ha⁻¹ opland), end fra den opstrøms beliggende referencestrækning (0,3 kg ha⁻¹ opland). Denne forskel optrådte på trods af den konstaterede store nettomobilisering af sediment på den restaurerede strækning. Forskellen kan tilskrives effekten af det indskudte sandfang nederst på den restaurerede strækning. I det andet år (oktober 1990 til september 1991) var bundtransporten derimod højere fra den restaurerede strækning (3,8 kg ha⁻¹ opland), end fra referencestrækningen (1,5 kg ha⁻¹ opland). Det omvendte forhold skyldes, at sandfanget på dette tidspunkt allerede var ved at være fyldt op.

Sedimentmængder i det etablerede sandfang og kornstørrelsen af det tilbageholdte materiale

Pejlinger af sandfanget i juni 1991 viste, at det på dette tidspunkt var fyldt op med omkring 240 tons sediment, hvilket er tæt på den beregnede nettomobilisering af sediment på den restaurerede strækning i vinteren 1989/90. Mediankornstørrelsen af det tilbageholdte sediment i sandfanget varierer mellem 0,27 mm og 0,61 mm, med en typisk medianværdi for sediment i bundtransport i Gelså på 0,36-0,40 mm.

Massebalance for suspenderet stof og partikulært organisk stof

Ved sammenligninger mellem de opstillede massebalancer for suspenderet stof og partikulært organisk stof, henover den restaurerede strækning og den opstrøms referencestrækning, blev der konstateret en mertransport fra den restaurerede strækning i det første år (1989/90) på op mod 88 kg suspenderet stof ha⁻¹ opland. Den konstaterede mertransport udgjorde mængdemæssigt for den restaurerede strækning omkring 24 tons, hvilket svarer til ca. 10% af den konstaterede nettomobilisering i vinteren 1989/90.

I det andet år (1990/91) blev der derimod konstateret en nettotil-

bageholdelse på den restaurerede strækning, der set i forhold til forholdene på referencestrækningen, udgjorde op mod 300 kg suspenderet stof ha^{-1} opland, svarende til 81 tons for hele strækningen. Tilbageholdelsen af suspenderet stof er hovedsageligt sket i forbindelse med store afstrømninger i vinterperioden, hvor oversvømmelser af ådalen på visse strækninger har forekommet. Sammenlignes den målte nettotilbageholdelse af suspenderet stof med den konstaterede aflejring af 66 tons sediment i brinkzonen og på vandløbsbunden, ses der at være rimelig overensstemmelse mellem de fundne mængder, især hvis effekten af sedimentation under oversvømmelser af de ånære arealer inddrages i tolkningen.

Reduktion i tilførslen af nitrat til den restaurerede strækning

Restaureringens betydning for transport af næringsstoffer

I de to sommerperioder efter restaureringen blev der konstateret en mindre tilførsel af nitrat til den restaurerede vandløbsstrækning, sammenlignet med sommeren før restaureringen. Forskellen kan opgøres til omkring 5 kg nitrat-N ha^{-1} opland, hvilket svarer til i størrelsesordenen 80 kg nitrat-N ha^{-1} vådbundsområde i ådalen. Desuden blev der konstateret et stort relativt fald i tilførslen af nitrat til den restaurerede strækning, set i forhold til tilførslen til referencestrækningen i det andet måleår 1990/91.

De fundne forskelle viser, at restaureringen af Gelså har mindsket kvælstoftilførslen til vandløbet. Årsagen hertil er formentlig den introducerede hævnings af grundvandsspejlet i ådalen, hvorved der skabes bedre muligheder for de processer, der fjerner kvælstof. Hertil kommer muligvis også en effekt af ændrede dræningsforhold i oplandet til den restaurerede strækning. I de første måneder med stor vandføring i Gelså efter restaureringen blev der konstateret en stor nedgang i tilførslen af nitrat, hvilket kan forklares med indsivning af åvand til ådalen, forårsaget af hævnings af vandspejlet i åen i forhold til tidligere. I de efterfølgende to måneder skete der derimod en overudvaskning af nitrat til den restaurerede strækning, formentlig som følge af en afstrømning af nitratberiget øvre grundvand.

Massebalance for total fosfor viser en mertransport det første år og en tilbageholdelse i det andet år efter restaureringen

Der blev konstateret forskelle mellem tilførslen af total fosfor til den restaurerede strækning og referencestrækningen i de to år efter restaureringens afslutning. Det viser, at der som for suspenderet stof var en mertransport fra oplandet i det første år på op mod 0,5 kg ha^{-1} og en nettotilbageholdelse i det andet år på 0,6 kg ha^{-1} opland. Årsagen hertil er den samme som angivet for suspenderet stof, idet hovedparten af total fosfor forekommer som partikulært fosfor i Gelså.

Nettotilbageholdelse af opløst uorganisk fosfor det første år og nettoeksport det andet år efter restaureringen

For opløst uorganisk fosfor var der det første år en nettotilbageholdelse på den restaurerede strækning, hvorimod der var en nettoeksport fra referencestrækningen. I det andet år var der en nettoeksport af opløst fosfat af samme størrelsesorden. Årsagen til nettotilbageholdelsen af opløst fosfat på den restaurerede strækning i det første år er et stort biologisk optag, især i bundlevende alger og i mindre grad i vandplanter i forårs månederne 1990, hvor der var begrænset beskygning af strækningen og en begyndende vækst af vandplanter.

Indvandring af vandplanter i Gelså

Restaureringens betydning for de biologiske forhold i vandløb
Den første sommer efter restaureringens afslutning (1990) var biomassen af vandplanter i åen 2-3 gange større på den opstrøms referencestrækning, end på den restaurerede strækning. Allerede i den anden sommer efter restaureringen (1991) var både den maksimale plantebiomasse og vækstforløbet derimod meget ens mellem den restaurerede strækning og referencestrækningen.

Nye åbrinker giver plads til flere vådbundsarter

Før restaureringen i 1989 fandtes nogenlunde de samme arter af vand- og sumpplanter på den vandløbsstrækning, der efterfølgende blev restaureret, og den opstrøms referencestrækning. Brinken langs med de to kanaliserede strækninger havde i begge tilfælde en markant overgang fra sumptilstand til tørbundstilstand. I 1991 var alle vand- og sumparter genetableret bortset fra een art, Gul Iris. En art, Enkelt Pindsvineknop, forekom i markant mindre mængde efter restaureringen end før. De højere vandplanter udviste således hurtig indvandring. Det samlede artsantal på den restaurerede strækning i forhold til referencestrækningen øgedes fra 1,1 til 1,4. Stigningen skyldtes fugtigbundsarter, som de nye brinker med gradvis overgang fra sump- til tørbundstilstand gav bedre levebetingelser end de tidligere lodrette brinker.

Smådyr i Gelså før restaureringen

Før restaureringen i sommeren 1989 var strækningen, der skulle restaureres, og den opstrøms referencestrækning meget ens med hensyn til forekomsten af smådyr i åen, både hvad angår arts- og individtæthed. Forholdet mellem forekomsten på den restaurerede strækning og referencestrækningen var således henholdsvis 1,1 og 1,2. På begge strækninger var smådyrsfaunaen domineret af ferskvandstangloppen *Gammarus pulex* (70% af faunaen) og døgnfluer af slægten *Baetis* sp. (10% af faunaen).

Forekomst og hyppighed af smådyrsarter efter restaureringen

Efter restaureringen i foråret 1990 var der stadig stor lighed mellem de to strækninger, hvad angår arts- og individtæthed, hvilket viser, at indvandringen af smådyr til den restaurerede strækning skete hurtigt. Der var dog en tendens til, at både arts- og individtæthed var lavere på den restaurerede strækning end på referencestrækningen, idet forholdet mellem forekomsten på de to strækninger faldt til henholdsvis 0,8 og 0,9. Dette kan forklares ved, at vandplanterne endnu var dårligt udviklet på dette tidspunkt og den store sedimentmobilisering og resulterende sandtransport i vinteren 1989/90.

I foråret 1991 skete der en markant forøgelse i artsantal og i tæthed af smådyr på den restaurerede strækning sammenlignet med referencestrækningen. Forholdet mellem forekomsten på de to strækninger steg således til 1,3 hhv. 1,8. Forøgelsen må tilskrives en større udbredelse af antallet af levesteder som følge af den større fysiske variation, der blev etableret i Gelså ved restaureringen, samt genetableringen af brinkzonen, der periodisk overskylles, og som tidligere ikke var tilstede.

Ingen ændring i forureningsgraden

På trods af de konstaterede forbedringer på den restaurerede strækning har forureningsgraden, der i 1989 blev bedømt til forureningsgrad II, ikke ændret sig. Der er dog tydelige tegn på, at nye smådyrsarter er begyndt at etablere sig på den restaurerede

de strækning, primært arter der har stenbund som deres foretrukne levested.

Ørredbestanden i den restaurerede å

Elbefiskninger af dele af den restaurerede strækning og den opstrøms referencestrækning i foråret 1990 og 1991 har vist, at der i det første forår efter restaureringen ikke fandtes ørredyngel på de to strækninger. Elbefiskningen viste også, at der begge steder var en meget lille bestand af halvårsørreder og ældre ørreder.

Gydesucces i 1991 på den restaurerede strækning

Derimod blev der i foråret 1991 fanget et forholdsvis stort antal ørredyngel på den nedre del af den restaurerede strækning, mens der ingen yngel fandtes på den øvre del og på referencestrækningen. Igen var bestanden af ældre ørreder svagt repræsenteret på begge strækninger. En elbefiskning af en ca. 40 m strækning på den nedre del af den restaurerede strækning blev gennemført i januar 1992. I alt blev der fanget 65 ørred og 5 stalling. De 5 stallinger var fra 1991 og klægget ved naturlig reproduktion, idet der ikke er udsat stalling i Gelså siden 1988.

Naturlig reproduktion af stalling

Resultaterne af de gennemførte fiskeundersøgelser viser, at der efter det første ustabile år efter restaureringen, hvor der var stor sedimentmobilisering og sandvandring, er sket en tydelig forbedring i ørreders muligheder for at finde egnede gydepladser i Gelså med muligheder for naturlig reproduktion. Indtil 1991 var det formentlig kun i den nedre del af den restaurerede strækning, at de etablerede gydepladser har fungeret, formentlig som følge af at der her er det største fald, samt at der er påvist en aflejrings-situation på vandløbsbunden på den øvre del i det andet år (1990/91).

Tilsåning på de nygravede åbrinker og indvandring af bredvegetationen

Restaureringens betydning for brink- og ådalsvegetationen

Udsåning af græsarter på de nygravede brinker øgede hastigheden for vegetationsdækning af åbrinkerne. Efter to års forløb havde den naturlige indvandring på strækningen, hvor der ikke blev foretaget en såning af brinker, dog næsten nået samme niveau i plantedækning som de tre frø-behandlede strækninger (græs, rug+græs og rug). Kun for strækningen med "rug+græs" var der et markant tættere vegetationsdække. De tættest vegetationsdækkede områder ("græs" og "rug+græs") havde den laveste erosionsgrad af åbrinken. Ved kartering af åbrinker efter tre år var der ikke væsentlige forskelle på arternes forekomst på de fire delstrækninger.

Flere vådbundsarter på de nye brinker

Vegetationen på åbrinkerne udvikler sig i den samme retning for alle behandlinger: Mod flere arter fra både tørbunds- og vådbunds-samfund. Dette var en virkning af den større udnyttelige fugtighedsgradient, som de skrånende brinker medførte.

Restaureringen medførte en ændret drift af flere af arealerne. En større del af området blev afgræsset/slået efter restaureringen end før, hvilket generelt er gunstigt for engvegetation.

Efter restaureringen er ådalen generelt blevet mere fugtig

Å-genopretningsprojektet har generelt ændret ådalen mod det mere fugtige og dermed skabt bedre muligheder for vådbundsarter, hvor der før var overvægt af arter, som er knyttet til mere

tørre biotoper. Mange af de botanisk mest værdifulde områder, som indeholdt flest af de egentlige vådbundsarter, og som før projektet var de fugtigste områder (gamle meandre og trykvands-påvirkede områder) blev bortgravet for at give plads til det nye åforløb. Nogle af arterne tilhørende disse afdelinger blev genfundet på åbrinkerne, men det er uvist, om de vil være i stand til at overleve der. Andre arter blev slet ikke genfundet. Den største effekt i ådalen var, at en stor arealmæssig andel af disse botanisk mest interessante biotopstyper forsvandt eller blev drænet.

1 Introduktion

1.1 Baggrund og formål

De fysiske forhold i danske vandløb er ændret dramatisk gennem de sidste 200 år

De fleste danske vandløb er igennem de sidste 200 år enten blevet lagt i rør eller udrettet, som en følge af opdyrkningen og det intensive landbrug. Ved udretningerne er vandløbsforløbet blevet afkortet og det overskydende fald er afviklet i forbindelse med styrt. Mange af styrtene har været egentlige spærringer for fisk og smådyrs passage gennem vandløbssystemerne, og udrettede strækninger har ofte været ustabile med en stor sandvandring til følge (Brookes, 1984).

En hårdhændet vandløbsvedligeholdelse har været med til at ødelægge de fysiske forhold i de fleste danske vandløb

På grund af de store afvandingsinteresser er der som følge af gældende regulativer gennemført en hårdhændet vedligeholdelsespraksis i de fleste vandløb, i form af skæring af grøde og kantvegetation en eller flere gange årligt, samt oprensninger af bund med jævne mellemrum. Uddybninger af vandløbsbunden med stejlt stående brinker og efterfølgende brinkkollaps til følge er snarere reglen end undtagelsen i danske vandløb. Vandløbene fremtræder derfor ofte overdybe og overbrede i forhold til de regulativmæssigt fastsatte dimensioner, som det også var tilfældet med Gelså før restaureringen. Vedligeholdelsen af vandløb har således forstærket sedimenttilførslen og sandvandringen, og dermed forringet de økologiske forhold i vandløb.

Genskabelse af gode fysiske forhold i vandløb kan ske enten af naturlig vej eller ved gennemførelse af egentlige restaureringer

Ifølge Brookes (1984) er der, i relation til vandløbenes muligheder for selv at genskabe et slynget forløb fra et tidligere udrettet og kanaliseret, afgørende forskelle mellem forskellige grupper af vandløb. Mange danske vandløb har således for lidt "energi" til selv at afhjælpe tidligere tiders afvandingsmæssige påvirkninger. Konsekvenserne heraf er, at kun de øvre ender af danske vandløb er over grænsen på 35 W m^{-2} , hvor det kan forventes, at de selv kan genskabe et nyt forløb. Gelså er et eksempel på et vandløb, der har lille "energi" til rådighed, mindre end 10 W m^{-2} , og dermed ikke af naturlig vej kan gendanne et slynget forløb. I sådanne tilfælde er egentlige restaureringsforanstaltninger nødvendige.

Flere formål med restaureringen af Gelså

Formålet med at gennemføre en restaurering af Gelså på strækningen ved Bevtoft har fra starten været dobbeltsidigt - dels med et rekreativt sigte og dels med sigte på at forbedre vandløbskvaliteten (Nielsen *et al.*, 1990). Samtidig blev det klart, at projektet ville have betydning for den biologiske tilstand af engene i ådalen og for det landskabsmæssige billede.

Et middel til at tilgodese disse hensyn var at forlægge åens løb, så det i størst muligt omfang blev magen til forløbet før reguleringen i 1952. Hermed kunne følgende formål opfyldes:

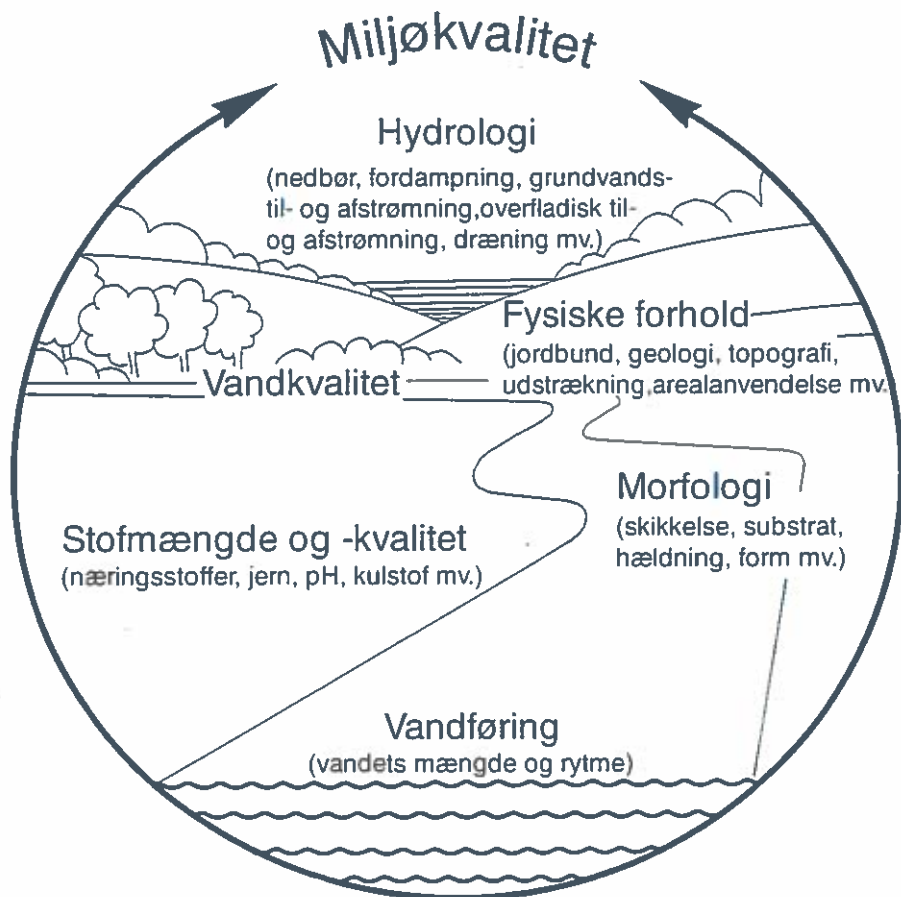
- at omdanne det lige, kanalagtige vandløb til et slynget og æstetisk smukt vandløb i den velafgrænsede ådal og samtidig skabe bedre muligheder for offentlig adgang,
- at skabe bedre overensstemmelse mellem vandløbets målsætning og den faktiske tilstand ved at forbedre de fysiske

forhold, og dermed give bedre levevilkår for flora og fauna i og omkring vandløbet.

De økologiske forhold i vandløb er afhængig af flere faktorer

De økologiske forhold i vandløb og ånære arealer er påvirket af en lang række menneskeskabte påvirkninger, som skematisk i figur 1.1 er grupperet i tre overordnede elementer. Ved en restaurering af vandløb forsøges de ofte ensartede og ustabile fysiske forhold ændret, så der bliver flere og bedre levesteder for plante- og dyrelivet.

Figur 1.1 Principdiagram med vandløb og de ånære arealer samt de tre elementer, som har betydning for miljøtilstanden



Et vigtigt formål med vandløbsrestaureringer er at genskabe det naturlige samspil mellem en ådal og dets vandløb

I et tidligere reguleret og kanalagtigt vandløb sker dette ved over en længere strækning at genetablere de naturlige stryg og høl sekvenser, hvor der vil være stor forskel i strømhastighed og dermed i bundsubstratet, der på stryg vil være domineret af grusbund og i høller af sandbund. Et restaureret vandløb vil samtidig ofte have en mindre vandføringsevne og dermed en højere vandstand. Brinkzonen vil få en større udstrækning, og der vil hyppigere optræde fuldtløbende vandløb og oversvømmelser af ådalen. Vandløbet får igen mulighed for at forme sit løb gennem en mere vådbundspræget ådal.

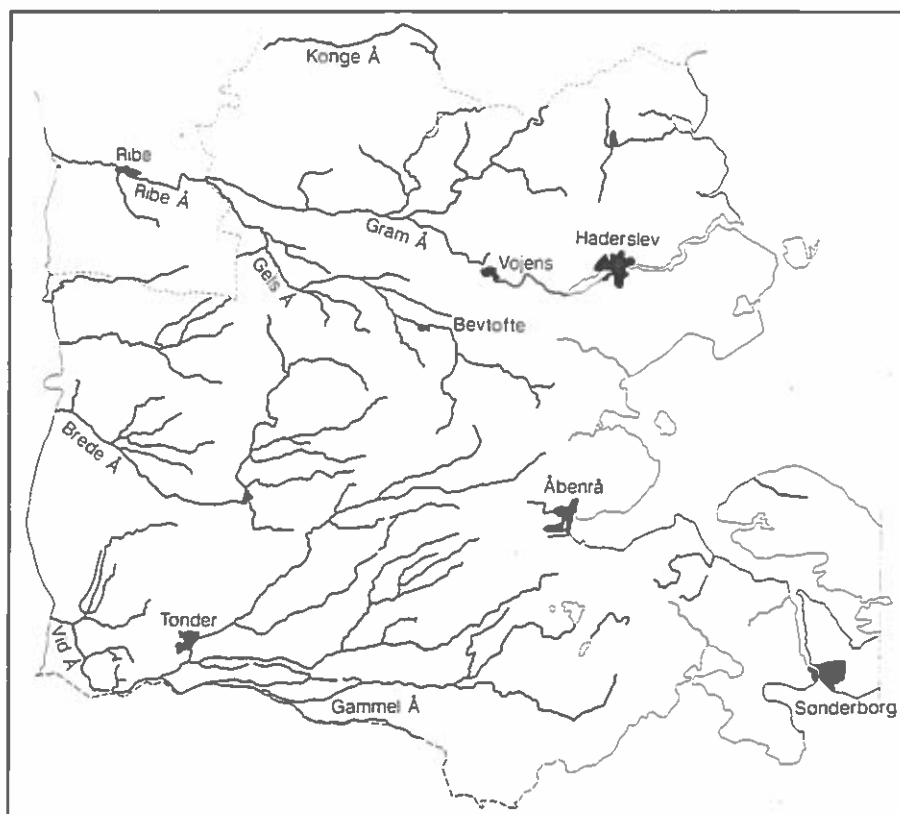
Hermed er cirklen sluttet, idet dette får betydning for vandkvaliteten igennem mindre udvaskninger af næringsstoffer og jern fra ådal til vandløb og ved en øget tilbageholdelse af næringsstoffer og sediment i vandløbet og de omkringliggende arealer.

1.2 Karakteristik af Gelså og ådalen ved Bevtoft

Hvor ligger Gelså?

Gelså har sit udspring i form af mange små vandløb ved Hovslund på den østjyske højderyg, der i Sønderjylland ligger tæt på østkysten - her kun 5 km fra Lillebælt. De små vandløb bliver til Immervad å og senere til Gelså, der 25 km nedstrøms Bevtoft by løber sammen med Gram Å og danner Ribe Å (figur 1.2).

Figur 1.2 Kort over vandløbene i Sønderjylland med beliggenheden af Gelså i Ribe Å-systemet



Beskrivelse af Gelså ved Bevtoft

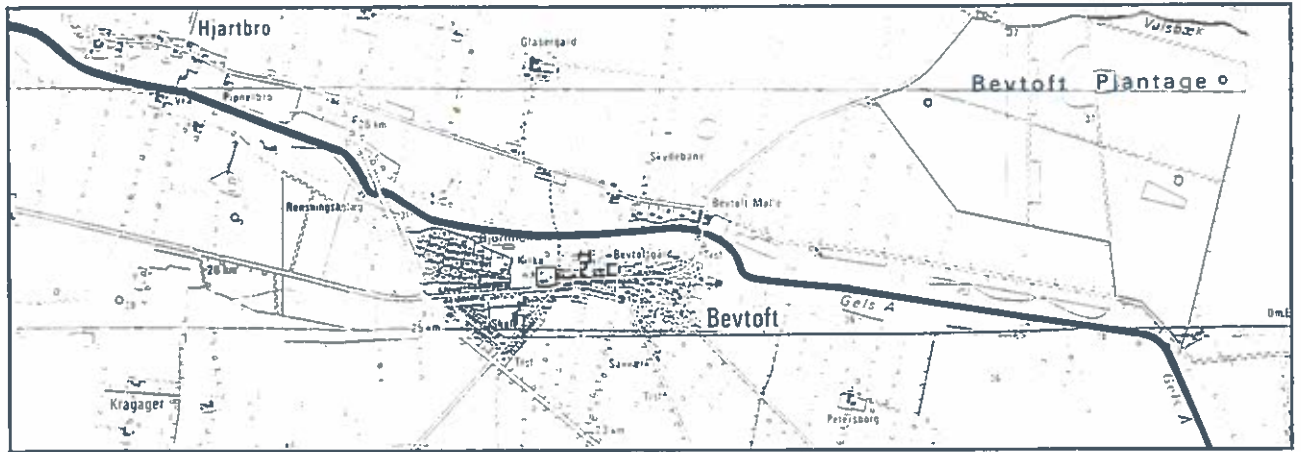
Oplandet til Gelså er ved Bevtoft på i alt 113 km². Oplandet er for den langt overvejende del intensivt dyrket landbrugsjord, mens kun en mindre del af oplandet i dag henligger som skov eller udyrket mose/eng eller hede. Gelså ved Bevtoft har en gennemsnitsvandføring på 1450 l s⁻¹ eller 12.8 l s⁻¹ km⁻² (tabel 1.1).

Tabel 1.1 Beskrivelse af Gelså ved Bevtoft, hvad angår oplandsareal, afstrømning, målsætning og forureningsgrad

Gelså ved Bevtoft	
Opland: 113 km ²	
Afstørningskarakteristik (1983 - 90)	
Gennemsnit:	1450 l s ⁻¹
Max. døgnlige:	7950 l s ⁻¹
Min. døgnlige:	610 l s ⁻¹
Medianminimum:	660 l s ⁻¹
Målsætning og forureningstilstand	
Målsætning: B1 = Gyde- og yngelopvækstområde for laksefisk	
Forureningstilstand: Forureningsgrad II = Ret svagt forurennet	

Våde enge og moser i ådalen er forsvundet som følge af udretningen og uddybningen af Gelså

Ved Bevtoft løber Gelså i en ret smal og velafgrænset ådal, hvor byen ligger på den sydlige side og landbrugsarealer på den nordlige (figur 1.3). Åen blev reguleret og udrettet i 1952. Hvor der på kortet fra 1878 optræder en bræmme af våd eng/mose, på op mod 125 m's bredde, eller 17 ha, omkring Gelså, var der i 1989 spor af gamle mæanderbuer fra før reguleringen, der stadig lå som vandhuller eller sumpede områder i engen og våde trykvandspartier.



Figur 1.3 Kortudsnit med beliggenheden af Gelså ved Bevtoft før restaureringen

Ådalsbunden har sat sig siden udretningen af Gelså pga. afbrændingen af tørvepakken

Nivellementer udført i 1993 viser, at tørvelaget i dag ligger 20-40 cm lavere end før reguleringen i 1952. Dette skyldes dels kemisk omsætning af tørv, dels en fysisk sætning. Begge fænomener er velkendte efter en vandstandssænkning (Vedby 1984), og regulering af vandløb medfører netop en sådan sænkning af vandstanden.

Jordanalyser i november 1990 ved 12 af de fastliggende botaniske prøvofelter (jf. Kap. 3.4) langs den restaurerede å i november 1989 viste tørvelag mellem 20 cm og 100 cm oven på det alluviale sandlag. Både tørv og sand havde en gennemsnitlig pH (tørret prøve) på 5,2. Tørvens indhold af mineraljord varierede noget langs vandløbet, idet den øverste og nederste del af ådalen havde et glødetab på 5-10 % mod 16-32 % i den centrale del af ådalsstrækningen.

Stor sandvandring i det udrettede løb

Gelså er som så mange andre udrettede vandløb præget af ustabile fysiske forhold, med en stor sandvandring langs bunden forårsaget af erosion af bund og brinker. Vandløbet har overvejende sandbund, men med enkelte strækninger med fin grusbund, som er naturlige gydepladser for ørreder. Da vandkvaliteten samtidig generelt er god (forureningsgrad II = ret svagt forurenat), er der en god fiskebestand i åen. På strækningen både op- og nedstrøms Bevtoft er Gelså målsat som gyde- og yngelopvækstområde for laksefisk.

Der er derfor basis for at skabe større sammenhæng i de gode vandløbsstrækninger ved at lave restaureringsprojekter og ved at ombygge eller fjerne de opstemninger, som fisk og smådyr ikke kan passere.

1.3 Interesser berørt af restaureringen

Lokale borgere opfordrede til at gennemføre restaureringen af Gelså

Som tidligere omtalt kom ideen til projektet i midten af 1980'erne fra Borgerforeningen i Bevtoft, der blev bakket op af et boligselskab, som havde opført en ny bebyggelse langs ådalen. Der var derfor stor interesse for og opbakning til projektet generelt i byen. Sønderjyllands amt begyndte for alvor at arbejde med projektet i 1988, idet projektet også er en del af amtets politik på natur- og miljøområdet.

Afholdelse af borgermøder i forbindelse med projekteringen

I februar 1989 blev der holdt et borgermøde i Bevtoft, hvor der deltog politikere og teknikere fra Sønderjyllands amt, samt omkring 70 interesserede borgere fra Bevtoft og omegn. Der blev ved denne lejlighed præsenteret et skitseprojekt, som blev modtaget meget positivt. Lodsejerne (i alt 13 involverede) var på dette tidspunkt blevet kontaktet, og de var gennemgående positive med undtagelse af et par skeptikere.

Ekstensiv landbrugsmæssig udnyttelse af ådalen

Ådalen ved Bevtoft blev i 1989 landbrugsmæssigt udnyttet ret ekstensivt, da den bestod af fugtig eng, hvor drænsystemerne mange steder ikke var vedligeholdt. Kun en enkelt mark i den vestlige ende af området var under plov, resten henlå i vedvarende græs, der for størstedelens vedkommende blev omlagt med års mellemrum. Ådalen havde derfor ikke den store landbrugsmæssige interesse.

Store lystfiskerinteresser i Gelså

Gelså bliver både opstrøms og nedstrøms for Bevtoft flittigt besøgt af lystfiskere, grundet åens pæne ørredbestand. Bortset herfra havde området ikke den store rekreative interesse. En bro cirka midtvejs på strækningen førte en meget benyttet sti over åen.



2 Projektering og praktisk gennemførelse af projektet

2.1 Administrativt forarbejde og forundersøgelser

Hvordan forberedes en vandløbsrestaurering administrativt

Det administrative forløb af et projekt som dette kan opdeles i følgende faser:

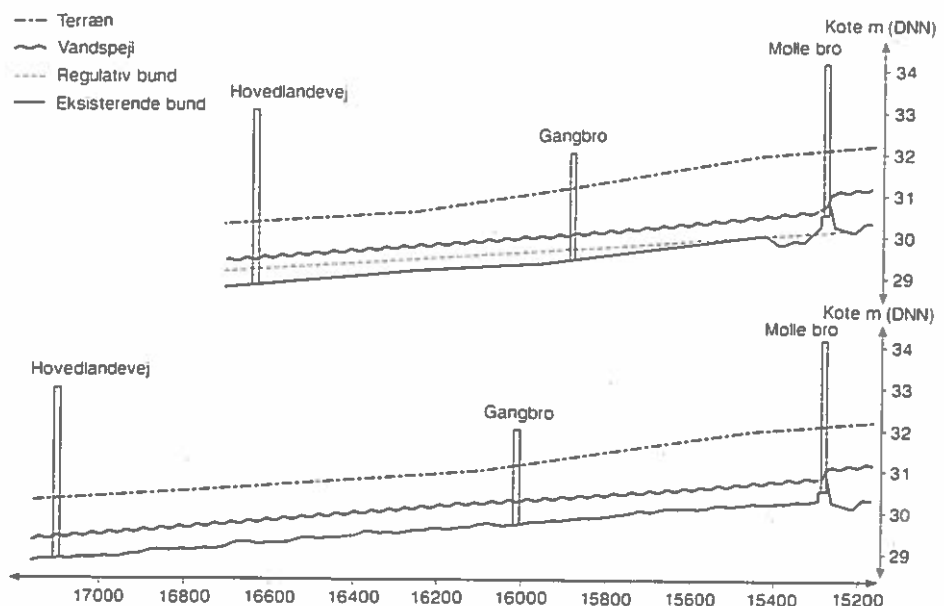
- I. Forundersøgelser.
- II. Lodsejerkontakt og foreløbig accept.
- III. Udarbejdelse af detailprojekt.
- IV. Tilladelser efter diverse love og af lodsejere.
- V. Afklaring af finansieringen.

I tabel 2.1 er vist en liste over hvilke punkter forundersøgelsen til restaureringsprojektet indeholdt. Et eksempel på beregning af det nye længdeprofil over den pågældende strækning i Gelså ved brug af opmålingsdata og en hydrodynamisk model (MIKE 11) er vist i figur 2.1.

Tabel 2.1 Oversigt over de forundersøgelser, der blev gennemført før igangsætningen af restaureringsprojektet af vandløbet

Forundersøgelser

- Gennemgang af lokaliteten i marken.
- Regulativmæssige forhold.
- Opmåling af vandløb og ådal, længde- og tværprofiler.
- Jordbundsundersøgelser.
- Biologiske undersøgelser.
- Afstrømningsmæssige forhold, vandstands- og vandføringsmåling.
- Gennemgang af gamle kort, målebordblade, reguleringssagen.
- Planlægningsmæssige bindinger, evt. udpegning i regionplan.
- Tekniske anlæg, el-, vand-, kloak- og telefonledninger.



Figur 2.1 Eksempel på længdeprofil af Gelså ved Bevtoft før restaureringen i 1989 og det projekterede længdeprofil efter restaureringen

Vigtigt så tidligt som muligt at inddrage de berørte lodsejere

Det var meget vigtigt, at lodsejerne blev inddraget tidligt i projektforløbet, da det kan give en negativ forhåndsindstilling, hvis en ejer af et jordstykke læser i avisen eller hører ude i byen, at der skal foregå noget på hans jord, som han ikke er orienteret om. Desuden kan lodsejeren bidrage med viden og få indflydelse på projektet (måske flytte nogle streger), inden det helt færdige projekt foreligger.

Hvilke love er en vandløbsrestaurering underlagt?

I dette tilfælde krævede projektet (Sønderjyllands Amt, 1989) tilladelser efter henholdsvis Naturfredningsloven (§ 43) og Vandløbsloven (Bekendtgørelse 424 af den 7. september 1983 om vandløbsregulering m.v.). Godkendelsen efter Naturfredningsloven skal foreligge, inden der kan gives godkendelse efter Vandløbsloven. Ifølge Vandløbsloven er der en offentlighedsfase på 8 uger, samt 4 ugers klagefrist i denne type sager.

Indhentning af tilladelser og afklaring af finansiering kan normalt køres sideløbende undtagen i de tilfælde, hvor den bevilgende myndighed kræver, at alle tilladelser er på plads, inden der gives tilsagn om støtte. I tabel 2.2 er givet en liste over de myndigheder og fonde, der financierede restaureringen af Gelså.

Tabel 2.2 Oversigt over hvorfra midler til restaureringen af Gelså ved Bevtoft blev tilvejebragt

Finansiering:

- Miljøstyrelsens midler til vandløbsrestaurering.
- Skov- og Naturstyrelsens marginaljordsprojekter, forløberen for naturgenopretningsmidlerne.
- Private og offentlige fonde, i dette tilfælde Tipsmidlerne og Grænseforeningens Alvingfond.
- Primærkommunen, i dette tilfælde Nr. Rangstrup Kommune.
- Sønderjyllands Amts midler til vandløbsrestaurering.

2.2 Projektering

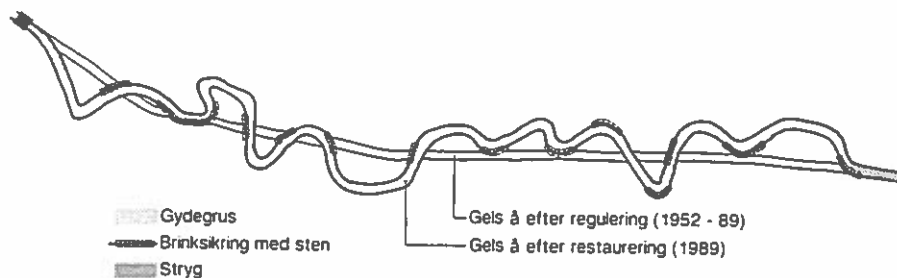
Projektering af nyt forløb i Gelså

Vandløbsforløbet og hydrauliske forudsætninger

Strækningen af Gelså, som omfattes af restaureringen, er på i alt 1340 meter med en regulativmæssig bundbredde på 3,5 m og en målt bundbredde på 4,5-6 m. De aktuelle dimensioner i 1989 for restaureringen af Gelså var således meget større end de regulativmæssigt foreskrevne.

Det projekterede nye forløb er i figur 2.2 vist sammen med forløbet i 1989. Det nye forløb er udformet således, at det i stor udstrækning følger forløbet fra før udretningen i 1952. På en stor del af strækningen har det dog været nødvendigt at lave et nyt forløb, da der siden 1952 er nedlagt en kloakledning i engen parallelt med åen, og det viste sig umuligt at krydse denne på en del af forløbet. Den nye vandløbsstrækning er på ialt 1850 meter, d.v.s. 510 meter længere end den udrettede strækning.

Figur 2.2 Det projekterede nye restaurerede forløb af Gelså ved Bevtøft sammen med det gamle regulerede løb. I figuren er vist strækninger med udlægning af gydegrus, brinksikring og stryg



Projektering af vandføringsevnen i det nye slyngede vandløb

Dimensionering og faldforhold

Den nye vandløbsstrækning er dimensioneret så vandføringsevnen bliver mindre, end den var før restaureringen, men stadig bedre end regulativet foreskriver. Som følge af overuddybning og en større bredde end vandløbet foreskriver, var vandføringsevnen (vandføringen ved bredfyldt vandløb) før restaureringen 50% større end den vandføringsevne, der er fastlagt ud fra regulativet. Under forhold med en lille grødemængde i vandløbet (Manningtal på 30) var vandføringen ved bredfyldt vandløb $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$, mens den regulativmæssige vandføringsevne var $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Det nye vandløb er dimensioneret således, at vandføringsevnen ved et Manningtal på 30 vil være $5,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Vandløbsbunden er projekteret til at ligge i en dybde på 1 til 1,5 m under terrænet, hvilket er noget højere end før restaureringen.

Genskabelse af en naturlig skikkelse i Gelså hjælpes på vej under etableringsfasen

Den nye vandløbsstrækning blev gravet med 5 forskellige tværsnitsprofiler. Der blev specielt gravet "skæve" tværsnitsprofiler i svingene, som en efterligning af det vandløbet selv forventes at skabe under naturlige forhold. På de lige strækninger er bundbredden projekteret til at variere fra 4,5 til 5,5 m, og ovenbredden fra bredkant til bredkant fra 6 m til 8 m. I svingene er bundbredden projekteret op til 2,5 m mindre, og dybden op til 0,5 m større. Derved forventes bedst muligt skabt et naturligt og varieret strømningsmønster mellem dybe høller i mæanderbuerne og lave, strygagtige partier på de lige strækninger.

Projektering af faldet i det nye restaurerede vandløb

Over hele strækningen har vandløbet et fald på 1,8 m. Før restaureringen startede strækningen med et styrt ved Bevtøft Mølle på 0,6 m (figur 2.1). I projekteringen forventes de 0,3 m af styrtet anvendt til etablering af et stryg på de første 60 m, således at styrtet fjernes. Fra 60 m nede af det nye vandløb til 1450 m nede, anlægges vandløbet med et fald på $0,9 \text{ ‰}$, de næste 300 m blev projekteret til at få et fald på $0,65 \text{ ‰}$, mens de sidste 100 m får et fald på 2 ‰ . Det forholdsvis store projekterede fald på den nederste strækning, giver mulighed for eventuelt at fortsætte restaureringen nedstrøms Bevtøft på et senere tidspunkt.

Etablering af stensikringer i de nye svind på åen

Stensikringer, fiskeskjul og gydegrus

I figur 2.2 ses det, at der blev projekteret med etablering af stensikringer på ydersiden af nogle af svingene, hvor en erosion ville være uønsket af økonomiske eller afstrømningsmæssige årsager. Derudover er der sikret med sten i brinkerne de steder, hvor det nye vandløbsforløb krydser det gamle forløb.

Udlægning af store sten og gydegrus

Store sten blev udlagt som fiskeskjul på steder i vandløbet, hvor det ikke forårsagede en uheldig indflydelse på strømningsmønsteret. På 18 lige, strygagtige forløb blev der projekteret med

udlægning af gydegrus til sikring af forekomst af gyde- og yngel-opvækstområder for ørreder (figur 2.2).

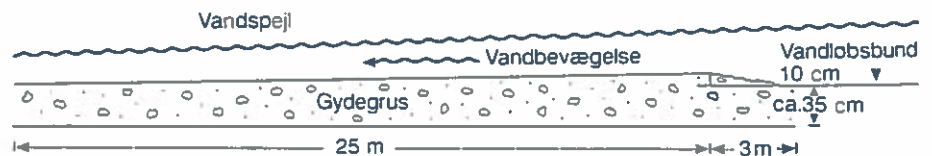
Stensikring af brink i ydersiden af mæanderbue i Gelså



Optimering af sammensætningen af det udlagte gydegrus

Egnede gydepladser for ørreder findes naturligt i Gelså både op- og nedstrøms for strækningen, men vil i et nygravet forløb først kunne forventes etableret af naturlig vej over en længere årrække. Gydegruset blev sammensat og udformet efter anvisningerne i en teknisk anvisning fra Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium (Græsbøll et al., 1989). Kornstørrelsessammensætningen er givet i tabel 2.3. Gydegruset blev udlagt i hele vandløbets bredde med en mægtighed på 40 cm (figur 2.3).

Figur 2.3 Principskitse for etablering af gydepladser ved udlægning af gydegrus i Gelså ved Bevtøft



Tabel 2.3 Sammensætningen af det udlagte gydegrus i Gelså ved Bevtøft

Sammensætning af gydegrus:	
20 %	8 - 16 mm
70 %	16 - 32 mm
10 %	32 - 60 mm
Sammensætning af sten:	
20 %	60 - 120 mm
80 %	120 - 400 mm

Projektering af et nedstrøms midlertidigt sandfang i Gelså

Sandfang

På den nederste del af strækningen blev der gravet et sandfang, hvis primære funktion var at opfange materiale, der blev løsnet under anlægsarbejdet og i perioden herefter, hvor vandløbet forventeligt arbejder med formjusteringer henimod en naturlig ligevægtssituation, hvorved der kan ske en stor mobilisering af

sediment. Formålet med sandfanget er således at dæmpe uønskede påvirkningerne på strækningerne nedstrøms for den restaurerede strækning. Sandfanget blev gravet, før det egentlige anlægsarbejde startede, ved en kombineret udvidelse og uddybning over ca. 40 m af den nederste vandløbsstrækning. Der er tale om et billigt, primitivt sandfang uden stabilisering.

Detaljer omkring tekniske anlæg

Tekniske anlæg

Som omtalt ligger der en kloakledning i engen parallelt med den udrettede å. Det var nødvendigt at krydse kloakledningen 6 gange med det nye vandløbsforløb. Krydsningen skete ved at stålføre kloakrøret disse steder.

De overløbsbygværker og regnvandsudledninger, der var ført til åen, blev ført med et nyt udløb til den restaurerede å.

En elledning, der løb på master i den østlige del af området, blev jordlagt i forbindelse med gennemførelse af projektet. Desuden viste det sig nødvendigt at krydse en vandledning.

Sikring af offentlig adgang til områder

Offentlig adgang

Omtrent midtvejs på strækningen, blev åen krydset af en bro, der førte en gammel og stadig flittigt benyttet kirkesti over åen. Da åen blev forlagt, var det nødvendigt at etablere en ny bro.

Efter projektets afslutning har Nørre Rangstrup kommune med støtte fra Tipsmidlerne to steder etableret 1,5 m brede grusstier til åen og på visse strækninger langs denne. Hermed er der skabt et sammenhængende stisystem fra boligområderne omkring ådalen langs dele af åen og henover denne.

2.3 Praktisk gennemførelse af restaureringen

Beskrivelse af anlægsarbejdet i Gelså

Anlægsarbejdet

De nødvendige tilladelser efter lovgivningen, accept fra lodsejerne og de lokale myndigheder, samt finansiering af projektet var på plads i maj 1989.

Da projektet var det hidtil største af sin art, der skulle gennemføres her i landet, valgte amtet at bestille en entreprenør, som man havde tillid til kunne udføre anlægsarbejdet. Projektet blev gennemført som timelønsarbejde og med materialmængder betalt efter regning. De anvendte materialmængder fremgår af tabel 2.4. I senere, lignende projekter er arbejdet blevet udbudt i enten offentlig eller indbudt licitation.

Tilsyn med anlægsarbejdet er vigtigt

Anlægsarbejdet startede den 10. juli 1989 og var afsluttet den 3. oktober 1989. Tilsynet med anlægsarbejdet blev udført af et rådgivende ingeniørfirma i samarbejde med Sønderjyllands amt. Under etableringsfasen blev der afholdt ialt 12 byggemøder.

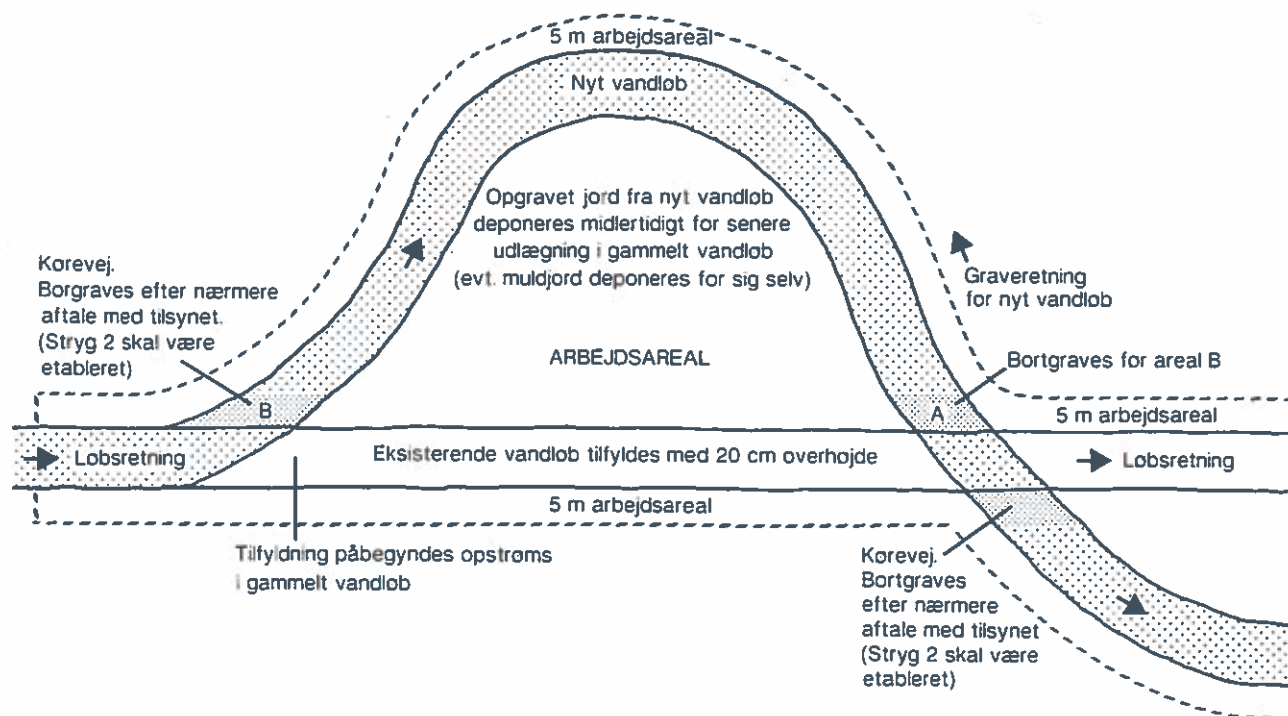
Vigtigt at følge en fast plan for gennemførelse af anlægsarbejdet

Anlægsarbejdet fulgte en fast plan m.h.t. graveretning, deponering af fyld og tilslutning af nyt forløb til det eksisterende (figur 2.4). Sandfanget blev udgravet først og derefter blev de nye

Åbning af nygravet mæanderbue i Gelså, september 1989



vandløbsbuer gravet op mod strømmen og blev efterladt "åbne" bagud. De nygravede mæanderbuer blev først koblet til det eksisterende forløb efter at alle var gravet og efter aftale med tilsynet. Tilkoblingen af de nygravede mæanderbuer skete fra opstrøms retning ved en samtidig åbning af mæanderbuen og afspærring af det gamle løb. Efter åbningen af det nye løb blev det gamle løb fisket tomt og herefter fyldt op med det opgravede fyldmateriale.



Figur 2.4 Detailplan for udførelse af anlægsarbejdet ved restaureringen af Gelså ved Bevtoft

Reguleret løb af Gelså (højre) og nygravet mæanderbue (venstre) under etableringsfasen i august 1989



Tabel 2.4 Oversigt over de anvendte materialmængder og arbejdstimer ved restaureringen af Gelså ved Bevtoft

Anvendte mængder og timer	
Sten:	1.003 m ³
Gydegrus:	741 m ³
Jordarbejde:	15.000 m ³
Maskintimer:	1554
Arbejdstimer:	503

Tilsåning af de nye brinker blev forsøgt

Efter afslutning af anlægsarbejdet blev de nygravede brinker tilsået for hurtigt at etablere et naturligt værn mod erosion. Tilsåningen skete af eksperimentelle grunde med forskellige planter, således at de første 500 m blev tilsået med en græsfrøblanding bestående af arter fra såvel våd- som tørbund, de næste 500 m med en blanding af græsfrø og rug, de næste 500 m med ren rug, mens den sidste del ikke blev tilsået.

Vejret i anlægsperioden var meget gunstigt, idet der kun faldt 99 mm regn på tre måneder. Det gjorde, at der ikke på noget tidspunkt var problemer med at færdes med de tunge maskiner i engområderne, og der var således ingen spild dage for entreprenøren.

Til anlægsarbejdet blev anvendt hydrauliske gravemaskiner (Liebherr 932, 921, 901 og 900), samt dumper, rendegraver, gummed, dozer og lastbil.

Indvielse

Indvielse af det restaurerede vandløb

Projektets færdiggørelse blev fejret med en indvielse den 7. oktober 1989, hvori deltog politikere og teknikere fra amt og kommune, interesseorganisationer og enkeltpersoner der havde været involveret, samt borgere fra området. Desuden deltog en repræsentant fra Miljøministeriet.

Hvad kostede restaureringen af Gelså ved Bevtoft

Økonomi

De samlede anlægsomkostninger for projektet blev ca. 1.3 millioner kroner excl. moms, der fordelte sig på enkeltudgifter, som vist i tabel 2.5. Hertil kommer beløb til etablering af arbejdsplads, oprydning og bortkørsel af affald, reetablering af arealerne m.v. Projektet blev finansieret med tilskud fra Miljøstyrelsen (kr. 810.191), Skov- og Naturstyrelsen (kr. 336.077) og Alvingfonden (kr. 81.970) alle beløb excl. moms. Restudgiften blev afholdt af Sønderjyllands amt. Omkostninger til en sti langs en del af åen er efterfølgende afholdt af Nr. Rangstrup kommune.

Tabel 2.5 Omkostninger ved restaureringen af Gelså ved Bevtoft fordelt på enkeltposter

Ressourceforbrug på enkeltposter	(tusinde kr.)
Gravning af sandfang	kr. 10
Gravning af nyt vandløb	kr. 191
Opfyldning af eksisterende vandløb	kr. 101
Gydebanker	kr. 156
Skråningssikringer med sten	kr. 145
Opbygning af stryg ved møllen	kr. 26
Teknik (ny bro, krydsning af kloakledning, vandledning og elledning m.v.)	kr. 336
Projektering, forundersøgelser og tilsyn	kr. 242
Erstatninger til lodsejere	kr. 13

3 Beskrivelse af overvågningsprogrammet

Hvorfor overvåge effekter af vandløbsrestaureringer?

Det stod tidligt klart, at det i forbindelse med dette første store restaureringsprojekt, hvor et tidligere reguleret og udrettet vandløb blev forsøgt ført tilbage til et naturligt, slynget forløb, var vigtigt at iværksætte en overvågning af selve arbejdet og de miljømæssige konsekvenser. Overvågningen skulle sikre, at der til brug for kommende, lignende projekter kunne foreligge en dokumentation af ikke blot de miljømæssige effekter af restaureringen, såsom indvandring og forekomst af dyr og planter, men også af selve anlægsarbejdets eventuelle miljømæssige gener. Endvidere var formålet også at dokumentere, om det projekterede vandløbs forløb og skikkelse blev korrekt etableret, og om det var hensigtsmæssigt udformet, set i forhold til at skabe et vandløbsforløb, der hurtigt indstiller sig i en naturlig ligevægtssituation.

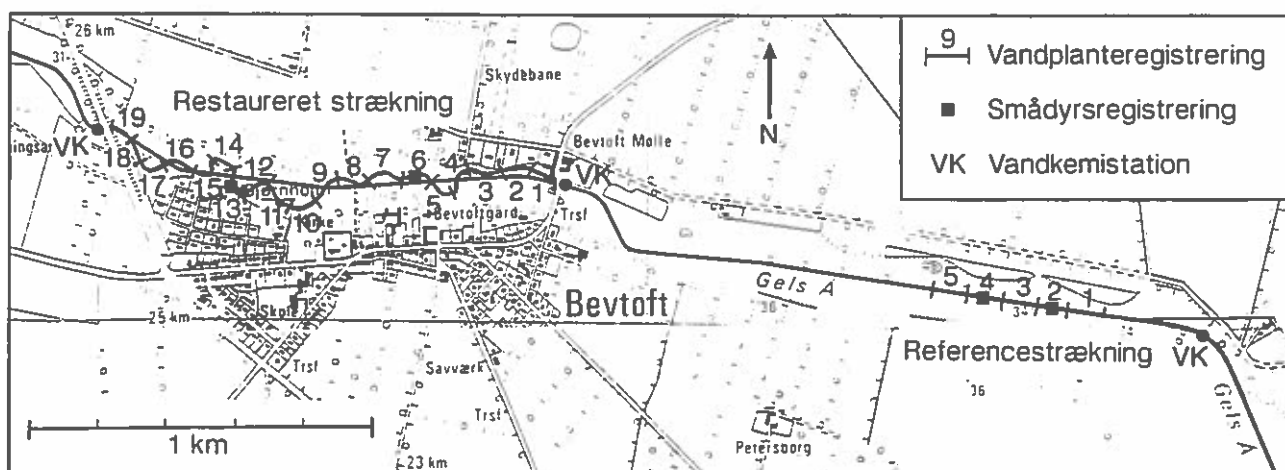
Hvilke institutioner deltog i overvågningen og finansierede den?

Overvågningen af Gelså restaureringen blev gennemført af Danmarks Miljøundersøgelser og Sønderjyllands amt. Overvågningsprogrammet blev finansieret af Miljøstyrelsen, Skov- og Naturstyrelsen, Sønderjyllands amt og Danmarks Miljøundersøgelser.

3.1 Strategi og elementer i overvågningsprogrammet

Elementerne i overvågningsprogrammet

De enkelte elementer i overvågningsprogrammet, deres hovedformål og målefrekvensen er vist i tabel 3.1. Samlet skulle disse elementer tilvejebringe en dokumentation for de etablerings- og miljømæssige konsekvenser af restaureringen. Overvågningsprogrammet blev igangsat i maj-juni 1989 og forløb i 2 år efter restaureringens afslutning dvs. til oktober 1991, suppleret med målinger i forår og sommer 1992.



Figur 3.1 Beliggenhed af referencestrækning og restaureret strækning i Gelså ved Bevtøft, samt placering af vandkemistationer, og de biologiske stationer til indsamling af smådyrs-prøver, registrering af vandplanter og biomassebestemmelser

Principper og strategi for overvågningsprogrammet

Hovedprincippet bag et simpelt program til overvågning af effekterne af en udefrakommende påvirkning er selvfølgelig at kunne sammenholde en før situation med en efter situation. I tilfældet

med restaureringen af Gelså var det også ønskeligt at kunne beskrive ændringer i perioden under og efter restaureringens gennemførelse f.eks. indvandring af vegetationen, formændringer i det nygravede vandløb, samt mobilisering af sediment og næringsstoffer.

Generelt blev der derfor anvendt en strategi, baseret på målinger på en referencestrækning umiddelbart opstrøms for den restaurerede, hvorfra de biologiske og kemiske forhold kunne sammenholdes med forholdene på den restaurerede strækning (figur 3.1). For ådalens vedkommende var der ikke nogen egnet referencetrækning umiddelbart opstrøms, hvorfor vurderingerne baseres på før og efter sammenligninger.

3.2 Metoder til overvågning af vandkvalitet og stoftransport

Overvågning af vandkvalitet og stoftransport

Stationsnettet til måling af sedimenttransport og transport af næringsstoffer, organisk stof mv. fremgår af figur 3.1. Meningen var at måle henholdsvis tilførsel og fraførsel af stof fra de to strækninger for herigennem ud fra samtidige målinger og opstilling af massebalancer, at blive i stand til at dokumentere eventuelle effekter på vandkvaliteten og sedimenttransporten.

Målingerne af vandkvaliteten ved de 3 stationer foregik ved regelmæssige udtag af vandprøver, kombineret med intensive prøvetagninger med automatisk prøvetager under nedbørshændelser og dermed stor vandføring i åen. Bundtransporten af sediment blev målt med en fælde (Helley-Smith) to steder i tværprofilet ved de 3 stationer.

Vandprøver er analyseret for indhold af kvælstof- og fosforfraktioner, jern, suspenderet stof og organisk stof efter forskrifter i Dansk Standard.

Ved de 3 målestationer, samt ved broen midt på den restaurerede strækning blev vandstanden målt kontinuerligt ved brug af datalogger og vandføringen i åen blev målt med vingeinstrument, ofte samtidigt ved alle 4 stationer.

Vandføringen ved de tre stationer er beregnet ud fra en regressionsanalyse mellem samtidige målte vandføringer ved stationerne.

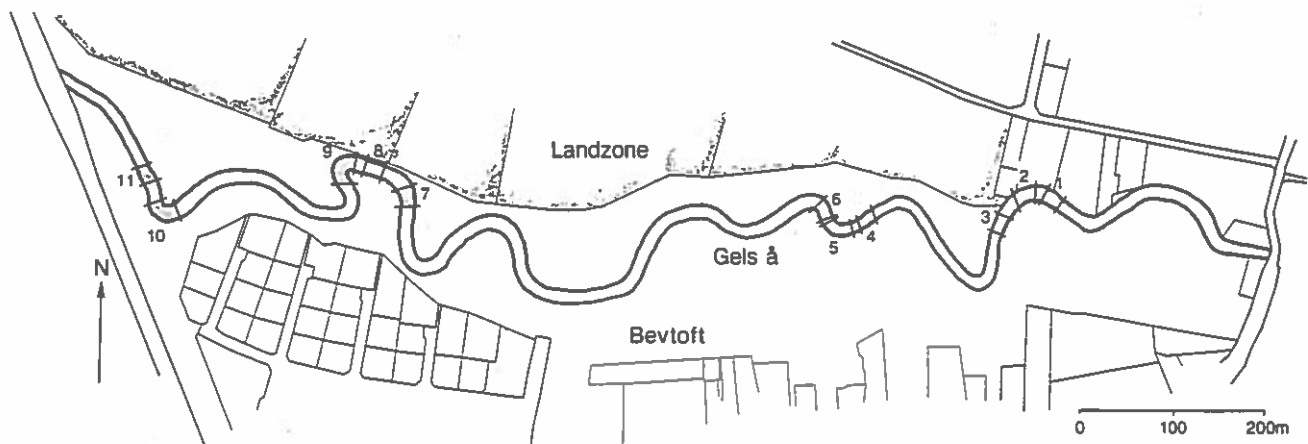
3.3 Metoder til overvågning af de fysiske forhold

Overvågning af de fysiske forhold i vandløb

De fysiske forhold dvs. vandløbets skikkelse, hældning, mv. blev fulgt på 11 strækninger af 20 m udlagt så de dækkede hele det nye forløb og så vidt muligt var repræsentative herfor (figur 3.2). Opmålingen skete ved brug af pejlinger af bundniveauet ud fra udspændte snore mellem forud indrivellerede pløkke nedrammet på begge sider af åen. Opmålingerne foregik for hver anden meter

af tre omgange, umiddelbart efter gravearbejdets afslutning, samt efter de to vinterperioder i overvågningsfasen nemlig i april 1990 og i maj 1991.

Eksempel på instrumentering af de tre vandkemiske målestationer i Gelså ved Bevtoft med automatisk vandprøvetager i termostateret skab (højre) og datalogger til registrering af vandstand (venstre)



Figur 3.2 Beliggenhed af de elleve 20 meter strækninger, hvor der blev gennemført gentagne opmålinger af tværprofiler i Gelså ved Bevtoft

3.4 Metoder til overvågning af de biologiske forhold

Biologisk overvågningsprogram

Indvandring og forekomst af planter og dyr i åen efter restaureringen blev fulgt samtidigt på referencetrækningen og den restaurerede strækning (figur 3.1) (Grøn (1989, 1990, 1991)). Samtidig blev der foretaget en før og efter kortlægning af brink- og ådalsvegetationen langs den restaurerede strækning, samt en detaljeret monitoring af successionsforløbet på de restaurerede åbrinker.

Vandplanter

Udviklingen af vegetationen i åen blev fulgt ved måling af plantebiomassen i maj 1989 og jævnligt i 1990 og 1991 på to 700 m

Eksempel på opmåling af tværsnitsprofiler i Gelså ved hjælp af snoretrækspejlinger



lange strækninger af det restaurerede løb og en 500 m lang strækning af referencestrækningen. Hvert sted blev der udtaget 30 prøver á 0,038 m². Før restaureringen (maj 1989) blev der desuden foretaget en kortlægning af de plantearter, der var tilstede på strækningen, der skulle restaureres og på referencestrækningen. Derudover blev der foretaget opgørelser af vegetationens dækningsgrad på underinddelte 100 m strækninger begge steder (figur 3.1). Kortlægningen blev foretaget af Sønderjyllands amt via et konsulentfirma og gentaget i maj 1990 og 1991.

Smådyr

Undersøgelsen af smådyrlivet i åen blev foretaget samtidigt med kortlægningen af åens vegetation i foråret 1989, 1990 og 1991. Smådyrene blev undersøgt 2 steder på både referencestrækningen og den restaurerede strækning. På hvert prøvetagningssted blev der på en standardiseret måde indsamlet en semikvantitativ prøve med en vandketcher med en maskevidde på 0,5 mm. Prøven blev indsamlet langs 3 linier på tværs af åen ved på hver linie at foretage en oprodning af bundsubstratet 5 steder. Alle forekommende substrattyper blev undersøgt. Desuden blev smådyr indsamlet fra faste substrater som sten, grene mv. ved hjælp af pincet. Prøverne blev konserveret i felten og i laboratoriet blev der foretaget en sortering, identifikation og optælling af individer.

Fisk

Undersøgelsen af forekomst af ørredyngel i åen blev foretaget ved elbefiskninger af en ca. 100 m strækning i det tidlige forår 1990 og 1991. Elbefiskningen blev foretaget på både den restaurerede strækning og referencestrækningen ved en gennemgang. I foråret 1992 blev der desuden foretaget en bestandsanalyse via elbefiskning af en 40 m strækning på det restaurerede forløb.

Successionsstudier af brinkvegetationen

For at følge successionen af planter på brinkerne langs den restaurerede strækning blev i alt 20 fastliggende forsøgspalter udlagt i oktober 1989. Felterne blev fordelt med 5 stk. for hver af de 4 forskelligt behandlede (tilsåede) strækninger langs åen og

Table 3.1 De enkelte parametre i programmet til overvågning af de fysiske, kemiske og biologiske effekter af restaureringer af Gelså ved Bevtoft. I tabellen er også vist målefrekvens og målemetode.

Undersøgelingsparameter	Målepositioner	Målehyppighed: måleperiode	Målemetode
Fysiske:			
Vandstand	4 målestationer	Kontinuert: juli 1989 - september 1991	Vandstandsskriver
Vandføring	4 tværprofiler	Hver 14. dag: juli 1989 - september 1991	Vingemålinger
Sedimentbundtransport	3 målestationer	Hver 14. dag: juli 1989 - september 1991	Helly Schmidt fælde
Kanalform ¹	11 strækninger på cirka 20 m	2 gange årligt: efterår 1989, 1990 og 1991 samt forår 1989 og 1990	Snoretræksmålinger pejlinger til vandløbsbund
Kemiske:			
Total fosfor, Opløst orthofosfat Total kvælstof Nitrit-nitrat kvælstof Suspenderet stof Glødetab	3 målestationer	1) en prøve hver 14. dag: juli 1989- september 1991 2) 24 prøver på to dage: juli 1989 - september 1991	1) punktprøve (2 l): en prøve hver 14. dag 2) automatisk prøvetager (1 l): 24 prøver på to dage med flom
Biologiske:			
Plantedækningsgrad og plante biomasse	1) To 700 m's strækninger på restaurerede del og en 500 m's på referencetrækning 2) 24 100 m's strækninger	1) En gang pr. måned: juli 1989 - september 1991 2) En gang årligt: maj 1989, 1990, 1991	1) 60 prøver pr. strækning valgt tilfældigt. Rørdiameter 20 cm. Måles som tørvægt m ⁻²
Plantearter i vandløb	24 100 m strækninger	En gang årligt i forår	Kartering, 5-delt skala
Bunddyr: antal og arter	To stationer strækninger på restaurerede del og to stationer på reference strækning	En gang årligt: foråret 1989, 1990 og 1991	På hver af de fire delstrækninger 3 tværptofiler, 5 sparkeprøver fra hver (opsamling med ketcher 0,5 mm maskevidde). Pincetprøver fra sten, grene mv.
Fisk	1) 660 m lukket åløb (gamle udrettede åløb) 2) 2-3 100 m strækninger på reference del og 2-3 100 m strækninger på reference strækningen	1) september 1989 2) En gang årligt: forår 1990, 1991 og 1992	1 og 2) Elbefiskning med en gennemgang. Tælling af antal fisk og artsbestemmelse.
Brinkvegetation	20 forsøgsfelter a 1x 2 m	En gang årligt: forår	Permanente felter
Ådalsvegetation	26 delarealer i eng 614 delarealer på åbrink	Sommeren 1989 og 1992	Kartering, 3-delt skala Kartering, 3-delt skala

¹ Endvidere blev nogle tværprofiler på udrettede og på reference strækningen opmålt

Ved kartering af åbrinkerne blev kun medtaget terrestriske planter, dvs. arter tilhørende det rindende vand blev ikke medtaget. Ved karteringen i 1989 og 1992 blev der generelt anvendt samme fremgangsmåde, dog blev karteringen af de enkelte afdelinger i 1992 afsluttet med en speciel eftersøgning af planter fundet i 1989, og som ikke blev fundet indenfor den første kartering af afdelingerne i 1992.

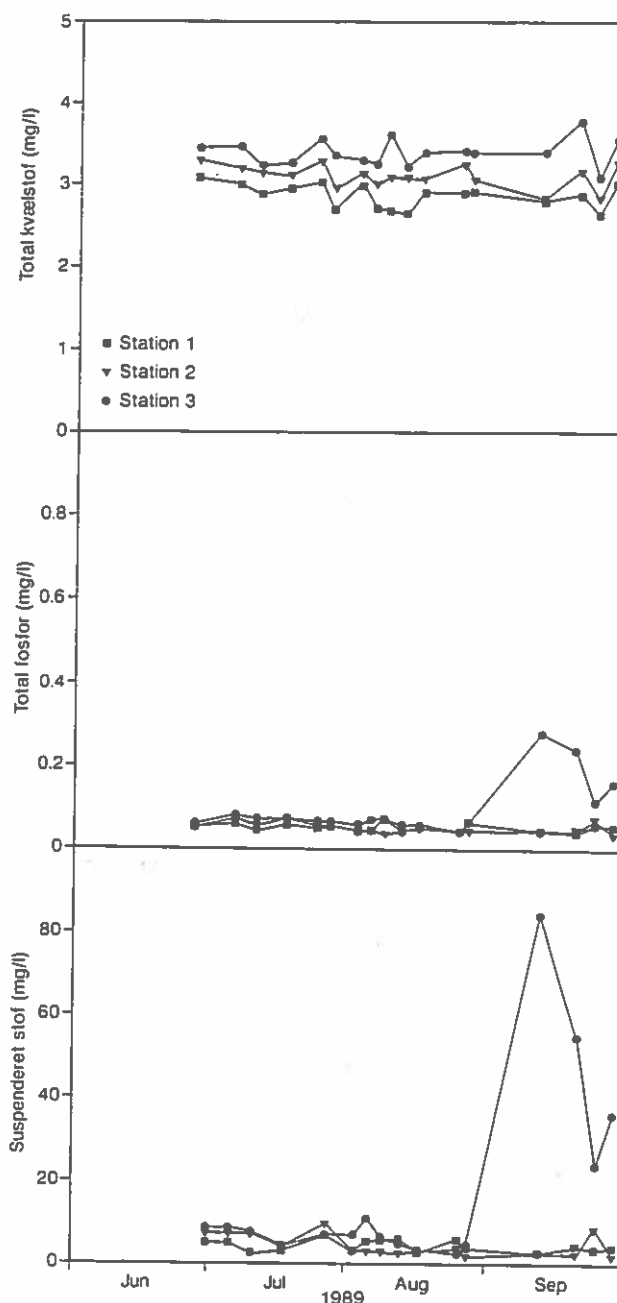
4 Miljømæssige påvirkninger i etableringsperioden

Spor efter graveaktivitet m.v. forsvinder hurtigt

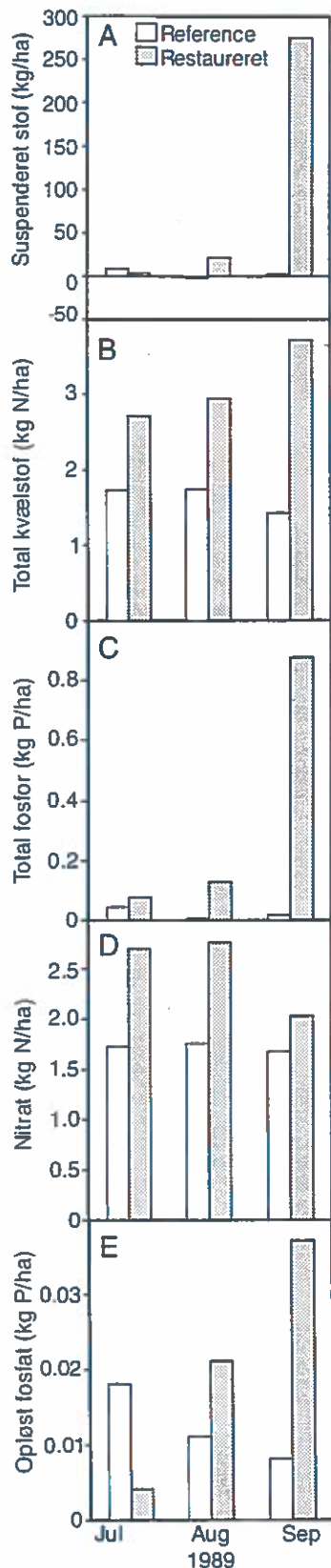
Det er klart, at der i anlægsfasen af restaureringsprojekter sker et større eller mindre forstyrrende indgreb i den tilstand et vandløb og dets omgivelser har. Det vil især gælde ved så omfattende gravearbejder, som var påkrævet ved restaureringen af Gelså. På trods af en voldsom graveaktivitet og meget kørsel med store maskiner i ådalen var der dog ikke mange spor af gravearbejdet allerede 1 måned efter dets afslutning.

Mobilisering af sediment og næringsstoffer under anlægsfasen af restaureringen

Det var ventet, at gravearbejdet også ville påvirke vandløbet i form af mobilisering af sediment, organisk stof og næringsstoffer. En stor frigivelse af stof under etableringen og videretransporten til nedstrøms vandløbsstrækninger, kunne få en uheldig indflydelse på dyrelivet. For at minimere effekten heraf var sandfanget det første, som blev etableret på den nedre del af strækningen, der skulle restaureres.



Figur 4.1 Samtidige koncentrationsmålinger af total kvælstof, total fosfor og partikulært stof ved de tre vandkemistationer i Gelså under anlægsfasen af restaureringen (juli-september 1989)



Figur 4.2 Massebalance for tilførsel og mobilisering af næringsstoffer og partikulært stof på henholdsvis den restaurerede strækning og referencestrækningen under anlægsfasen af restaureringen (juli, august og september 1989)

Målinger af sedimenttransporten og vandkvaliteten ved de 3 vandkemi stationer i Gelså under etableringsfasen fra juli til oktober 1989 viste, at der i juli og august ikke var forhøjede koncentrationsniveauer af suspenderet stof eller næringsstoffer (figur 4.1). Derimod blev der igennem hele september 1989 målt stærkt forhøjede koncentrationsniveauer af både suspenderet stof, kvælstof og fosfor (figur 4.1). Det tilsvarende blev målt for bundtransporten af sediment, som var mindre ved udgangen af den restaurerede strækning i juli og august end på referencestrækningen. Dette skyldtes formentlig effekten af det etablerede sandfang. Bundtransporten af sediment var derimod større i september 1989 ved udgangen af den restaurerede strækning end på referencestrækningen (se figur 6.2).

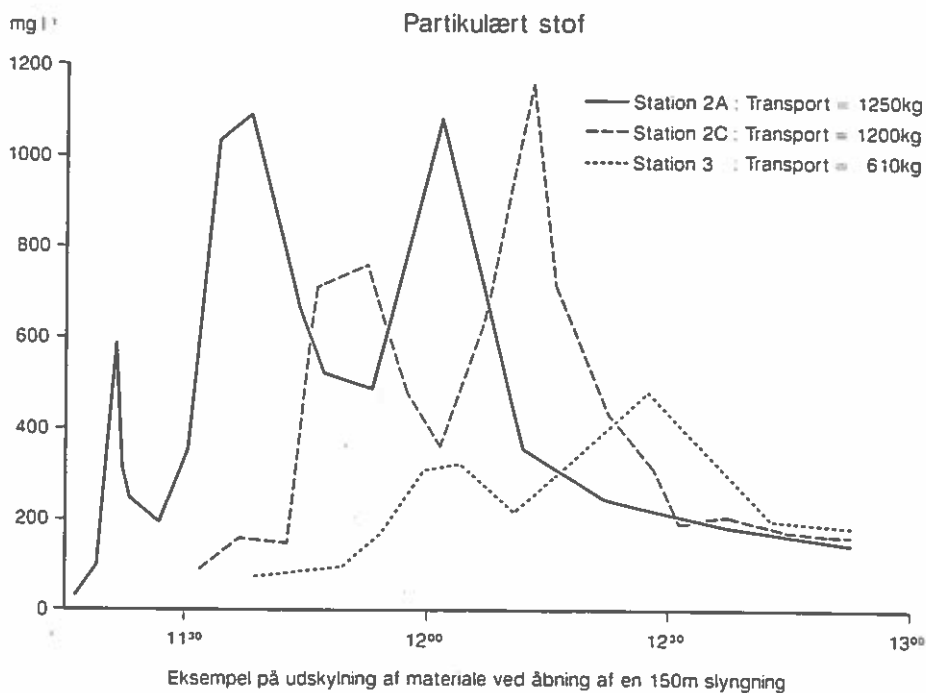
En massebalance for referencestrækning og den restaurerede strækning i juli, august og september er vist i figur 4.2. I juli og august blev der kun konstateret en svag forhøjelse i transporten af sediment, organisk stof og næringsstoffer, mens der var en stor overtransport fra den restaurerede strækning af de enkelte stoffer i september.

I september blev tilkoblingen af de enkelte nygravede mæanderbuer foretaget og det gamle løb fyldt op. Denne fase er selvfølgelig kritisk for mobilisering af sediment og næringsstoffer, mens det omfattende gravearbejde af det nye løb igennem juli og august ikke har haft betydning for stofmobilisering.

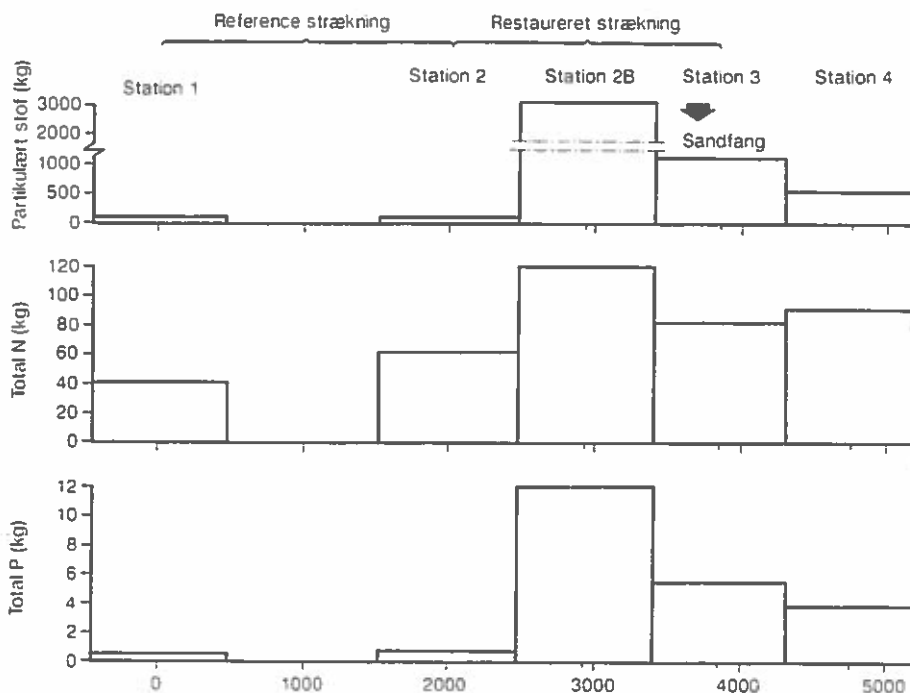
Udover den generelle prøvetagning blev der iværksat en intensiv målekampagne under åbningen af to af de nygravede mæanderbuer. Der blev opsat målestationer i forskellige afstande nedstrøms for mæanderbuen, der blev åbnet for at følge stigningen i stofindhold og -transport, samt dets nedstrøms effekt. I figur 4.3 er vist koncentrationsniveauet af suspenderet stof ved tre stationer nedstrøms for en ca. 150 m lang mæanderbue. Koncentrationsniveauet af suspenderet stof nedstrøms mæanderbuen var op mod 100 gange højere end udgangsniveauet i omkring en time efter åbningen. Samtidige målinger ved en station nedstrøms sandfanget viste, at sandfanget tilbageholdt op mod halvdelen af det mobiliserede materiale.

En tilsvarende målekampagne ved åbning af en ca. 300 m mæanderbue viste samme tendens, med en stor overtransport af suspenderet stof, total kvælstof og total fosfor nedstrøms buen i forhold til opstrøms herfor (figur 4.4). Igen tilbageholdt sandfanget mere end halvdelen af det mobiliserede suspenderede stof. Sandfanget havde samme effekt for total fosfor, der overvejende var på partikulær form. Det samme var derimod ikke tilfældet for total kvælstof, hvor transporten ikke steg så meget og sandfanget ikke havde samme tilbageholdende effekt, fordi det mobiliserede kvælstof overvejende var bundet til let transporterbart organisk materiale. Overtransporten blev sporet op til 2 km nedstrøms for mæanderbuen, men kunne ikke registreres ved en station 8 km nedstrøms herfor.

Figur 4.3 Eksempel på mobilisering af partikulært stof i forbindelse med åbning af en ca. 150 m mæanderbue i anlægsfasen, vist ved fra koncentrationsmålinger og transporten ved tre stationer i forskellig afstand nedstrøms herfor



Figur 4.4 Beregnet transport af partikulært stof, total kvælstof og total fosfor ved 5 stationer i Gelså i forbindelse med åbning af en ca. 300 m mæanderbue i anlægsfasen af restaureringen.



Under etableringsfasen mobiliseredes op mod 90 ton suspenderet stof, 3100 kg organisk stof, 200 kg kvælstof og 50 kg fosfor

Ud fra de to målekampagner udført under åbning af mæanderbuer kan det beregnes, at der ved tilkobling af det nye løb til gamle, samlet blev mobiliseret omkring 12000 kg suspenderet stof hvoraf 3100 kg udgøres af organisk stof, 200 kg kvælstof og 50 kg fosfor. Hertil kommer stofmobiliseringen, som blev målt under den generelle overvågning af etableringsarbejdet, der er beregnet til at udgøre 78400 kg suspenderet stof hvoraf 20600 kg er organisk stof, 1200 kg kvælstof og 272 kg fosfor. Da prøvetagninger under den generelle overvågning udelukkende blev foretaget i dagtimerne, altså mens gravearbejdet var igang, må den beregnede mobilisering forventes at være et maximumsestimater.

Betydningen af stofmobiliseringen under etableringsfasen af Gelså, der næsten udelukkende fandt sted under tilkoblingen af

de nygravede mæanderbuer i september 1989, kan tydeliggøres ved foreksempel at sætte den i relation til den målte gennemsnitlige årstransport af de pågældende stoffer i de to år efter restaureringens færdiggørelse. Stofmobiliseringen viser sig for suspenderet stof maksimalt at udgøre 25%, imod 17% for partikulært organisk stof, 0.7% for total kvælstof og 7.4% for total fosfor.

Biologiske effekter af stofmobilisering under anlægsfasen

En mertransport af sediment og organisk stof fra en nyligt restaureret vandløbsstrækning er ikke ønskelig, da det kan forårsage tilsanding og tilsiltning af allerede etablerede gydebanker, samt forårsage et merforbrug af ilt og dermed påvirke dyrelivet i negativ retning. I forbindelse med åbningen af mæanderbuer blev iltkoncentrationen målt op til 8 km nedstrøms for den restaurerede strækning. Der blev dog ikke konstateret nogen væsentlig reduktion i iltkoncentrationen. Det forventes heller ikke at mertransporten af sediment og næringsstoffer i forbindelse med gravearbejdet i etableringsperioden har haft nogen væsentlig indflydelse på dyrelivet på de nedstrøms beliggende strækninger af Gelså.

Anlægsfasen blev gennemført i en periode med lille vandføring i Gelså, hvilket minimerer risici for stofmobilisering

Det skal tilføjes, at der i etableringsperioden var favorable vejr-mæssige forhold, set i relation til at minimere gravearbejdets effekt for stofmobilisering og videre nedstrøms transport. Perioden var således uden nævneværdig nedbør og med lille og faldende vandføring i åen (se figur 6.1). Desuden var jordbunden, hvori etableringsarbejdet blev foretaget, præget af op til en halv meter tørveaflejringer, som overlejrerede sandet materiale. Etablering af nye slyngninger i andre udgangsmaterialer såsom lerede og siltede jorder kan tænkes at være mere problematiske mht. stofmobilisering under gravearbejde i vandløb.

5 Restaureringens betydning for de fysiske forhold i åen

Vandløbskvaliteten forbedres ved restaurering af vandløb

Et af hovedformålene med en restaurering af vandløb er at forbedre de fysiske forhold og for herigennem at påvirke vandløbskvaliteten i en gunstig retning. Det er klart at betegnelsen "de fysiske forhold" er uklar, idet den kan rumme alt fra bundsubstrat, underskårne brinker, hældning, over strømhastighed, sedimenttransport og til vandføringsevne, hydraulisk modstand mv. Når der ofte tales om at forbedre de fysiske forhold i danske vandløb menes, at genskabe et naturligt, slynget forløb med dets rige variation i strømforhold, substrattyper, underskårne brinker mv., frie vandremuligheder for smådyr og fisk, samt gode levevilkår for det vilde dyre- og planteliv.

Overvågning af udviklingen i de fysiske forhold

I forbindelse med overvågringen af Gelså restaureringen var det vigtigt, at kunne dokumentere effekterne af restaureringen på de fysiske forhold. Ikke mindst var det vigtigt, at følge udviklingen for at se, hvor hurtigt det nygravede vandløb fik tilpasset sit løb og sin skikkelse til en dynamisk ligevægtssituation.

5.1 Ændringer i vandløbsforløb, dimensioner og hældning

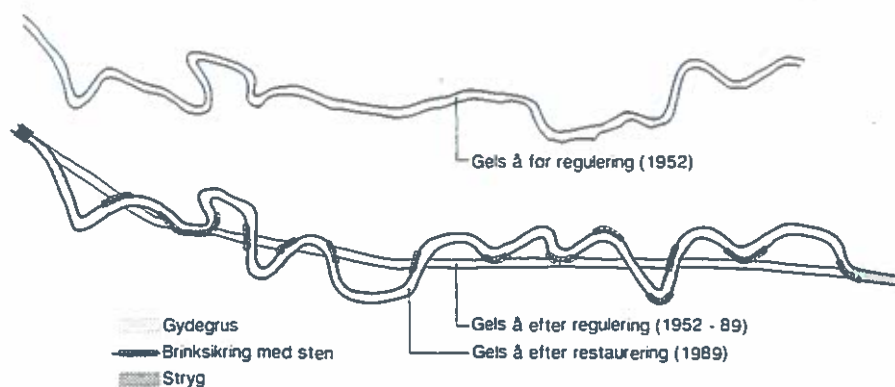
Gelså's forløb blev slynget og længere

Gelså ved Bevtøft blev ved restaureringen forlagt til et forløb, der mest muligt lignede forløbet fra før reguleringen i 1952 (figur 5.1). Ved reguleringen i 1952 blev den tidligere ca. 2000 m lange strækning af Gelså forlagt til et lige og kanalagtigt forløb på ca. 1340 m. Ved restaureringen i 1989 blev det regulerede løb forlagt til et ca. 1850 m slynget forløb. Vandløbets længde blev således forøget med en faktor 1,4. I tabel 5.1 er vist de introducerede ændringer, dels ved reguleringen i 1952, dels ved restaureringen i 1989.

Tabel 5.1 De fysiske forhold i Gelså ved Bevtøft før reguleringen i 1952 eller de regulativtmæssige foreskrevne, sammenholdt med de fysiske forhold i det regulerede vandløb 1989 og efter restaureringen i 1989

	Før regulering/ regulativ	Reguleret vandløb	Restaureret vandløb
Vandløbslængde	2000 m	1340 m	1850 m
Vandløbsbredde	7,5-9 m	9-12 m	6-8 m
Bundbredde	3,5 m	5-6,5 m	1,7-5,5 m
Antal mæanderbuer	10	0	16
Antal gydepladser	-	få	18 (3500 m ²)
Styrt til stryg	ingen	1 styrt (0,6 m)	1 stryg (5 ‰)

Figur 5.1 Kort over forløbet af Gelså ved Bevtoft i 1870, før reguleringen i 1952, efter reguleringen i 1952 og efter restaureringen i 1989



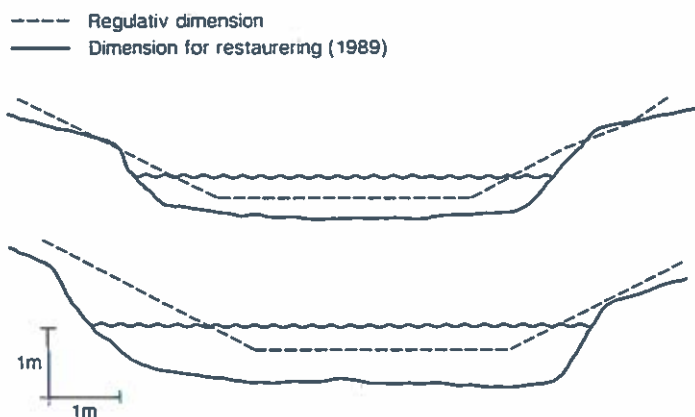
Udlægning af gydegrus og etablering af faunapassage

Bla. blev der i 1989 udlagt arealer med gydegrus til ørreder 18 steder i vandløbet og etableret 16 slyngninger. I forbindelse med restaureringen blev et styrt på 0,6 m ved indgangen til strækningen (Bevtoft Mølle) omlagt til et ca. 60 m stryg med et fald på 5 %. Herved sikredes fri passagemulighed for fisk og smådyr i åen.

Gelså's dimensioner blev mindre, og der blev skabt større fysisk variation

I det udrettede løb af Gelså ved Bevtoft var åens skikkelse i 1989 både bredere og dybere end fastsat i det gældende regulativ (figur 5.2). Som en konsekvens af restaureringen blev vandløbets dimensioner ændret, idet både bundbredden, vandløbets overbredde og tværsnitsarealet blev reduceret (tabel 5.1). Udover en generel mindskelse af Gelså's dimensioner blev der ved restaureringen også introduceret en større fysisk variation (figur 5.3). I forhold til de ret ensartede forhold vedrørende vandløbsbredden og vanddybden i den tidligere udrettede og kanaliserede Gelså, blev der genskabt en mere naturlig variation i bredde og dybdeforholdene i åen (figur 5.3).

Figur 5.2 Eksempler på de overbrede og -dybe tværprofiler i den regulerede Gelså ved Bevtoft før restaureringen i 1989, set i forhold til de regulativmæssigt fastlagte dimensioner

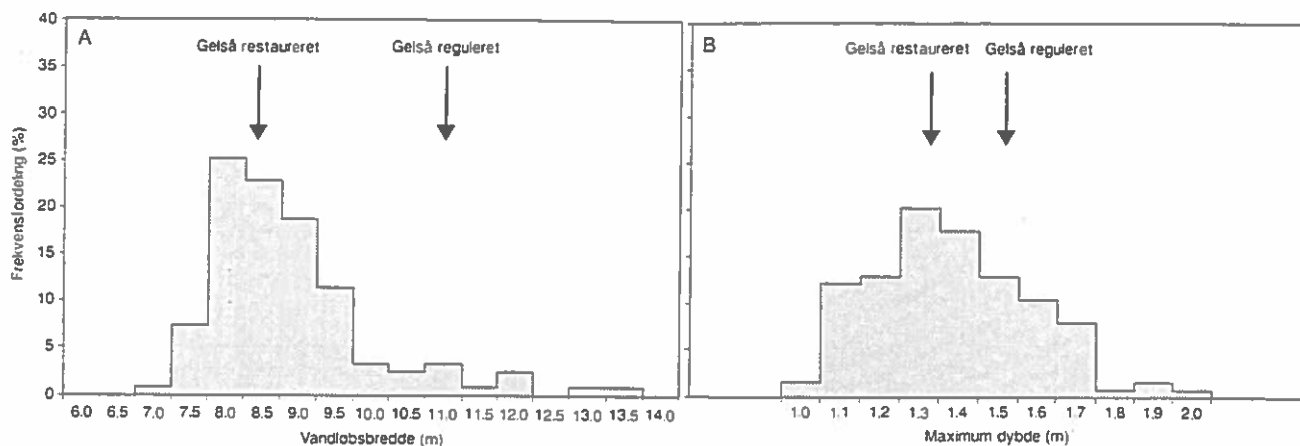


Vandløbsbunden blev hævet i forhold til de originale arealer

Samtidig blev vandløbets dybde i forhold til de omgivende arealer reduceret, idet bunden på den øvre og centrale del af strækningen blev hævet med 10-30 cm, mens bunden på den nedre del blev hævet med 10-20 cm.

Hvordan findes de oprindelige "naturlige" dimensioner af vandløb?

I forbindelse med restaureringer af vandløb, er der ofte vanskeligheder med projekteringen, hvis der ønskes en tilbageføring af dimensionerne i det nye vandløb til noget der ligner naturlige forhold. Disse forhold er selvsagt normalt ikke kendt og kan kun findes på stedet, hvis der er relikte mæanderbuer, som kan opmåles. Brookes (1984) har ud fra opmålinger af danske vandløb med et naturligt forløb opstillet empiriske sammenhænge, som



Figur 5.3 Gelsåens middelbredde (A) og maximumdybde (B) før og efter restaureringen i 1989, samt fordelingen af bredder og maximumdybder i de 110 opmålte tværprofiler 2 år efter restaureringen.

kan bruges til beregning af naturlige dimensioner ud fra oplandsarealet til den pågældende strækning.

Beregning af Gelså's "naturlige" dimensioner

En beregning af Gelså's "naturlige" dimensioner ved bredfyldt vandføring, baseret på disse sammenhænge viser, at bredden har været på omkring 6,8 m og dybden 1,2 m. Disse "naturlige" dimensioner er meget mindre end dimensionerne i det udrettede forløb i 1989 og også mindre end de foreskrevne i regulativet (se tabel 5.1). Derimod er de tæt på de dimensioner, det nye restaurerede vandløb er anlagt med.

Tabel 5.2 Hævning af bundkoten i Gelså ved Bevtøft i forbindelse med restaureringen

	Hævning af bundkoten
Øvre strækning	0,3 m
Centrale strækning	0,1-0,3 m
Nedre strækning	0,1-0,2 m

Genetablering af den økologisk vigtige brednære zone

Bredzonen, som en gang imellem oversvømmes, og hvor emergente vandplanter indvandrer, er blevet betragteligt forøget ved slyngningen af Gelså. I det regulerede løb var brinkerne stejle, og denne vigtige zone for stoftilbageholdelse og de økologiske forhold i vandløbet var ikke til stede. I forbindelse med genetableringen af mæanderbueerne blev der genskabt ialt ca. 2000 m² af denne zone.

Hældningen (faldet) i Gelså blev ændret i forbindelse med restaureringen

Hældningen (faldet) i det regulerede vandløb var på den øvre del omkring 1 ‰ og på den nedre del noget lavere, nemlig 0,65 ‰. I forbindelse med projekteringen af Gelså restaureringen blev det fastlagt, at hældningen på den øvre og midterste del af strækningen skulle være 0,9 ‰, samt 0,65 ‰ over en 300 m strækning i den nedre del og 2 ‰ over de sidste 100 m. Baggrunden for at anlægge Gelså med et relativt stort fald på den nederste del var at åbne mulighed for på et senere tidspunkt at udstrække restaureringen til strækningen nedenfor Bevtøft. At hældningen fra det regulerede vandløb næsten kunne fastholdes i det nye slyngede

og længere forløb skyldes, at der blev frigjort et fald på 0,3 m ved ombygning af styrtet ved Bevtoft Mølle til et stryg (tabel 5.1).

Hældningen på den nedre del af Gelså blev større ved opstrøms erosion efter restaureringen

Overvågningen af hældningsforholdene i det nygravede forløb af Gelså har vist, at hældningen umiddelbart efter gravearbejdets afslutning i 1989 og efter 2 år var lavere end projekteret på den øvre og centrale del af strækningen (tabel 5.3). På den nedre del af strækningen var hældningsforholdene i 1989 tæt på det projekterede, mens der efter 2 år ser ud til at være sket en stigning i hældningen (tabel 5.3). Denne stigning kan muligvis forklares ved, at der er sket en erosion på strækningen, som følge af det stort anlagte fald på de nederste 100 m. Denne situation kunne forventes at opstå, idet den er velkendt i forbindelse med reguleringer hvor et vandløb får et større fald på grund af det kortere længdeforløb, når det overskydende fald ikke afvikles i form af styrt. Den større hældning vil give vandløbet en større kapacitet til at transportere sediment end der tilføres opstrøms fra. Denne opfyldes ved en opstrøms erosion af vandløbsbunden.

Tabel 5.3 Hældningen (fald i ‰) over tre delstrækninger af Gelså ved Bevtoft for henholdsvis det regulerede løb og det projekterede nyrestaurerede løb, samt de målte hældninger umiddelbart efter restaureringen i oktober 1989 og i maj 1991

	Reguleret strækning	Projekteret strækning	Restaureret strækning	
			1989	1991
Øvre del (270-650 m)	1,0	0,9	0,7	0,8
Midterste del (650-1400 m)	0,65-1,0	0,9	0,7	0,8
Nedre del (1400-1700 m)	0,65	0,65-0,9	0,7	1,1

5.2 Ændringer i vandføringsevne, strømhastighed, oversvømmelseshyppighed og afvandingsforhold

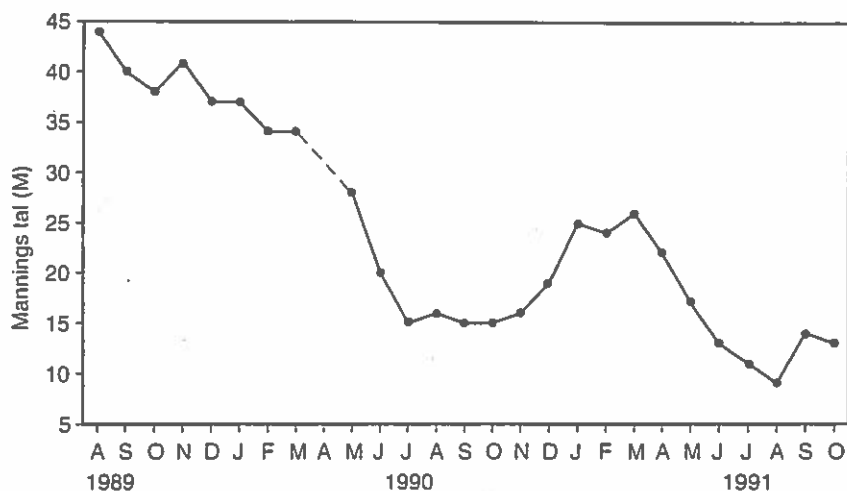
Effekt af restaureringen på vandføringsevnen, dvs. Gelså's evne til at aflede vand pr. tidsenhed

Ved at anvende de målte hældninger på Gelså ved Bevtoft fra før og efter restaureringen i 1989, de regulativtmæssigt og de målte dimensionsforhold af vandløbets skikkelse, samt de ud fra vandføringsmålinger beregnede Manningtal er det muligt at beregne vandløbets evne til at aflede vand (vandføringsevnen) ved bredfyldt tilstand. Siden gennemførelsen af restaureringsprojektet er der sket væsentlige ændringer af ruheden (Manningtal) på den nye strækning (figur 5.4). Desuden er tværsnitsarealet i vandløbet blevet mindsket betydeligt (figur 5.5).

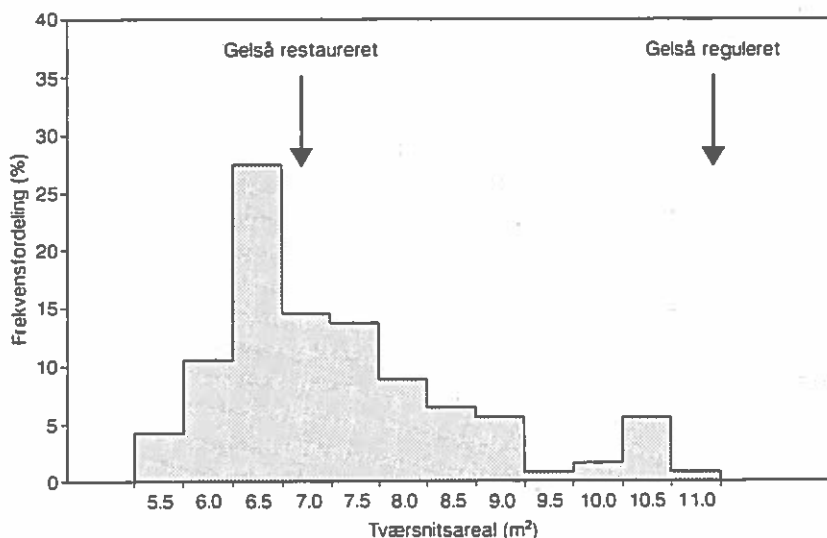
Ændringer i ruheden i Gelså efter restaureringen, dvs. modstanden fra land, sider og grøde mod vandets strømning

Der var en meget lille ruhed i Gelså i den første vinter efter restaureringen (figur 5.4), som følge af manglende grøde i vandløbet. I løbet af foråret 1990 blev vandføringsevnen halveret, som følge af indvandringen af grøde til strækningen (se mere herom i kapitel 8). Manningtal har herefter ligget på et niveau omkring 15

Figur 5.4 Udviklingen i Manningstal (M), som et mål for modstanden mod vandets strømning, i de 2 år efter restaureringen.



Figur 5.5 Middel tværsnitsareal i den regulerede og restaurerede Gelså, samt fordelingen af tværsnitsarealer i de 110 opmålte tværprofiler 2 år efter restaureringen.



med de normale grødebetingede sæsonudsving. De nye tværsnitsarealer i Gelså og et Manningtal på 15 bevirker, at de laveste ådalsarealer ved det restaurerede vandløb bliver oversvømmet i gennemsnit ca. 2 gange om året. I det regulerede løb forekom ikke oversvømmelser.

I tabel 5.4 er den laveste vandføringsevne i Gelså ved Bevtoft angivet for de regulativmæssigt fastsatte dimensioner, det regulerede vandløb før restaureringen, det projekterede vandløb og for vandløbet efter restaureringen i 1991.

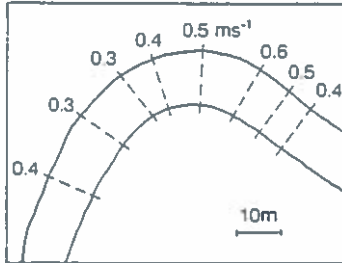
Tabel 5.4 Vandføringsevnen i Gelså ved Bevtoft beregnet for henholdsvis de regulativmæssige dimensioner, det regulerede vandløb, de projekterede dimensioner, samt på baggrund af de målte dimensioner umiddelbart efter restaureringen i oktober 1989 og i maj 1991

	Regulativ dimension	Reguleret vandløb	Projekteret vandløb	Restaureret vandløb	
				1989	1991
Vandføringsevne (m^3s^{-1})	3.3	6.6	4.5	3.1	3.5

Stor reduktion i vandføringsevnen i Gelså ved Bevtoft som følge af restaureringen

Vandføringsevnen i Gelså ved Bevtoft var ifølge de regulativmæssigt fastsatte dimensioner kun ca. halvdelen af vandføringsevnen i det regulerede vandløb før restaureringen i 1989 (tabel 5.4). Forskelle mellem regulativmæssigt fastsatte dimensioner og de

aktuelt forekommende kan observeres i næsten alle regulerede danske vandløb og skyldes hovedsageligt den hårdhændede vedligeholdelse i form af årlige grødeskæringer og tilbagevendende oprensninger af vandløbsbunden. Vedligeholdelsen af vandløb forstærker også den naturlige erosion af brinker, idet vandløb graves dybe med stejlt stående brinker, som let undermineres og derved ofte skrider sammen.



Figur 5.6 Gennemsnitlig strømshastighed igennem en mæanderbue i den nygravede Gelså i oktober 1989

Hævning af bunden i Gelså og reduktion i vandføringsevnen har betydet en højere vandstand i åen og højere grundvandsstand i ådalen og dermed dårligere afvandingsforhold

Restaureringen har medført en større variation i strømshastigheden i Gelså

Ved restaureringer af vandløb er et af målene at reducere vandføringsevnen, ved at omlægge vandløbets skikkelse til de oprindeligt regulativmæssigt fastsatte dimensioner. Det er ofte umuligt og ikke ønskeligt, at genskabe vandføringsevnen, som den har været under tidligere tiders naturlige forhold i vandløbet pga. de kulturskabte ændringer i oplandet og de ånære arealer. Det kan endog også være vanskeligt at tilbageføre vandløb til de tidligere regulativmæssigt fastsatte dimensioner på grund af terrænsætninger ved afbrænding af tørvelag i de ånære arealer, samt et tab af hældning ved eksisterende styrt i åen, der blev etableret i forbindelse med reguleringen. En tilbagevendende til tidligere tiders naturlige vandføringsevne vil ofte give dårligere afvandingsforhold i oplandet og hyppigere oversvømmelser af ådalen end i et naturligt vandløb.

I forbindelse med de konstaterede hævnings af bundkoten i vandløb i forhold til den omgivende ådal og den reducerede vandføringsevne i det restaurerede vandløb er der sket en hævnings af grundvandspejlet i ådalen. Vandspejlet i Gelså og dermed grundvandspejlet i det ånære område er steget mest på den øvre og centrale del af strækningen pga. at der her er foretaget den største hævnings af bundkoter og at vandføringsevnen her er reduceret mest. I den nedre del af Gelså ved Bevtoft er der ikke sket væsentlige ændringer i åens vandspejl og dermed i grundvandspejlet i de ånære arealer.

Strømshastigheden i et mæanderende vandløb er generelt mere varierende end i regulerede, kanalagtige vandløb på grund af den større formvariation med skift mellem dybe partier (høller) og lave partier (stryg). Variationen i strømshastighed gennem en mæanderbue i det nygravede forløb uden grøde er vist i figur 5.6. De viste strømshastigheder er gennemsnit for de opmålte tværprofiler. I det regulerede forløb er der ved samme vandføring målt en gennemsnitlig strømshastighed på omkring $0,4 \text{ m s}^{-1}$, som må forventes at have været gældende gennem det meste af vandløbet. Igennem den nygravede mæanderbue ses der derimod at være en faktor tre i forskel mellem den laveste og den største strømshastighed.

6 Restaureringens betydning for mobilisering og transport af sediment

Overvågning af mobilisering og transport af sediment og organisk stof

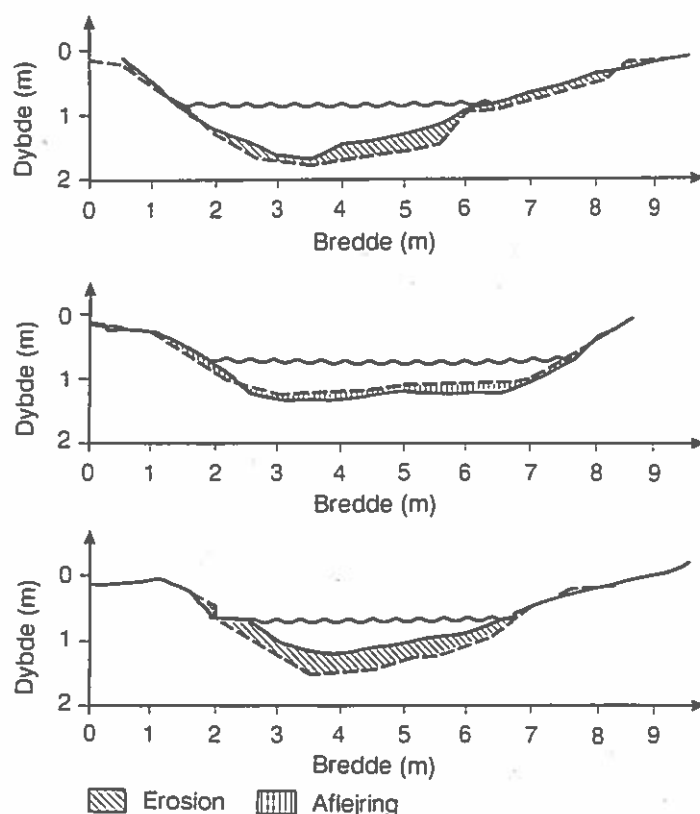
En intensiv overvågning af mobiliseringen og transporten af sediment og organisk stof blev iværksat i forbindelse med restaureringen af Gelså, for herigennem at kortlægge eventuelle effekter i perioden, hvor vandløbet indstiller sig i en ny dynamisk ligevægtssituation efter gravningen af det nye forløb.

6.1 Mobilisering af sediment

Måling af erosion og sedimentation ved opmåling af 120 tværprofiler på 11 delstrækninger i Gelså

Sedimentmobiliseringen i forbindelse med erosion af bund og brinker i det nygravede forløb på den restaurerede strækning er opgjort ud fra opmålinger af 120 tværprofiler på 11 delstrækninger af 20 meters længde. Opmålinger blev gennemført umiddelbart efter restaureringens afslutning, i foråret 1990 og i foråret 1991. Ud fra opmålingerne er der beregnet en bruttomobilisering og en nettomobilisering, som er erosion minus aflejring. Eksempler på konstaterede ændringer i udvalgte repræsentative tværprofiler er vist i figur 6.1.

Figur 6.1 Eksempler på ændringer i Gelsåens skikkelse i perioden efter restaureringen

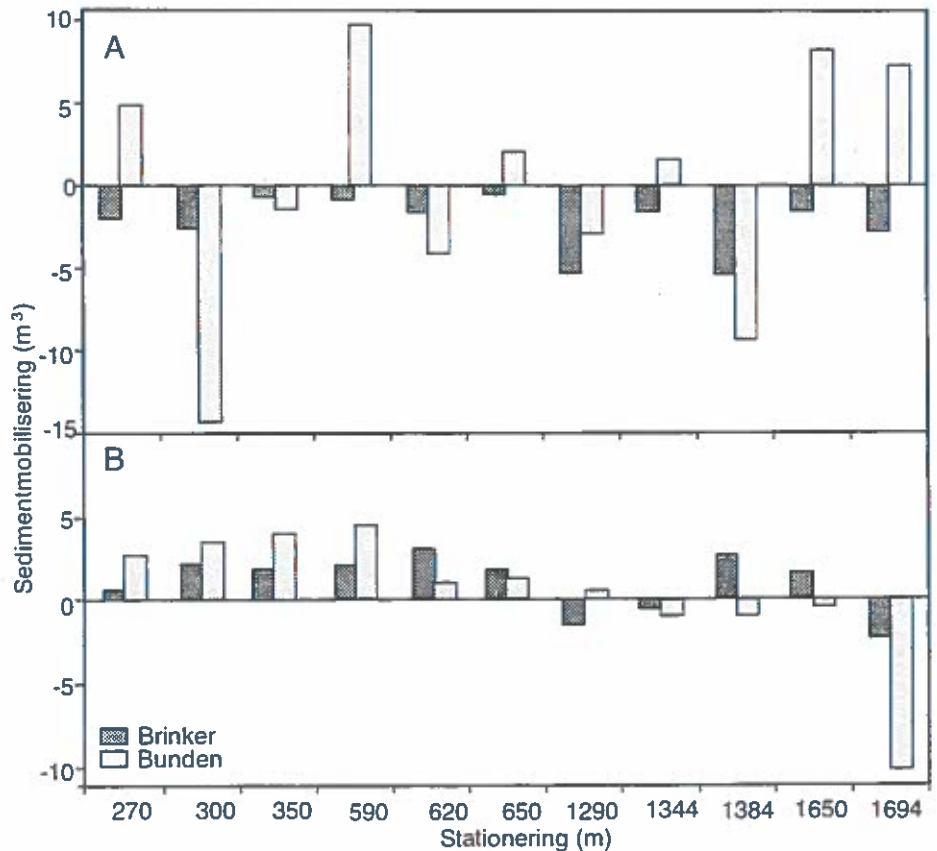


Den første vinter efter restaureringen af Gelså skete der generelt en mobilisering af sediment fra brinkzonen

I den første vinterperiode efter restaureringen af Gelså skete der formjusteringer af vandløbets gravede skikkelse på de opmålte 11 delstrækninger (figur 6.2A). På alle de 11 strækninger blev der konstateret en nettomobilisering af sediment fra brinkzonen. Generelt skete der en uddybning af vandløbsbunden i svingene og en pålejring af sediment i strygene på den øvre og midterste del af åen. Derimod skete der på den nederste del af åen både en pålejring af sediment i det opmålte sving og på stryget. Igennem den første vinter har åen derfor uddybet dybe huller (høller) på

ydersiden af svingene, og deponeret sediment på indersiden af svingene. Den konstaterede aflejring på den nederste del af Gelså ved Bevtoft i den første vinter skyldes den store sedimentmobilitet og -tilførsel fra den opstrøms del af den restaurerede strækning.

Figur 6.2 Nettomobilisering af sediment fra vandløbsbund og brinker på de 11 opmålte delstrækninger af Gelså ved Bevtoft igennem den første vinterperiode (oktober 1989 til maj 1990) (A) og det næste år (maj 1990 til maj 1991) (B)



I det andet år efter restaureringen skete der en pålejring af sediment på den øvre del af åløbet og en erosion i den nedre del

I løbet af det næste år, dvs. maj 1990 til maj 1991, skete der generelt en pålejring af sediment i brinkzonen og på vandløbsbunden i hele den øvre del af åen (figur 6.2B). Derimod blev der konstateret en erosion af vandløbsbunden på den nederste del af åen, formentlig som følge af den store hældning åen her blev anlagt med og en deraf følgende opstrøms bevægende bunderosion.

Nettomobilisering af 230 t sediment i 1989/90

Ud fra de opmålte ca. 220 m af Gelså og de enkelte strækningers repræsentativitet med hensyn til sving og lige strækninger (stryg) er nettomobiliseringen af sediment fra henholdsvis brinker og vandløbsbund beregnet for de to perioder (tabel 6.1). I 1989/90 skete der en nettomobilisering af sediment på den 1850 m lange vandløbsstrækning, der udgør i størrelsesordenen 192 m³. Ved en volumenvægt på 1,2 g cm⁻³ for brinkmateriale kan det beregnes, at ca. 230 tons sediment blev mobiliseret og efterfølgende transporteret ud fra strækningen, hvoraf en stor del dog er endt i det etablerede sandfang.

Nettotilbageholdelse på 66 t i 1990/91

I 1990/91 forekom der derimod en nettopålejring af sediment på den restaurerede strækning, som kan beregnes til at være i størrelsesordenen 132 m³ (tabel 6.1). Da der ved pålejring ofte er tale om meget løst pakket sediment er volumenvægten væsentligt lavere end fra eroderet brinkmateriale, nemlig anslået omkring 0,5

g cm⁻³. Benyttes denne volumenvægt kan det pålejrrede sediment omregnes til at udgøre i størrelsesordenen 66 ton. Pålejringen var størst i brinkzonen, hvilket kan forklares med at vandføringen og sedimenttilførslen var stor samtidig med at brinkvegetationen var veludviklet i det andet måleår.

Tabel 6.1 Nettomobilisering af sediment fra brinkzone, vandløbsbund og totalt i den restaurerede Gelså ved Bevtoft igennem perioden oktober 1989 til maj 1990 og i perioden maj 1990 til maj 1991

	Brinkzone	Vandløbsbund	Nettomobilisering
1989-90	-204 m ³	12 m ³	-192 m ³
1990-91	92 m ³	40 m ³	132 m ³

Bruttomobilisering var en faktor 2-4 gange større end nettomobiliseringen

Det er klart, at der begge år har været tale om væsentligt større bruttomobiliseringer af sediment end de ovenfor givne nettomobiliseringer. Bruttomobiliseringen er således en faktor 2-4 større end nettomobiliseringen. Den gennemførte overvågning af sedimentmobiliseringen viser tydeligt, at der igennem den første vinterperiode var tale om en meget ustabil erosiv situation hvor vandløbet justerede de udgravede tværprofiler til de givne hydrauliske forhold. I det andet år var strækningen generelt i en aflejrings-situation. Der var således ikke opnået en dynamisk ligevægtssituation efter to år, men de største formjusteringer i åen er formentlig sket i denne periode.

6.2 Bundtransporten af sediment

Bundtransporten af sediment var i den første vinter mindre på den restaurerede strækning end på den opstrøms referencetrækning

I figur 6.3 er den målte transport af sediment langs vandløbsbunden vist for en målestation umiddelbart nedstrøms for den restaurerede strækning, og en station ved indgangen til den opstrøms referencetrækning. Bundtransporten var i den første vinterperiode efter restaureringen (oktober 1989 til marts 1990), generelt mindre fra den restaurerede strækning end på referencetrækningen (figur 6.3). Bundtransporten var meget stabil på referencetrækningen igennem hele vinterperioden, hvorimod der ses en stigning fra den restaurerede strækning igennem vinteren, som modsvarer en stigning i vandføringen.



Figur 6.3 Bundtransporten af sediment på referencetrækningen og udgangen af den restaurerede strækning igennem perioden juni 1989 til november 1991

Den mindre bundtransport af sediment fra den restaurerede strækning, end på referencestrækningen skyldes sandfanget. Den manglende vandføringsafhængighed af bundtransporten på referencestrækningen skyldes formentlig, at der her var en stor overvintrende biomasse af vandplanter. Da dette ikke var tilfældet på den restaurerede strækning, er der her en tydelig vandføringsafhængighed af bundtransporten. Samtidig var sandfanget allerede i den første vinter ved at være fyldt op, hvorfor bundtransporteret sediment kunne transporteres igennem sandfanget.

I 1990/91 var bundtransporten af sediment størst på den restaurerede strækning

I sommeren 1990 var bundtransporten af sediment større fra den restaurerede strækning end på referencestrækningen, hvor bundtransporten faldt hen igennem foråret. Årsagen til mertransporten på den restaurerede strækning kan dels skyldes, at der var en meget større og stabiliserende biomasse af vandplanter på referencestrækningen, end på den restaurerede strækning (se kapitel 8), dels, at der skete en større mobilisering af sediment på den restaurerede strækning, end på referencestrækningen, samt at sandfanget var fyldt op på dette tidspunkt.

Fra efteråret 1990 og frem til august 1991 var bundtransporten også generelt større på den restaurerede strækning, end på referencestrækningen. På begge strækninger var der en tydelig vandføringsafhængighed af bundtransporten, der topper under de store afstrømninger i december-februar 1991. Derimod falder bundtransporten på den restaurerede strækning til et niveau under referencestrækningen i august til oktober 1991, hvilket kan forklares ved, at der i Gelså opstrøms den restaurerede strækning blev skåret grøde i august (se figur 8.1). Ved en grødeskæring udsættes akkumuleret materiale i grødeøer for vandløbets erosive kræfter, hvilket betinger en stor sedimentmobilisering og transport. På den restaurerede strækning blev der kun foretaget en skånsom grødeskæring, hvorfor sedimentmobiliseringen ikke blev så stor, som på referencestrækningen.

Tabel 6.2 Bundtransporten af sediment i Gelså i perioden oktober 1989 til september 1990, samt i oktober 1990 til september 1991 på henholdsvis referencestrækningen og den restaurerede strækning

	Referencestrækning		Restaureret strækning	
	1989/90	1990/91	1980/90	1990/91
Bundtransport (kg)	3710	14940	2180	43130

Beregning af den årlige bundtransport af sediment

Sammenholdes den beregnede årlige bundtransport af sediment fra den restaurerede strækning i 1989/90 og 1990/91, med bundtransporten på referencestrækningen i de tilsvarende år, fremgår der tydelige forskelle (tabel 6.2). I oktober 1989 til september 1990 var mængden af bundtransporteret sediment på referencestrækningen i Gelså lille, idet den kun udgjorde i størrelsesordenen 3,7 tons (svarende til $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$ oplandsaral). Derimod var bundtransporten på referencestrækningen væsentligt større i oktober 1990 til september 1991, hvor den udgjorde 14,9 tons ($1,5 \text{ kg ha}^{-1}$). Bundtransporten af sediment fra den restaurerede strækning var i 1989/90 mindre end på referencestrækningen 2,2 tons ($0,2 \text{ kg ha}^{-1}$),

hvorimod den i 1990/91 var væsentligt større: 43,1 tons (3,8 kg ha⁻¹). Af det bundtransporterede sediment var omkring 20% organisk stof.

Sammenfattende blev der således ikke konstateret nogen mertransport af bundtransporteret sediment fra den restaurerede strækning i løbet af det første år efter restaureringens gennemførelse. Hovedårsagen hertil er etableringen af et sandfang på den nedre del af den restaurerede strækning. Derimod var der i det andet år efter restaureringen en betydelig mertransport af sediment fra den restaurerede strækning, som skyldes, at sandfanget på dette tidspunkt ikke længere var i stand til at tilbageholde de sedimentmængder, der blev mobiliseret på den restaurerede strækning.

6.3 Koncentration og transport af suspenderet stof

Koncentration af suspenderet stof

Koncentrationen af suspenderet stof igennem undersøgelsesperioden ved de tre målestationer er vist i figur 6.4. Af figuren kan man umiddelbart se, at koncentrationerne var lave ved lille vandføring, og høj ved stor vandføring i Gelså. Desuden ses det at koncentrationen af suspenderet stof ved de tre målestationer reagerede ens overfor ændringer i vandføring.

Tabel 6.3 Massebalance for suspenderet stof og partikulært organisk stof i perioderne oktober 1989 til september 1990, samt oktober 1990 til september 1991, for henholdsvis referencestrækningen, den restaurerede strækning og strækningen opstrøms referencestrækningen (bemærk, at tallene er arealvægtet)

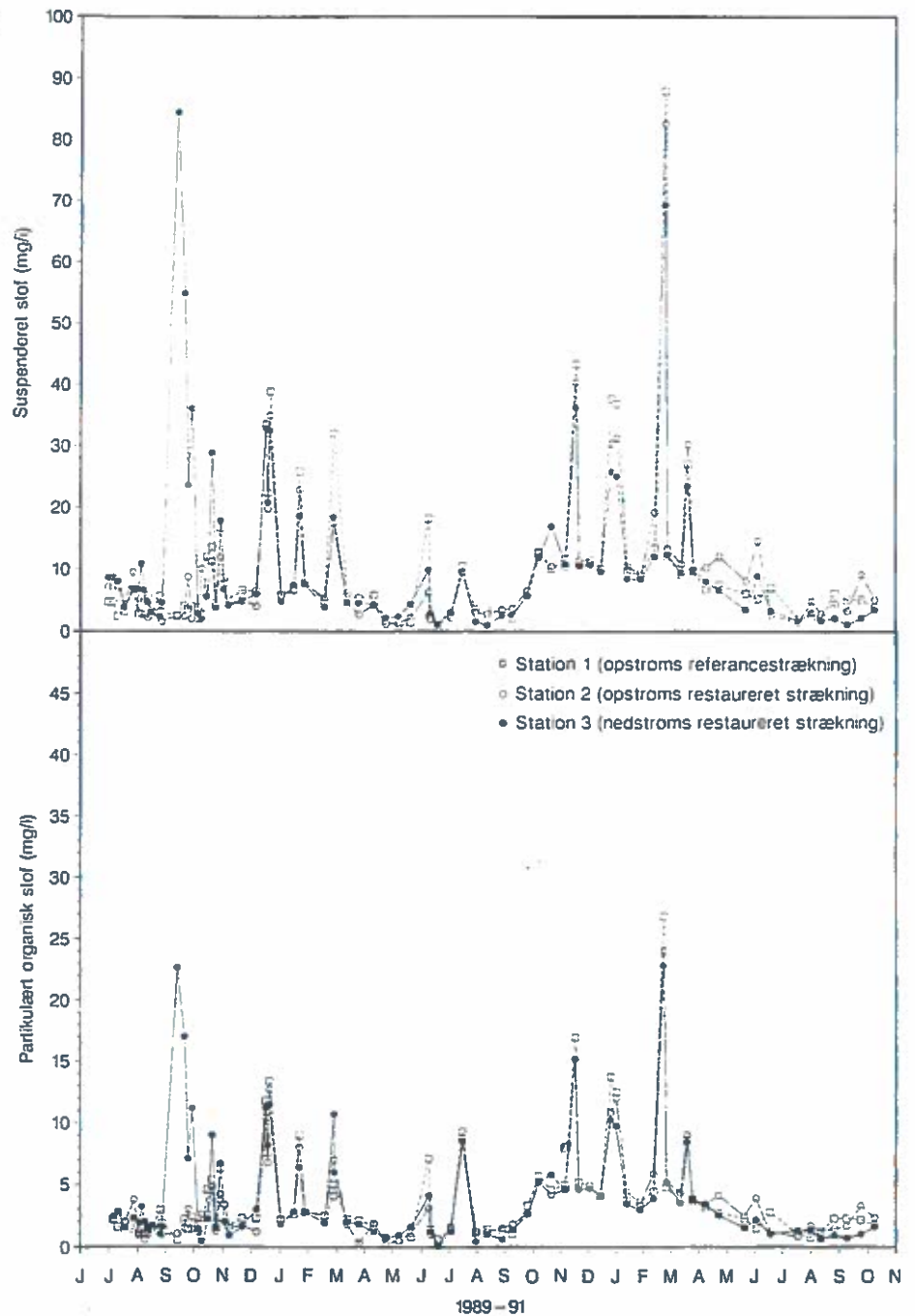
	Referencestrækning Opland (7,2 km ²)		Restaureret strækning Opland (2,7 km ²)		Hele oplandet Opland (103 km ²)	
	1989/90	1990/91	1989/90	1990/91	1989/90	1990/91
Suspenderet stof (kg ha ⁻¹)	-25	102	63	-241	25	45
Organisk stof (kg ha ⁻¹)	9,3	30	30	-48	8,7	17

Opstilling af massebalance for suspenderet stof i Gelså ved Bevtoft og en opstrøms referencestrækning

Ud fra samtidige målinger ved de tre målestationer er der opstillet en massebalance for suspenderet stof og dets indhold af partikulært organisk stof, i de to år efter restaureringens afslutning. Resultaterne heraf er vist i tabel 6.3.

I det første år (oktober 1989 til september 1990) var den arealspecifikke transport (angivet i kg ha⁻¹ oplandsareal) af suspenderet stof og partikulært organisk stof større på den restaurerede strækning, end på referencestrækningen. Til sammenligning var den arealspecifikke transport af suspenderet stof og partikulært organisk stof også større, henholdsvis 2,5 og 3,5 gange, fra den restaurerede strækning, end transporten fra hele oplandet til Gelså opstrøms referencestrækningen.

Figur 6.4 Koncentrationen af suspenderet stof og partikulært organisk stof ved de tre målestationer i Gelså i perioden juni 1989 til november 1991

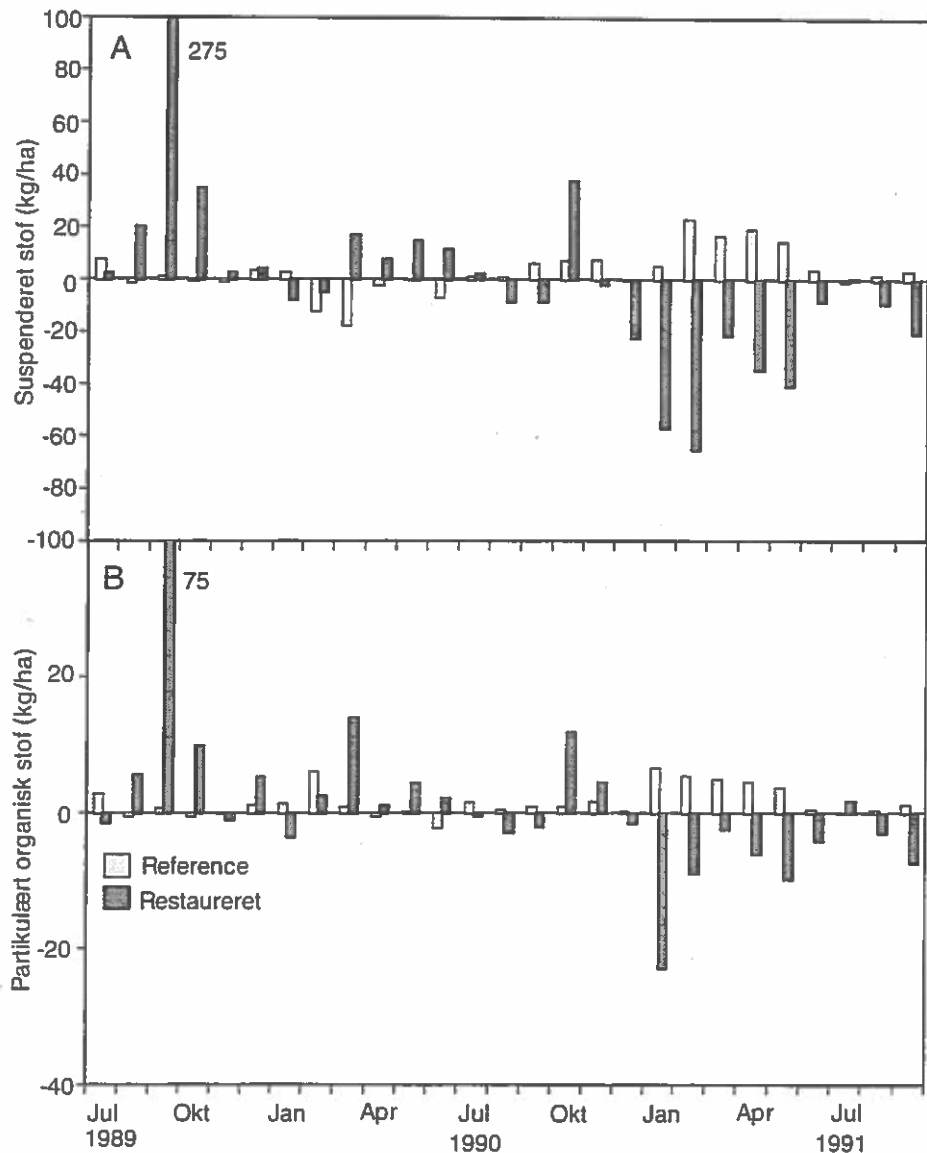


I 1989/90 var der en netto-tilbageholdelse på referencetrækningen og en nettomobilisering på den restaurerede strækning

På referencetrækningen blev der i det første år netto tilbageholdt suspenderet stof (25 kg ha^{-1}), hvorimod der var en nettomobilisering på den restaurerede strækning (63 kg ha^{-1}). Årsagen til, at der blev tilbageholdt suspenderet stof på referencetrækningen i det første år, kan være, at der igennem hele vinteren var en meget stor overvintrende biomasse af planter i vandløbet (se kapitel 8). Det er tidligere påvist, at vandplanter er meget effektive til at øge ruheden i vandløb, og dermed mindske strømhastigheden, hvorved der sker en øget sedimentation af partikulært stof (Svendsen, 1992; Svendsen og Kronvang, 1993). På den restaurerede strækning var der derimod næsten ingen vandplanter i det nye løb til at bremse vandet, hvorved brinker og bund var fuldt eksponerede for erosion.

I 1990/91 var der en netto-mobilisering på referen-
cestrækningen og en netto-
tilbageholdelse på den
restaurede strækning

I det andet måleår (oktober 1990 til september 1991) var trans-
porten af suspenderet stof og partikulært organisk stof ca. dobbelt
så stor fra hele oplandet til Gelså opstrøms referencetrækningen,
som i det første måleår (tabel 6.3). Fra referencetrækningen
mobiliseredes i det andet år store mængder suspenderet stof og
partikulært organisk stof, hvorimod der skete en nettotilbagehol-
delse på den restaurerede strækning. Betragtes de månedlige
massebalancer for den restaurerede strækning og referencetræk-
ningen ses det af figur 6.5, at tilbageholdelsen af suspenderet stof
på den restaurerede strækning især forekom under de store
vandføringer i vinter- og forårsperioden, men ellers finder sted
næsten hele året.



Figur 6.5 Månedlig masse-
balance for suspenderet stof
og partikulært organisk stof
i perioden juni 1989 til
september 1991 beregnet for
henholdsvis referencetræk-
ningen og den restaurerede
strækning (bemærk, at
tallene er arealvægtede)

I det andet år efter restaureringens gennemførelse havde Gelså på
den restaurerede løb indstillet sig i en ny dynamisk ligevægtssitu-
ation, og der var etableret en fuldt udviklet vegetation på brinker-
ne og i åen. De forholdsvis store afstrømninger i vinteren 1990/91
kombineret med de mange nye flade brinkpartier langs åen, samt
åens nedsatte vandføringsevne, gav derfor optimale forhold for
tilbageholdelse af suspenderet stof ved overskyllelse af brinker og
oversvømmelse af de ånære arealer. På referencetrækningen var
der ikke tilsvarende muligheder, hvorfor der ikke var det samme

potentiale for tilbageholdelse af suspenderet stof. Den målte nettomobilisering på referencetrækningen kan forklares med, at der må være sket en frigivelse (resuspension) af tidligere tilbageholdt materiale i grødeøer, i forbindelse med grødens hendøen i vinterperioden.

6.4 Sandfangets betydning for sedimenttilbageholdelse

Etablering af et sandfang nedstrøms for den restaurerede strækning, før gravearbejdet satte ind

I 1991 var sandfanget fyldt op med 240 tons sediment

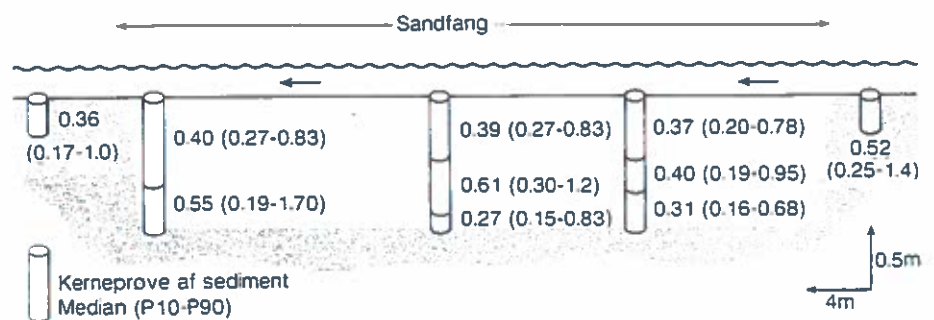
Kornstørrelsesanalyser af materiale i sandfang og på vandløbsbunden op- og nedstrøms herfor

Figur 6.6 Kornstørrelses-sammensætningen af sediment udtaget forskellige steder og i forskellige dybder i sandfang og af vandløbsbunden umiddelbart opstrøms og nedstrøms herfor (kornstørrelsen er givet som median, samt P10 og P90)

Sandfanget på den nederste del af den restaurerede strækning blev etableret som noget af det første i juli 1989, ved at udvide og uddybe ca. 40 m af det eksisterende løb. I juni 1991 blev sandfangets dimensioner og dybdeforhold opmålt, og der blev samtidig udtaget 6 kerneprøver i den midterste del af sandfanget til under oprindelig bund (figur 6.6). Desuden blev der udtaget en kerneprøve opstrøms og en nedstrøms sandfanget, i den normale vandløbsbund. På tidspunktet for opmålingen af sandfanget var det fyldt op med sediment.

På baggrund af de udtagne kerneprøver kunne dybden af det gravede sandfang fastlægges til at være omkring 1,3 m, mens bredden var 3-4 m større, end vandløbets bredde ovenfor sandfanget. Opmålingerne viste, at i størrelsesordenen 445 m³ sediment var tilbageholdt i sandfanget siden dets etablering. Tørvægten af det sedimenterede materiale kan ud fra de 6 udtagne kerneprøver beregnes til at ligge mellem 1,53 og 1,93 g cm⁻³, med et gennemsnit på 1,66 g cm⁻³. Ved udtagningen af prøver i sandfanget blev det konstateret, at der var en meget løs pakning af det nysedimenterede materiale. Den våde volumenvægt af sedimentet var da også lav, idet den i gennemsnit var på 0,54 g cm⁻³. Den totale mængde af sediment tilbageholdt i sandfanget var i 1991 således på i størrelsesordenen 240 tons.

Kornstørrelsesanalyser af det sediment tilbageholdt i sandfanget blev gennemført på 3 kerneprøver fra sandfanget, samt på de to prøver udtaget i vandløbet op- og nedstrøms herfor. Analyserne blev udført på forskellige dybdehorisonter for at konstatere, om der igennem perioden efter restaureringen optrådte forskelle i det fangne sediments sammensætning (figur 6.6).



Mediankornstørrelsen var mindst for det sediment, der først blev tilbageholdt i sandfanget (0,27-0,31 mm). I de midterste horisonter af de udtagne kerneprøver fra sandfanget var mediankornstørrelsen størst (0,40-0,61 mm), mens mediankornstørrelsen i den øver-

ste horisont igen blev lidt finere (0,37-0,40 mm). Mediankornstørrelsen i den øverste del af det tilbageholdte sediment i sandfanget var meget tilsvarende den, der blev konstateret på vandløbsbunden nedenfor sandfanget (0,36 mm). Derimod var kornstørrelsen af bundmaterialet lige opstrøms for sandfanget noget grovere (0,52 mm).



7 Restaureringens betydning for tilførsel, omsætning og transport af kvælstof og fosfor

Formål med overvågningen af næringsstoffer

Formålet med overvågningen af næringsstofkoncentrationen og næringsstoftransporten i forbindelse med restaureringen af Gelså ved Bevtoft var at påvise, om der som effekt af restaureringen forekom ændringer i tilførslen af kvælstof og fosfor til åen, betinget af ændringer i udvaskning, omsætning og tilbageholdelse i vandløb og de ånære områder.

7.1 Afstrømning

Afstrømning i Gelså

De beregnede døgnmiddelvandføringer ved de 3 målestationer i måleperioden er vist i figur 7.1. Afstrømningen ved de enkelte målestationer i de to år efter restaureringen, dvs. oktober 1989 til september 1990 og oktober 1990 til september 1991 er givet i tabel 7.1.

Tabel 7.1 Afstrømningen i perioden oktober 1989 til september 1990, samt i oktober 1990 til september 1991 for henholdsvis oplandet til referencestrækningen, oplandet til den restaurerede strækning og oplandet opstrøms referencestrækningen i Gelså

	Referencestrækning Opland (7.2 km ²)		Restaureret strækning Opland (2.7 km ²)		Hele oplandet Opland (103 km ²)	
	1989/90	1990/91	1989/90	1990/91	1989/90	1990/91
Afstrømning (1 s ⁻¹ km ⁻²)	20,2	21,6	20,2	21,6	8,6	9,9

Afstrømningen fra hele Gelsåens opland er i gennemsnit for de to år, der er målt over, kun ca. halvt så stor, som fra oplandet til henholdsvis den restaurerede og referencestrækningen (tabel 7.1). Dette forhold kan hovedsageligt forklares ved, at i den øverste del af Gelså oplandet tabes grundvand mod øst til de dybere nedskårne vandløb, der afvander til Lillebælt.

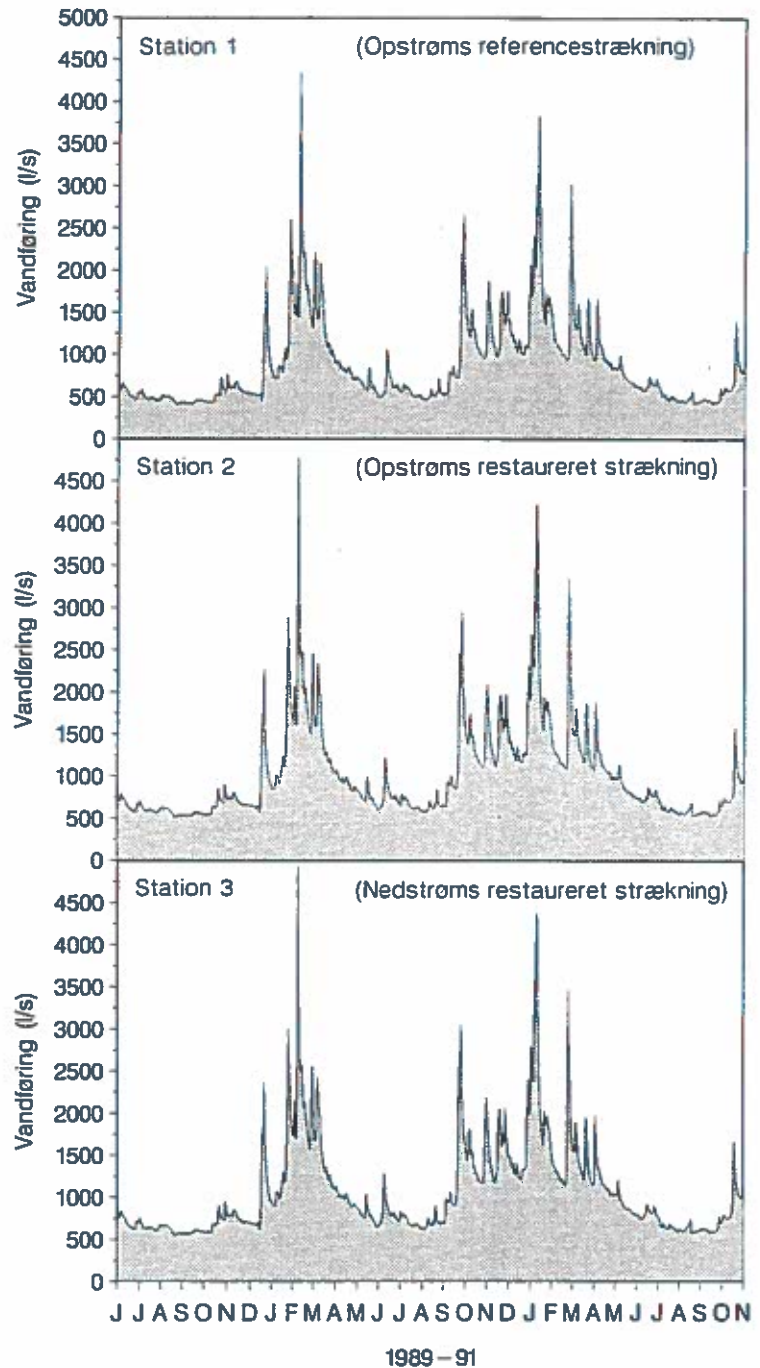
7.2 Koncentration af kvælstof og fosfor

Koncentration af næringsstoffer i Gelså

I figur 7.2 er koncentrationen af total kvælstof, nitrat, total fosfor og opløst uorganisk fosfor vist igennem måleperioden. Af figuren fremgår det, at koncentrationen af både kvælstof og fosfor var højest i vinterperioden. Mens koncentrationsforløbet for kvælstof og opløst fosfat var præget af en sæsonvariation, blev der for total fosfor målt meget store og pludselige koncentrationstoppe i forbindelse med afstrømningshændelser i åen, som det også var tilfældet for suspenderet stof (se kapitel 6).

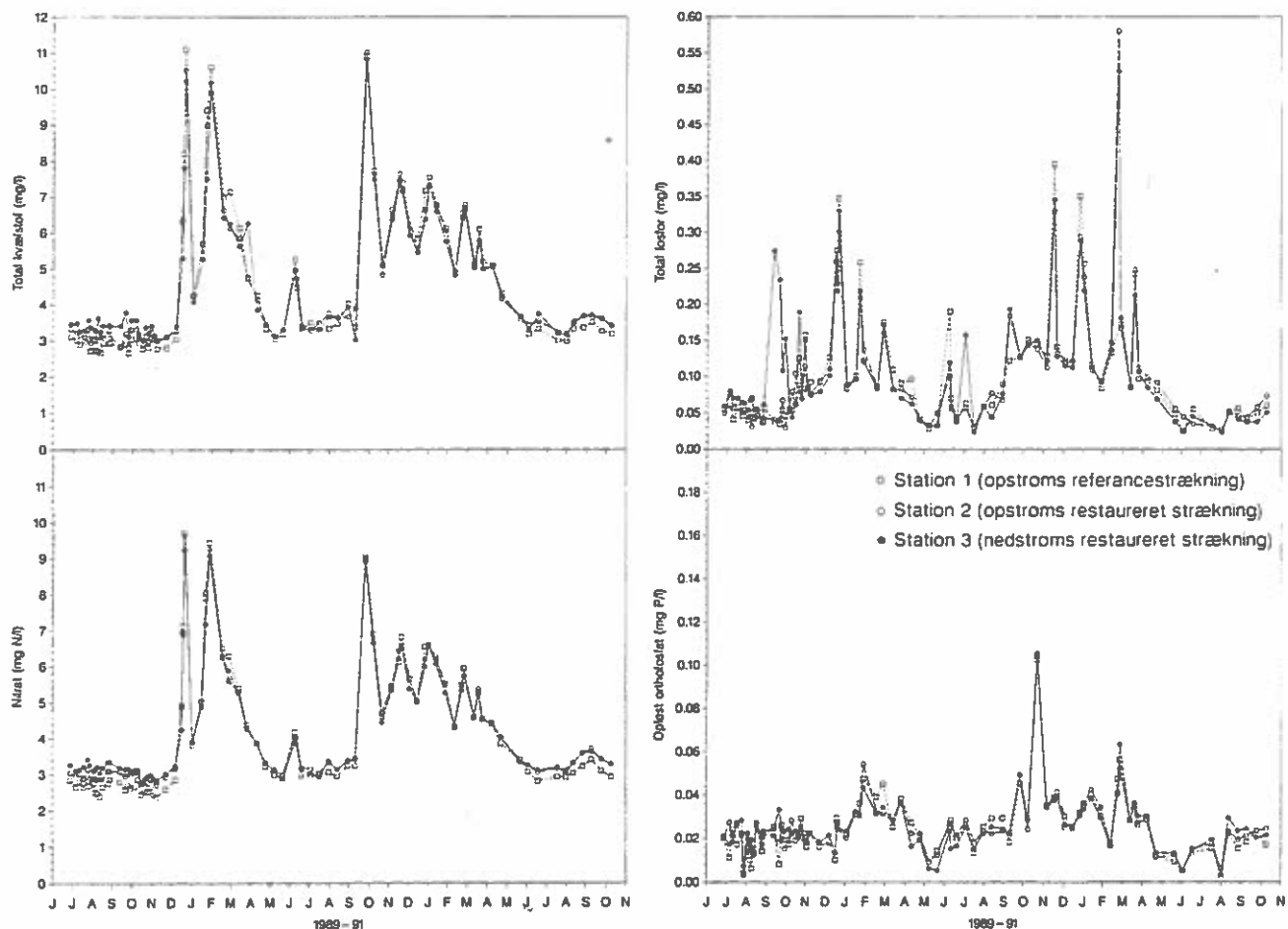
Middelkoncentrationen af kvælstof og fosfor målt ved udgangen af den restaurerede strækning er på årsbasis givet i tabel 7.2. Årsmiddelkoncentrationerne ligner meget resultaterne fra andre vstdanske vandløb der afvander landbrugsoplande, og har en høj koncentration af total jern (Kronvang m.fl., 1992).

Figur 7.1 Døgnmiddeafstrømningen ved de tre målestationer i Gelså Å igennem perioden juni 1989 til november 1991



Tabel 7.2 Gennemsnitskoncentrationen af total kvælstof, nitrat, total fosfor, opløst uorganisk fosfor og total jern ved målestationen beliggende før den restaurerede strækning i Gelså (Bevtoft Mølle) i de to år oktober til september 1989-90 og 1990-91. N = antal prøver.

	N	1989/90	N	1990/91
Total N (mg N l ⁻¹)	35	4,79±2,30	28	5,23±1,49
Nitrat N (mg N l ⁻¹)	35	4,30±2,01	28	4,76±1,24
Total P (mg P l ⁻¹)	35	0,101±0,066	28	0,133±0,117
Opløst fosfat (mg P l ⁻¹)	35	0,025±0,009	28	0,029±0,019
Total jern (mg l ⁻¹)	24	1,42±1,68	28	2,20±2,01



Figur 7.2 Koncentrationen af total kvælstof, nitrat, total fosfor og opløst uorganisk fosfor ved de tre målestationer i Gelså igennem perioden juni 1989 til november 1991

7.3 Massebalance for kvælstof

Årlig massebalance for total kvælstof

Massebalancen for total kvælstof viser, at der både fra oplandet til referencetrækningen og oplandet til den restaurerede strækning tilførtes meget mere kvælstof, end det var tilfældet for Gelsåens øvre opland (tabel 7.3). Dette forhold kan hovedsageligt forklares ved, at vandafstrømningen i den nedre del af Gelså er større, end i den øvre del (tabel 7.1). De opstillede massebalancer for total kvælstof over referencetrækningen og den restaurerede strækning viser, at der ikke er nogen umiddelbar effekt af restaureringen det første måleår (1989/90), hvor tilførslen af total kvælstof til de to strækninger var næsten lige højt (tabel 7.3). I det andet måleår steg tilførslen af total kvælstof til begge strækninger, på grund af den større vandafstrømning, dog var stigningen mere udpræget for referencetrækningen, end den restaurerede strækning.

Årlig massebalance for nitrat

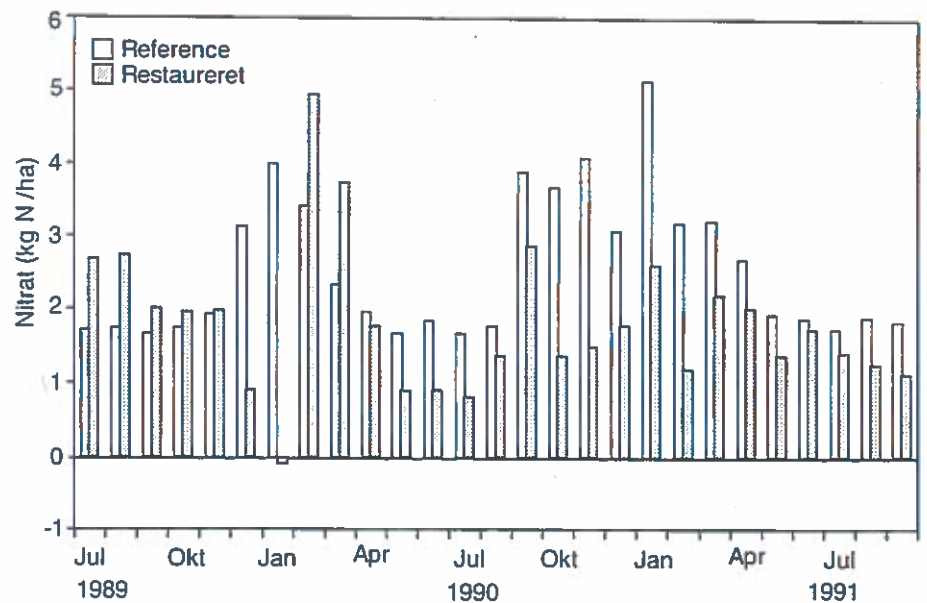
Tilførslen af nitrat kvælstof var, som for total kvælstof, større til referencetrækningen og den restaurerede strækning, end til den øvre del af Gelså (tabel 7.3). I det første måleår var tilførslen af nitrat til referencetrækningen, større end tilførslen til den restaurerede strækning. I det andet måleår steg tilførslen af nitrat til referencetrækningen, mens der blev målt et markant fald i tilførslen til den restaurerede strækning (tabel 7.3).

Tabel 7.3 Massebalance for total kvælstof, nitrat, total fosfor og opløst uorganisk fosfor i perioderne oktober 1989 til september 1990, samt oktober 1990 til september 1991, for henholdsvis referencestrækningen, den restaurerede strækning og strækningen opstrøms referencestrækningen. Bemærk, at tallene er arealvægtet i forhold til oplandsarealet

	Referencestrækning Opland (7,2 km ²)		Restaureret strækning Opland (2,7 km ²)		Hele oplandet Opland (103 km ²)	
	1989/90	1990/91	1989/90	1990/91	1989/90	1990/91
Total kvælstof (kg N ha ⁻¹)	27,0	33,3	26,2	28,9	15,6	17,5
Nitrat (kg N ha ⁻¹)	29,4	34,4	22,1	19,7	13,8	15,6
Total fosfor (kg P ha ⁻¹)	0,35	0,59	0,85	-0,027	0,30	0,43
Opløst fosfat (kg P ha ⁻¹)	0,13	0,22	-0,042	0,23	0,079	0,097

Månedlig massebalance for nitrat

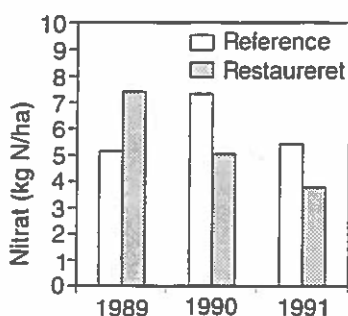
Den månedlige massebalance for nitrat på referencestrækningen og den restaurerede strækning er vist i figur 7.3. I de to første måneder med stor vandføring i Gelså, efter restaureringens afslutning (december 1989 og januar 1990), faldt tilførslen af nitrat til den restaurerede strækning, i modsætning til en stigning i tilførslen til referencestrækningen. I januar 1990 forekom endog et nettotab af nitrat over den restaurerede strækning (figur 7.3). I de følgende to måneder (februar og marts) blev der konstateret en større tilførsel af nitrat til den restaurerede strækning, end til referencestrækningen.



Figur 7.3 Månedlig massebalance for nitrat i perioden juli 1989 til september 1991 beregnet for henholdsvis referencestrækningen og den restaurerede strækning (bemærk, at tallene er arealvægtede).

En forklaring på disse forhold kan være, at der i forbindelse med den første nedbør efter etableringen af det nye slyngede forløb af Gelså i december og januar forekom en vandbevægelse fra åen og ind i ådalen. Det nye vandløbsforløb havde en meget højere vandstand end i det gamle løb, pga. hævnings af vandløbsbunden og den mindre vandføringsevne, hvorfor der i en overgangsperiode var mulighed for en større vandudsivning fra vandløb til det ånære område indtil grundvandsspejlet i det ånære område havde nået et højere niveau. I februar og marts var de af restaureringen forårsagede forskelle udlignet og en dynamisk ligevægtssituation indtrådte, hvorfor øvre grundvand, som på

Reduktion i nitrat-tilførsel til Gelså efter restaureringen



Figur 7.4 Massebalance for nitrat i de tre sommermåneder juli til september i årene 1989, 1990 og 1991 for henholdsvis referencestrækningen og den restaurerede strækning (bemærk, at tallene er arealvægtede)

Denitrifikation i våde enge

Øget tilførsel af organisk kvælstof efter restaureringen

Massebalance for total fosfor

grund af den forholdsvis lange opholdstid i ådalen var blevet beriget i dets indhold af nitrat, strømmede til åen.

I vinteren 1990/91 var tilførslen af nitrat til den restaurerede strækning generelt meget lavere, end til referencestrækningen. Hvorvidt dette resultat er et direkte udtryk for en større omsætning af nitrat i de ånære, mere våde arealer, kan ikke fastslåes med sikkerhed, pga. manglende målinger fra et helt år før restaureringens gennemførelse. Der er dog stor sandsynlighed for, at den konstaterede ændring i nitrattilførsel til den restaurerede strækning, set i forhold til referencestrækningen, skyldes en større omsætning af nitrat i de mere våde ånære arealer via denitrifikation.

Målinger af nitrattilførslen til Gelså i perioden inden restaureringen eksisterer kun for sommermånedene juli, august og september (figur 7.4). I sommeren 1989 var tilførslen af nitrat større til den restaurerede strækning, end til referencestrækningen (figur 7.4). I de to følgende sommerperioder (1990 og 1991) er nitrattilførslen derimod mindre til den restaurerede strækning, end til referencestrækningen. Dette resultat viser, at der skete en reduktion i tilførslen af nitrat til Gelså efter restaureringen, formentlig som en direkte følge af genskabelsen af mere våde enge i de ånære arealer. Dette er specielt synligt i sommerperioden hvor afstrømningen i Gelså for hovedpartens vedkommende består af mere dybtliggende grundvand. Benyttes alene resultaterne fra de fem sommerperioder er der sket en reduktion i nitrattilførslen på i størrelsesordenen 5 kg N ha^{-1} oplandareal. Ud fra arealet af de våde ånære arealer i ådalen kan det beregnes, at kvælstofreduktionen modsvarer i størrelsesordenen 80 kg N ha^{-1} .

Den højere grundvandsstand i ådalen, som følge af den nedsatte vandføringsevne i den nygravede Gelså, i kombination med kontakten til tørvepakken i ådalen, har altså resulteret i en større kvælstoffjernelse via denitrifikation. At der er et stort potentiale for kvælstoffjernelse i våde enge er vist i flere tidligere undersøgelser (f.eks. Ambus og Hoffmann, 1990).

Da nitrattilførslen til den restaurerede strækning falder, men der ikke sker væsentlige ændringer med tilførslen af total kvælstof, tyder målingerne på, at der i forbindelse med brinkerosion i det nye løb mobiliseres organisk bundet kvælstof. Mobilisering af store sedimentmængder i Gelså efter restaureringen blev da også konstateret (se kapitel 6). Da tørvepakken trådte frem i de nygravede brinker, er der ingen tvivl om, at der i hvert fald igennem de første to år er tilført store mængder organisk bundet kvælstof til åen.

7.4 Massebalance for fosfor

Massebalancen for total fosfor viser, at der fra referencestrækningen og for oplandet til Gelså opstrøms herfor var et tab af fosfor i nogenlunde samme størrelsesorden i 1989/90 og i 1990/91 (tabel 7.3). Derimod var der et mere end dobbelt så stort tab fra

oplandet til den restaurerede strækning som fra oplandet til referencetrækningen i 1989/90. Forskellen hænger formentlig sammen med den store sedimentmobilisering på den restaurerede strækning i 1989/90, som også påvirkede transporten af suspenderet stof, og dermed også transporten af partikulært bundet fosfor.

I 1990/91 blev der konstateret en nettotilbageholdelse af total fosfor på den restaurerede strækning hvilket er i overensstemmelse med det målte for suspenderet stof (se kapitel 6). I 1990/91 blev der på den restaurerede del af Gelså aflejret sediment i brinkzonen og ved oversvømmelser af de ånære arealer, som det tidligere er beskrevet i kapitel 6. Sedimentaflejringen har således også omfattet en midlertidig eller mere blivende deponering af partikulært bundet fosfor.

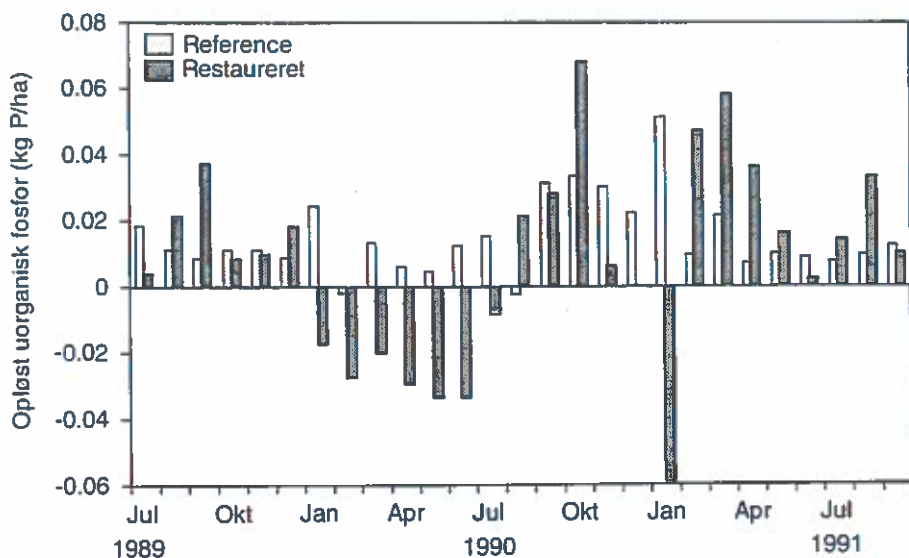
Massebalance for opløst fosfat

Massebalancen for opløst orthofosfat viser, at der var et større tab af opløst fosfat fra referencetrækningen, end fra oplandet til Gelså opstrøms herfor (tabel 7.3). Tabet af opløst fosfat var endvidere større i 1990/91 end i 1989/90. I det første måleår (1989/90) blev der målt en nettotilbageholdelse af opløst fosfat på den restaurerede strækning, hvorimod tilførslen fra oplandet til den restaurerede strækning var i samme størrelsesorden i 1990/91, som fra oplandet til referencetrækningen (tabel 7.3).

Stort optag af fosfat i planter og alger efter restaureringen

Årsagen til nettotilbageholdelsen af opløst fosfat på den restaurerede strækning i 1989/90 var formentlig et stort optag af fosfor i planter og alger i foråret 1990. Den månedlige massebalance for opløst fosfat viser også, at der i forårs månederne skete en nettotilbageholdelse på den restaurerede strækning (figur 7.5).

Figur 7.5 Månedlig massebalance for opløst uorganisk fosfor i perioden juli 1989 til september 1991 beregnet for henholdsvis referencetrækningen og den restaurerede strækning (bemærk, at tallene er arealvægtede).



8 Restaureringens betydning for de biologiske forhold i vandløbet

8.1 Vandplanter i åen

Formål med overvågningen af indvandring af vandplanter

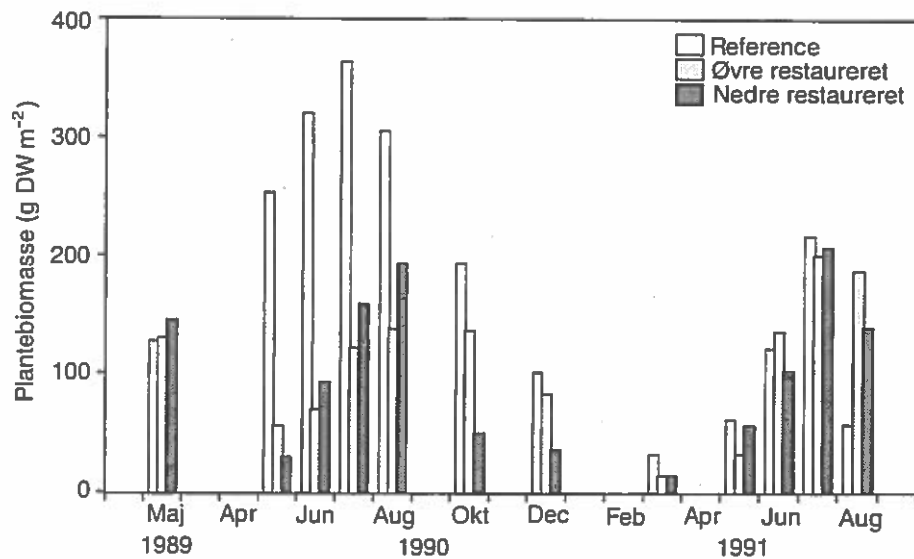
Formålet med denne del af undersøgelsen var dels at følge, hvor hurtigt vandplanterne indvandrede på den restaurerede strækning og dels at undersøge, om der ved genskabelsen af et slynget forløb blev dannet levesteder for en mere artsrig vegetation.

Udvikling i plantebiomasse i Gelså efter restaureringen

Af figur 8.1 fremgår det, at plantebiomassen var tilnærmelsesvis lige stor på den restaurerede strækning og referencestrækningen i maj 1989 før restaureringens påbegyndelse. Efter gravning af det nye forløb var der selvsagt ingen vandplanter på strækningen, bortset fra i krydsningerne mellem det gamle og nye forløb.

Den første sommer efter restaureringen (1990) var plantebiomassen 2-3 gange større på referencestrækningen end på den restaurerede strækning (figur 8.1). Årsagen til den unormalt store biomasse på referencestrækningen i maj 1990 kan tilskrives en mild vinter med meget lave afstrømninger i vandløbet og dermed ringe slid på planterne.

Figur 8.1 Biomassen af vandplanter i Gelså i perioden maj 1989 til august 1991 målt på en 700 m delstrækning af referencestrækningen og to 700 m delstrækninger (hhv. opstrøms og nedstrøms gangbro) på den restaurerede strækning



Stor vækstrate på den restaurerede strækning det første år efter restaureringen

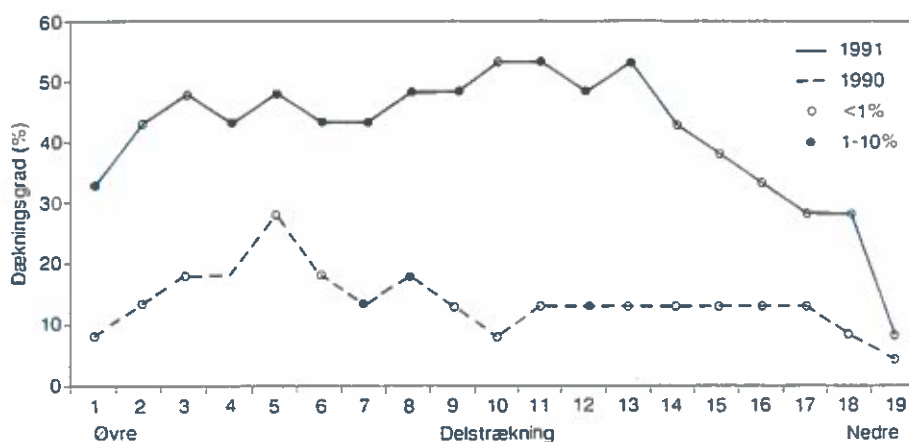
Vækstraten i gram plantetørstof pr. m² pr. dag, beregnet fra minimum biomasse til maximum biomasse, var i 1990 væsentlig større på den restaurerede strækning (0.008-0.016) end på referencestrækningen (0.002). Den lave vækstrate på referencestrækningen skyldes hovedsageligt en selvskygningseffekt, hvor der ved den meget store biomasse sker en nedsættelse af lystilgangen. Det store fald i plantebiomassen fra august til oktober 1990 på især den nedre del af den restaurerede strækning kan skyldes de meget store afstrømninger sidst i september, der, kombineret med et relativt større fald på denne strækning end de to øvrige, har forårsaget et stort fysisk slid på planterne.

Det andet år efter restaureringen opnås samme biomasse på den restaurerede strækning som på referencetrækningen

I den anden sommer efter restaureringen var både den maximale biomasse og planternes vækstforløb meget ens mellem den restaurerede strækning og referencetrækningen (figur 8.1). Vækstraten var således tilnærmelsesvis ens på den restaurerede strækning (0.019-0.020) og kun lidt lavere på referencetrækningen (0.014).

Før restaureringen var den gennemsnitlige samlede dækningsgrad af vandplanter i vandløbet 30-50% (tabel 8.1). En oversigt over dækningsgraden i den restaurerede ås 19 delstrækninger i maj 1990 og 1991 er vist i figur 8.2. Det ses, at niveauet fra før restaureringen generelt var nået i 1991. I både 1990, men især i 1991, var dækningsgraden relativt lav på de nederste ca. 400 m af den restaurerede strækning. Dette forhold er formentlig primært en effekt af de fysiske forhold på den nederste del af den restaurerede strækning, der her har et større fald og dermed meget større strømshastigheder end den opstrøms strækning (se kap. 5).

Figur 8.2 Vegetationens samlede dækningsgrad i åen på 19 delstrækninger (100 m) af den restaurerede strækning maj 1990 og 1991 samt forekomst af Krybhvene samme sted. 1: enkelte (<1% dækning), 2: fåtallig (1-10% dækning)



Forekomst af plantearter på den restaurerede strækning og udviklingen heri

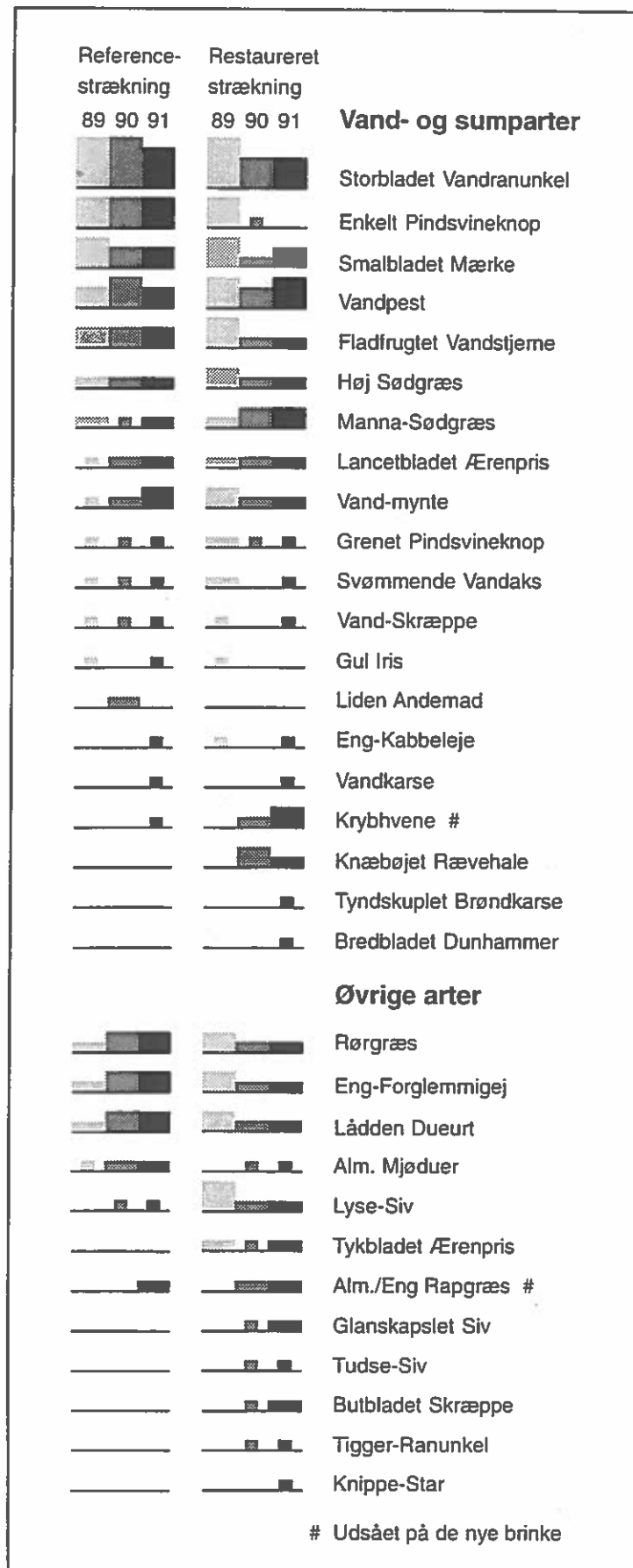
Plantearternes hyppighed ved kortlægningen af den restaurerede strækning og den opstrøms referencetrækning i maj 1989, 1990 og 1991 er nærmere beskrevet i (Sønderjyllands amt, 1989, 1990 og 1991). I tabel 8.1 er angivet antallet af fundne arter, fordelt på vandsumparter og øvrige arter, på henholdsvis den restaurerede strækning og referencetrækningen. Det ses, at der efter restaureringen i 1989 er sket en væsentlig forøgelse i antallet af arter på den restaurerede strækning, dog hovedsagelig af arter tilhørende landvegetationen og af arter, der er kendt for at forekomme hyppigt i frøbanken, og som fremspirer let på de midlertidigt vegetationsløse brinker, f.eks. Glanskapslet Siv, Tudse-Siv, Butblomstret Skræppe, Tigger Ranunkel og Knippe-Star (figur 8.3).

Tabel 8.1 Artsantal i Gelså af plantearter fordelt på vand- og sumparter og øvrige arter på referencetrækningen og den restaurerede strækning i maj 1989, 1990 og 1991

Art	Referencetrækning			Restaurerede strækning		
	1989	1990	1991	1989	1990	1991
Antal vand- og sumparter	13	13	16	14	12	18
Antal andre arter	4	5	6	5	11	12
Arter ialt	17	19	22	19	23	30
Vand- og sumparter/100 m	8,8	10,2	10,4	10,4	9	10
Vegetationsdækning i åen (%)	30-40	70-80	40-50	30-50	10-20	40-50



Figur 8.3 Oversigt over de enkelte plantearters gennemsnitlige hyppighed i Gelså på henholdsvis referencetrækningen og den restaurerede strækning i 1989, 1990 og 1991



Storblomstret vandranunkel dominerede før restaureringen

De enkelte arters gennemsnitlige forekomst på den restaurerede strækning og referencestrækningen i årene 1989, 1990 og 1991 er angivet med score i figur 8.3. Før restaureringen var Storblomstret Vandranunkel den dominerende art på begge strækninger. Arten dannede tætte øer på store dele af strækningerne. De næsthypigste arter var Enkelt Pindsvineknop og Smalbladet Mærke efterfulgt af Fladfrugtet Vandstjerne og Vandpest. Før restaureringen var referencestrækningen og den restaurerede strækning meget ens med hensyn til forekommende arter og dominansforhold. Kun Eng-Kabbeleje og Tykbladet Ærenpris forekom ikke på referencestrækningen.

Nye plantearter indvandrede på den restaurerede strækning

På referencestrækningen skete der ikke større ændringer i arternes indbyrdes dominansforhold i undersøgelsesperioden. På den restaurerede strækning gen fandtes i 1991 alle arter fra før restaureringen, bortset fra Gul Iris, mens der var kommet 12 nye til, hvoraf kun 3 fandtes på referencestrækningen (figur 8.3). De fleste af de nye arter indvandrede typisk på de nye skrånende, vinteroversvømmede flader. Flertallet af arterne forekom i de fugtige engområder langs den restaurerede strækning og kan være indvandret herfra (se kap. 9). Desuden indgik 2 af de forekommende arter (Alm./Eng Rapgræs og Kryb-Hvene) i græsblandingen, som blev udsået på brinkerne på de øverste halvdel af den restaurerede strækning. Kryb-Hvene var den hyppigst forekommende i åen af de to udsåede arter. Arten forekom i 1990 ens på hele strækningen, selvom den kun var udsået på den øverste halvdel (figur 8.2). I 1992 forekom den dog svagest på den nederste strækning (figur 8.2). Ingen af arterne udviste præferens for enkeltområder af vandløbet i 1989, og således var der ikke tegn på, at antallet af krydsninger med det gamle å-løb spillede nogen rolle for koloniseringen.

Enkelt Pindsvineknop blev reduceret i hyppighed efter restaureringen

To arter (Enkelt Pindsvineknop og Fladfrugtet Vandstjerne) forekom hyppigt før restaureringen, men efter kun i enkelte/få eksemplarer. Dette forhold kan skyldes, at vandformen af Enkelt Pindsvineknop almindeligvis er steril (Moeslund et al., 1990) og derfor spredes ved hjælp af udløbere, hvilket betyder, at den er længere tid om at kolonisere på nye strækninger. Enkelt Pindsvineknop begünstiges mest i hårdt vedligeholdte og kanaliserede vandløb, idet bladernes vækstzone sidder beskyttet i eller under sedimentoverfladen, og den har en meget hurtig vækst (Moeslund et al., 1990). I alt seks arter forekom mindre dominerende i det restaurerede vandløb. Udover de to nævnte arter var det Storblomstret Vandranunkel, Smalbladet Mærke, Vand-Mynte og Svømmende Vandaks (figur 8.3).

Dominansforholdet på den restaurerede strækning ændrede sig fra strømmende vands arter til græsser i de brednære zoner

Sammenlignet med forholdene i åen før restaureringen og med referencestrækningen blev dominansforholdet ændret fra urter, herunder især strømmende vands arter til græsser som Manna-Sødgræs, Kryb-Hvene og Knæbøjet Rævehale, der drager fordel af de nye vinteroversvømmede brinkzoner og lavere vandhastighed i åens brednære zone. En undtagelse herfra var Vandpest, der klarede sig fint i det nye åløb. Urter, der også vokser i sumpbiotoper, havde stort set uændret status.

Restaureringen introducerede en større artsdiversitet af planter ved etableringen af den brednære zone

På grund af det ændrede strømprofil giver det nye åløb vækstmulighed for såvel strømmende vands arter, som sumparter og arter, der normalt vokser mere tørt. De skrånende brinkflader danner således en gradvis overgang (ecotone) mellem det akvatiske og det terrestriske miljø.

8.2 Smådyr i åen

Formålet med overvågningen af smådyr i åen

Formålet med overvågningen af bunddyr på den restaurerede strækning og den opstrøms beliggende referencestrækning var dels, at følge indvandringen af smådyr til den restaurerede strækning dels, at undersøge om der ved restaureringen blev skabt levesteder for en mere talrig og artsrig fauna.

Antal arter og individer af smådyr på den restaurerede strækning og referencestrækninger var meget ens før restaureringen

Ved prøvetagningen af bunddyr i maj 1989, umiddelbart før restaureringen, blev det fundet at de to strækninger, dels den der skulle restaureres og dels den opstrøms beliggende referencestrækning, var meget ens med hensyn til smådyr, både når det drejer sig om antallet arter og antallet individer (figur 8.4). Smådyrsfaunaen var på begge strækninger domineret af ferskvandstangloppen *Gammarus pulex* (70% af faunaen) og døgnfluer af slægten *Baetis sp.* (10% af faunaen). En forureningsgradsbødmelse udfra smådyrene på begge strækningerne viste, at Gelså her kun er ret svagt forurenet (forureningsgrad II).

Allerede efter det første år efter restaureringen var der stor lighed i smådyrslivet mellem den restaurerede og referencestrækningen

I 1990 var der stadig stor lighed med hensyn til antal arter og antal individer mellem de to strækninger (figur 8.4). Det viser, at indvandringen af smådyr til den restaurerede strækning skete hurtigt. Som i 1989 var det ferskvandstanglopper og *Baetis sp.*, der dominerede på begge strækninger. På den restaurerede strækning udgjorde *Baetis sp.* 30% af smådyrsfaunaen og *Gammarus* udgjorde 10%, mens dominansforholdet mellem de to arter var uændret på referencestrækningen sammenlignet med 1989. Dette kan skyldes, at *Baetis sp.* bl.a. lever af at skrabe alger fra sten, og der blev netop efter restaureringen konstateret store algeforekomster, formentlig fordi der ikke var nogen vandplanter til at skygge algerne væk.

Antal arter og individer var dog lavere på den restaurerede strækning pga. lille vegetationsdækning og stor sedimenttransport

Der er dog en klar tendens til i 1990, at både antallet af arter og antallet af individer var lavere på den restaurerede strækning i forhold til referencestrækningen (figur 8.4). Dette forhold skyldes formentlig, at vegetationen endnu var dårligt udviklet på den restaurerede strækning (figur 8.1), samt at sten og grus var overljet med sand.

Vandplanter er et naturligt levested for mange smådyr, bl.a. ferskvandstangloppen. Smådyrene udnytter de lave strømhastigheder inde i vegetationspuden, og lever af skrabe alger af bladene eller af det organiske stof, der bliver fanget i puden. Enkelte smådyr kan desuden direkte spise nogle af de friske vandplanter. Sandoverlejring fylder hulrummene ud mellem sten og grus, og disse hulrum er vigtige levesteder for flere smådyr, fordi de her er beskyttet for strømmen, mens der samtidigt er iltrige forhold. Forureningsgraden blev i lighed med 1989 bestemt til at være II

på begge strækninger. Det underbygger ligeledes at smådyrsfaunaen hurtigt er indvandret efter gravearbejdet.

Tabel 8.2 De hyppigst forekommende smådyr på den restaurerede strækning og referencestrækningen i Gelså i 1991. Kriteriet for udvælgelsen af arter til tabellen er, at de på mindst én af strækningerne udgør mere end 1% af den totale smådyrsfauna

Art	Restaureret strækning		Referencestrækning	
	Antal	% af tot	Antal	% af tot
<i>Gammarus pulex</i> (ferskvandstangloppe)	6452	59,3	2977	50,1
<i>Baetis</i> sp. (døgnflue)	1765	16,2	844	13,8
<i>Polypedilum laetum</i> (dansemyg)	540	5,0	426	7,2
<i>Orthocladius</i> sp. (dansemyg)	87	0,8	503	8,5
<i>Simulium posticatum</i> (kvægmyg)	445	4,1	144	2,4
<i>Oreodytes sammarkii</i> (vandbille)	393	3,6	34	0,6
<i>Tubificidae</i> indet. (børsteorm)	25	0,2	333	5,6
<i>Hygrobates fluviatilis</i> (vandmide)	248	2,3	160	2,7
<i>Ancylus fluviatilis</i> (huesnegl)	133	1,2	22	0,4
Øvrige arter	788	7,3	498	8,7
Ialt	10876	100	5941	100

I det andet år efter restaureringen var der flere arter og individer på den restaurerede strækning end på referencestrækningen

Især skete der en stigning i forekomsten af ferskvandstanglopper pga. den etablerede brednære zone

I 1991 var der sket en tydelig forøgelse i både antallet af arter og i antallet af smådyr på den restaurerede strækning sammenlignet med referencestrækningen (figur 8.4). Denne forøgelse på den restaurerede strækning må tilskrives, at vandløbsbunden er blevet mere stabil, antallet af levesteder er øget og at bredzonen er blevet udvidet. Tabel 8.2 giver en oversigt over de hyppigst forekommende smådyr på de to strækninger i 1991.

Ferskvandstanglopper var stadig det mest forekommende smådyr på begge strækninger, og den procentuelle fordeling mellem de to strækninger er stort set den samme (tabel 8.2). Der blev imidlertid fundet langt flere individer på den restaurerede strækning, og 70 % af forskellen på det totale antal individer mellem de to strækninger kan alene forklares ud fra forskellen i antallet af tanglopper. Den øgede tæthed af tanglopper på den restaurerede stræk-

Figur 8.4 Antal individer af smådyr og antal smådyrsarter i Gelså bestemt henholdsvis på referencestrækningen og den restaurerede strækning i 1989, 1990 og 1991



ning skyldes formentlig især forøgelsen af bredzonens udstrækning. I den vegetationsrige bredzone vil der være lave strømhastigheder og store mængder dødt organisk materiale, såsom henfaldende plantedele, der er den væsentligste føde for tangloppe.

Flere individer af *Baetis* sp. på den restaurerede strækning end på referencestrækningen

Baetis sp. blev fundet i dobbelt så stort antal på den restaurerede strækning som på referencestrækningen i 1991, selvom den procentuelle fordeling var stort set identisk på de to strækninger. Det større individantal skyldes formentlig det større antal sten på restaurerede strækning, hvor *Baetis* sp. kan skrabe alger.

Smådyrsarter med stenrig bund som levested var hyppigere på den restaurerede strækning end på referencestrækningen

I tabel 8.2 ses desuden at to arter, vandkalven *Oreodytes sanmarkii* og huesneglen *Anchylus fluviatilis*, var langt mere hyppigt forekommende på den restaurerede strækning end på referencestrækningen. Dette skyldes, at begge arter har en stenrig bund som deres foretrukne levested.

Børsteorme forekom hyppigst på referencestrækningen

Tubificidae er børsteorme, der lever i blød og slammet bund, hvor de ernærer sig af organisk stof. De var langt hyppigere på referencestrækningen i 1991, og det hænger formentlig sammen med at bunden her er langt mere blød/slammet end den mere stenede/grusede bund på den restaurerede strækning.

På trods af øget artsantal har den restaurerede strækning samme forureningsgrad (II) som referencestrækningen i det 2. år efter restaureringen

På trods af det øgede artsantal har den restaurerede strækning og referencestrækningen stadig samme forureningsgrad, nemlig forureningsgrad II. Der blev alene på den restaurerede strækning i 1991 desuden fundet flere arter, der udpræget er knyttet til stenbund. Det var bl.a. døgnfluen *Heptagenia sulphurea* og vårfluen *Hydropsyche siltalai*.

Samlet må det med hensyn til smådyrene konkluderes, at restaureringen af Gelså tilsyneladende har medført, at både arts- og individantallet er blevet øget i forhold til da åen havde et regulert forløb. Indvandringen af smådyr efter selve restaureringsarbejdet er foregået hurtigt, og desuden tyder det på, at nye arter er begyndt at etablere sig.

Den primære årsag til dette er formentlig, at antallet af levesteder (vandløbets heterogenitet) er langt større i det restaurerede forløb sammenlignet med gamle regulerede forløb.

8.3 Fisk

Undersøgelser af fiskebestanden, især med henblik på forekomst af ørreder i Gelså

I afsnittet beskrives fiskebestanden på den restaurerede strækning, med fokus på restaureringens betydning for gydning og forekomst af ørredyngel. Et af formålene med restaureringen var netop at forbedre opgangsforholdene for laksefisk, samt via udlægning af gydegrus på vandløbsbunden, at forbedre mulighederne for ørreders gydning og dermed deres naturlige reproduktion.

Resultat af opfiskningen i forbindelse med åbning af det nye løb

I forbindelse med restaureringen i 1989 blev der gennemført en elbefiskning af det aflukkede åløb, hvorfra de fangede fisk blev udsat i det ny gravede, slyngede vandløb. Over en 660 m strækning blev der fanget 688 ørreder, 11 stillinger, 11 ål, 6 bæklampretter og 3 gedder. Alle de fangede bækorreder var under mindstemålet på 30 cm. Tætheden af ørred på strækningen, der blev restaureret, kan ud fra opfiskningen beregnes til 17 stk. pr. 100 m² vandløbsbund.

Ved elbefiskninger i foråret 1990 blev der ikke fanget ørredyngel på den restaurerede og referencestrækningen

Elbefiskninger af 100 m lange vandløbsstrækninger blev gennemført flere steder på den restaurerede strækning og på en opstrøms referencestrækning i foråret 1990 og 1991. I april 1990 blev der ikke fanget ørredyngel på de to delstrækninger af den restaurerede strækning, der blev elbefisket (tabel 8.3). Tilsvarende blev der heller ikke fanget ørredyngel på den opstrøms referencestrækning (tabel 8.3). Elbefiskningen viste også, at halvårs ørreder fra før restaureringen kun var svagt repræsenteret, mens der ikke blev fanget ældre ørreder. På referencestrækningen blev der også fanget forholdsvis få halvårs ørreder og bestanden af ældre ørreder var svagt repræsenteret (tabel 8.3).

I 1991 blev der fanget ørredyngel, især på den nedre del af den restaurerede Gelså, hvorimod der ingen blev fanget på referencestrækningen

I juni 1991 blev der på den nederste del af den restaurerede strækning (1500 m nedstrøms Bevtøft mølle) fanget 82 stk. ørredyngel, mens der på en strækning 200 m opstrøms blev fanget 30 stk. (tabel 8.3). Elbefiskning af en strækning ca. midtvejs på den restaurerede strækning (900 m nedstrøms Bevtøft mølle) gav derimod ingen ørredyngel og det samme var tilfældet på referencestrækningen. På de to nedre strækninger af den restaurerede Gelså blev der fanget henholdsvis 14 og 20 stk. halvårs ørreder, mens ældre aldersgrupper kun var svagt repræsenteret (tabel 8.3). På strækningen ca. midtvejs på den restaurerede Gelså blev der kun fanget en halvårs ørred og ingen ældre, mens der på referencestrækningen kun blev fanget 3 halvårs ørreder og 5 ældre, samt to stillinger på 35 og 36 cm.

I 1992 blev der konstateret reproduktion af stalling på den restaurerede strækning

I januar 1992 blev en ca. 40 m lang strækning nedstrøms gangbroen på den restaurerede Gelså elbefisket. Ialt blev der fanget 65 ørred, 5 stilling og 1 ål. De 5 stillinger havde en længde på 14-15 cm, hvorfor der er tale om fisk fra 1991 klægget ved naturlig reproduktion, idet der ikke er udsat stalling i Gelså siden 1988.

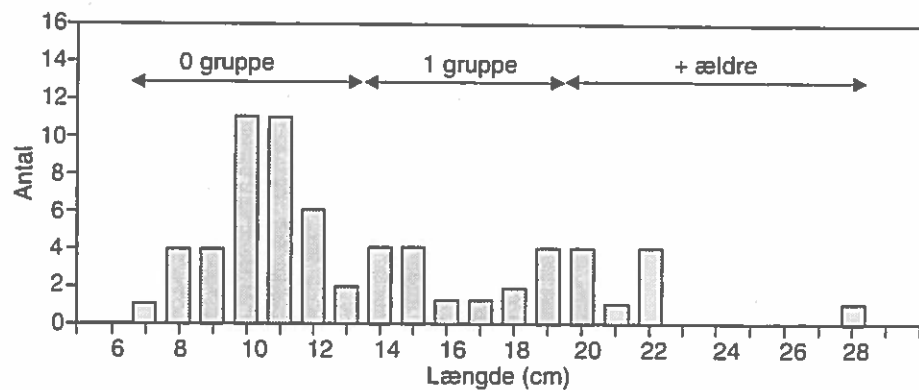
reproduktion, idet der ikke er udsat stalling i Gelså siden 1988. Størrelses- og aldersfordelingen af ørred fremgår af figur 8.5. Gelså er på den nedre del af det restaurerede forløb velbesat med halvårs og halvandenårs ørreder klægget efter restaureringen, mens ældre aldersgrupper fra før restaureringens gennemførelse kun er svagt repræsenteret.

Tabel 8.3 Resultater af elbefiskninger i foråret 1990 (A) og 1991 (B) på en 100 m delstrækning af referencetrækningen og flere 100 m delstrækninger af den restaurerede strækning. Antallet af fangne ørreder er opgjort på aldersgrupper efter året de stammer fra.

A	Resultat af elbefiskninger		
	1990	1989	Ældre
April 1990			
Reference	0	34	7
Restaureret (st. 700)	0	19	0
Restaureret (st. 900)	0	24	0

B	1991	1990	Ældre
Juni 1991			
Reference	0	3	5
Restaureret (st. 900)	0	1	0
Restaureret (st. 1300)	30	20	12
Restaureret (st. 1500)	82	14	3

Figur 8.5 Resultatet af elbefiskningen af den 50 m delstrækning i Gelså på den nedre del af den restaurerede strækning i januar 1991



Den store sedimenttransport i den første vinter efter restaureringen påvirkede gydemulighederne

Resultaterne af de gennemførte elbefiskninger i Gelså viser, at der den første vinter og forår efter restaureringens gennemførelse ikke er konstateret gydning og forekomst af ørredyngel på den restaurerede strækning. Dette skyldes formentlig den store mobilisering, omlejring og transport af sediment, der blev konstateret i åen i den første vinterperiode. Således var det udlagte gydegrus alle steder dækket af sand.

I det andet år blev der konstateret stor gydeaktivitet på den nedre del af det restaurerede løb

Dårlige gydeforhold på den udrettede og kanaliserede opstrøms referencetrækning

I den anden vinter og forår efter restaureringens gennemførelse blev der derimod fanget et stort antal ørredyngel på den nedre del af den restaurerede Gelså. På denne del af åen var det udlagte gydegrus synligt og dermed frit for overlejret sand på store dele af vandløbsbunden. Derimod var vandløbsbunden stadig sandet fra ca. midt på den restaurerede strækning og opstrøms, og her blev der da heller ikke konstateret ørredyngel ved elbefiskningen.

På den opstrøms referencetrækning, som blev elbefisket som kontrol, blev der hverken i foråret 1990 eller 1991 konstateret forekomst af ørredyngel. I forhold til referencetrækningen ser den nedre del af den restaurerede Gelså strækning allerede 2 år efter indgrebet ud til at være forbedret i forhold til før restaureringsindgrebet, som gyde- og yngelopvækstområde for laksefisk.

De gennemførte elbefiskninger af den restaurerede Gelså viser også, at der i en periode efter indgrebet er dårlige leveforhold for fisk, idet bestanden af ældre fisk er meget lille i det første år efter restaureringen. Dette hænger formentlig sammen med de ustabile bundforhold og den store sedimenttransport, samt dårlige skjulemuligheder pga. få vandplanter og endnu ingen forekomst af underskårne brinker. Derimod er der allerede etableret en ørredbestand det andet år efter restaureringsindgrebet, som mindst er på samme niveau, som i det regulerede løb før restaureringen.

9 Restaureringens betydning for brink- og ådalsvegetationen

9.1 Indvandring og etablering af vegetation på åbrinkerne i relation til forskellige behandlinger

Tilsåning af brinker efter gravning af nyt vandløb

De nyetablerede åbrinker, som blev anlagt i forbindelse med restaureringen, fik forskellig behandling mht. tilsåning på fire delstrækninger af åløbet. Således blev der på respektive delstrækninger i retning nedstrøms fra Bevtøft mølle (se figur 3.2) udsået en græsblanding (0-500 m), en blanding af græs og rug (500-1000 m), samt rug (1000-1400 m). Den nederste strækning (1400-1850 m) blev efterladt ubehandlet (reference). Udsåningernes sammensætning er givet i tabel 9.1.

Tabel 9.1 Sammensætning af græsblanding udsået på de nye åbrinker efter restaureringen af Gelså, ved Bevtøft.

	% frø	Mængde ved 10 kg frø (kg)
Alm. Rapgræs	15	1,1
Engrapgræs	15	1,6
Rød Svingel	10	4,5
Engrottehale	10	1,4
Krybhvene	50	1,4

Overvågning af indvandring af planter på brinker og deres erosionsdæmpende effekt

Hovedformålet var at undersøge den erosions-dæmpende effekt af de forskellige behandlinger. Samtidig gav disse behandlinger mulighed for at undersøge, om udsåningen havde en effekt på indvandringen af den naturlige vegetation på åbrinkerne. Således kunne det tænkes, at en udsåning ville hæmme, respektive forstærke, etableringsmulighederne for specifikke artsgrupper af engvegetationen.

Opdeling i artsgrupper

Ved bearbejdning af resultaterne er inddelingen i artsgrupper den samme som under vegetationskortlægningen (se afsnit 9.2), bortset fra at tørbundsarter (D) og ruderatplanter (R) af praktiske grunde er slået sammen til DR-gruppen.

Tabel 9.2 Vegetationsdækningen i permanente kvadrater i relation til behandling. Analyse foretaget d. 8/8-1990 og d. 22/8-1991. Dækningen er angivet som gns. %-dækning. Bortroderet eller vanddækket areal ikke medtaget.

	Ubehandlet	Rug	Græs	Rug og græs
1990	34,3	55,8	56,5	57,5
1991	75,0	77,8	82,3	92,8

Vegetationsdækningen ens andet år

Ændringen af vegetationsdækningen fra 1990-91 ved de forskellige behandlinger ses i tabel 9.2. Der er ingen væsentlig forskel i dækningsgrad mellem de tre typer udsæd i 1990, hvorimod de ubehandlede referencefelter har ca. 20 procentpoint mindre vege-

tationsdækning. Denne forskel er til dels udjævnet i 1992, hvor ubehandlet og brinker behandlet med rug har omtrent samme dækningsgrad, mens græs og især rug + græs er væsentlig højere.

Forekomst af plantearter før og efter restaureringen

Forekomsten af plantearter fordelt på forskellige artsgrupper er vist i tabel 9.3. Det ses, at der samlet har været en kraftig stigning i forekomst mellem 1990-91 for de ubehandlede brinker og brinker tilsået med rug, mens der tilsvarende for brinker tilsået med græs og rug + græs kun kan konstateres en mindre ændring. For specifikke artsgrupper ses det, at tørbundsarter generelt er reduceret mellem de to år, hvorimod vådbundsarterne udviser en stigning. Det ses, at tørbundsgræsserne har betydeligt sværere ved at indvandre end vådbundsgræsser på de ubehandlede og de rug-tilsåede brinker. Brinker, hvor der er størst forekomst af vådbundsarter i 1991, er dem der er tilsået med rug efterfulgt af dem der er tilsået med rug + græs.

Tabel 9.3 Forekomsten af udsåede og indvandrede artsgrupper i permanente kvadrater i relation til behandling. Analyser foretaget d. 7/8-1990 og d. 22/8-1991. Forekomsten er angivet som den gns. frekvenssum pr. kvadrat.

Arts-gruppe	Behandling							
	Ubehandlet		Rug		Græs		Rug og græs	
	1990	1991	1990	1991	1990	1991	1990	1991
WG	53,5	128,1	54,0	114,5	133,0	146,0	165,5	171,5
W	53,5	51,9	75,0	96,0	30,0	49,5	48,5	73,0
DG	15,5	15,0	32,5	15,0	92,5	66,0	49,5	30,0
DR	17,5	4,4	31,5	11,0	19,5	15,0	17,0	12,5
Ialt	140,0	199,4	193,0	236,5	275,0	276,5	280,5	287,0

Ændringer i artsantallet efter restaureringen

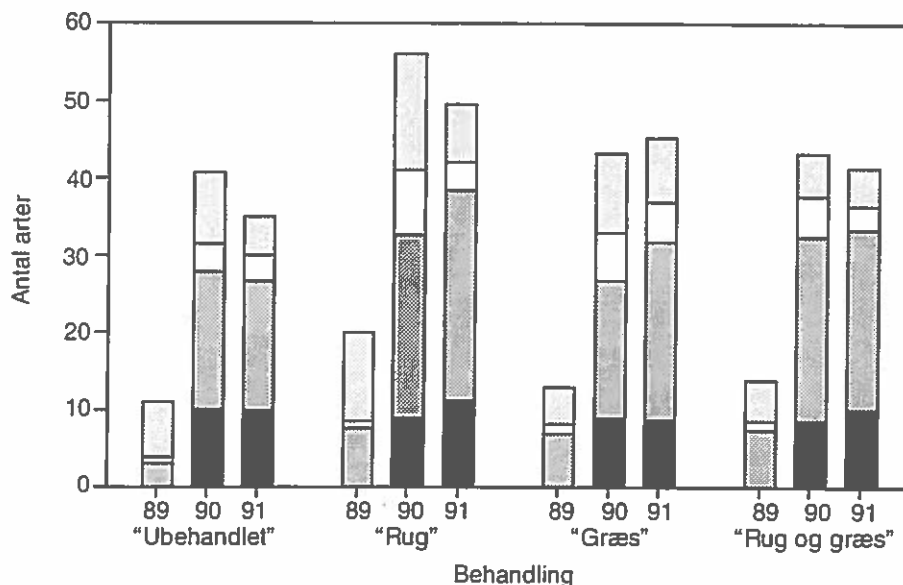
Ændringerne i artsantallet for de forskellige artsgrupper i relation til behandling er vist i figur 9.1. Det ses, at artsantallet generelt er steget kraftigt fra 1989-90, hvorefter det falder for de ubehandlede brinker og brinker tilsået med rug fra 1990-91, men er nogenlunde stabilt for brinker tilsået med græs og rug + græs. Det største artsantal i 1991 har brinkerne tilsået med rug med 49 arter, det mindste har de ubehandlede brinker med 35 arter. Af analysetekniske grunde er vådbundsgræsser dårligt repræsenterede i tallene fra 1989, hvilket delvist forklarer, at de her mangler helt. Af vådbundsarter var der i 1991 flest i brinker tilsået med rug, i alt 27 arter, mens brinker tilsået med græs og rug + græs begge havde 22 arter, og de ubehandlede brinker kun havde ialt 16 arter. For alle behandlinger gælder, at gruppen af tørbundsarter og ruderatplanter er faldet i artsantal fra 1990-91. Der er en generel tendens til at antallet af vådbundsarter stiger, mens antallet af tørbundsarter falder fra 1990-91.

Størst brinkerrosion i ubehandlede og rug-tilsåede felter

Det ses i tabel 9.4, at den samlede erosion af åbrinken i de faste forsøgsfelter i 1991 har været af betydelig omfang i de ubehandlede og med rug tilsåede brinker, men ret lille i de græstilsåede felter.

Figur 9.1 Ændringer i artsantallet for forskellige vådbundsarter (W og WG) og tørbundsarter (DG og DR) i relation til behandling af åbrinkerne i Gelså ved Bevtoft i perioden 1989-91.

Andre+ ruderat, tørbund (DR)
 Græsser, tørbund (DG)
 Andre, vådbund (W)
 Græsser, vådbund (WG)



Tabel 9.4 Erosion af åbrinken i permanente kvadrater i relation til behandling. Analyser foretaget d. 8/8-1990 og d. 22/8-1991. Erosion angivet som gns. procentdel borteroderet åbrink i de permanente felter

	Behandling			
	Ubehandlet	Rug	Græs	Rug og græs
1990	0,5	14,8	2,5	4,3
1991	34,0	21,0	7,5	8,8

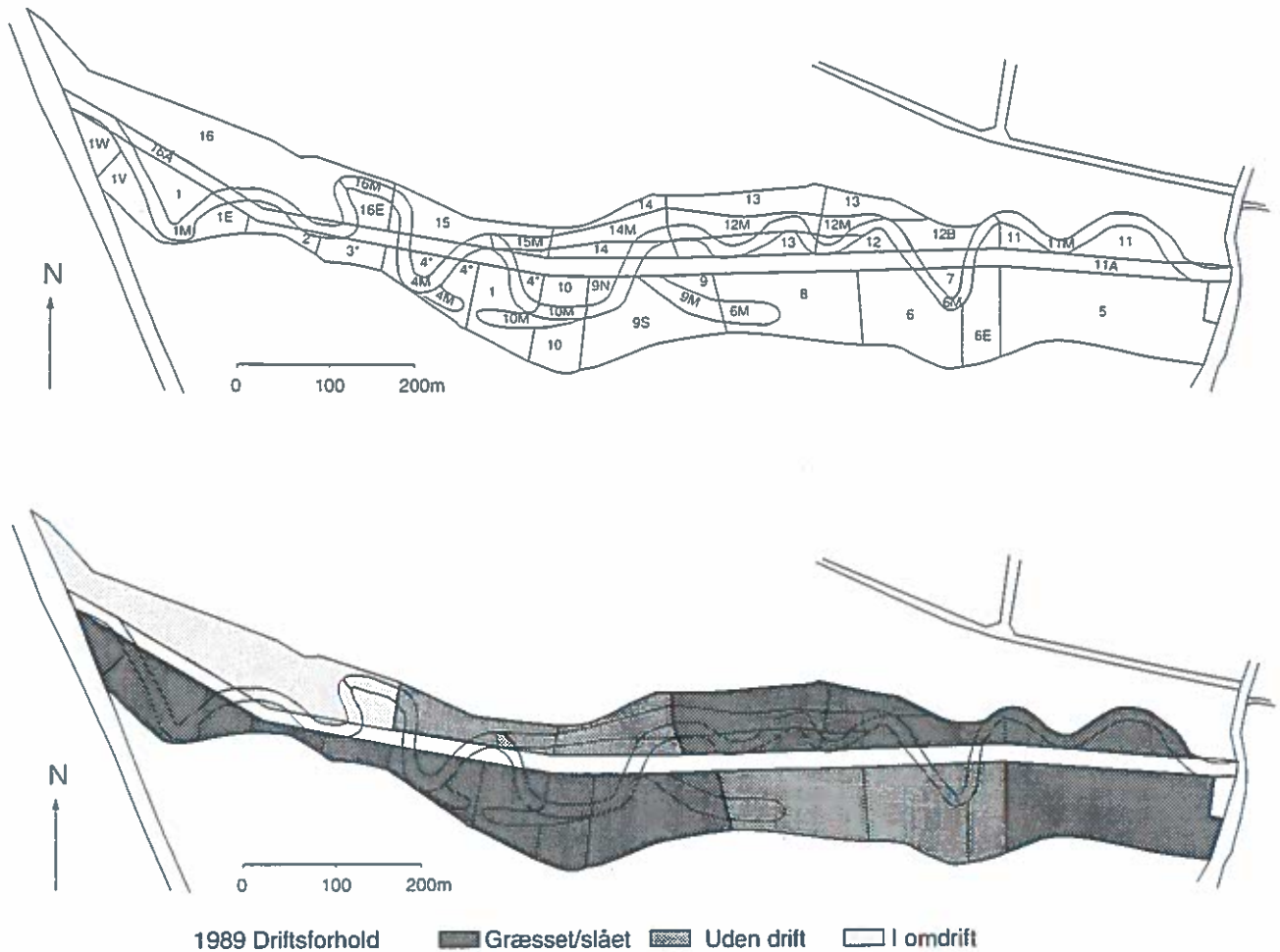
Forslag til bedre undersøgelsesmetodik

Forskelle mellem områdernes frøpulje og spredningspotentiale fra omgivende eng-vegetation gør, at behandlingseffekten bliver vanskeligere at tolke. Det var således uheldigt, at reference-strækningen (ubehandlet) blev lagt i det område, som oprindeligt havde den mindst typiske ådalsvegetation. Den nordlige åbrink i dette område grænsede direkte op til et dyrket markareal. En bedre metode til sammenligning af behandlinger havde været at benytte 4 gentagelser af hver behandling, med 4 forskellige behandlingstyper for hvert område. Dette ville have formindsket effekten af den omgivende vegetation, og givet et mere ensartet datamateriale. Endvidere havde det været ønskeligt, at der var foretaget vegetationsanalyser med samme metodik af de gamle åbrinkerne inden restaureringen. Dette ville have givet flere muligheder for sammenlignende konklusioner.

Opdeling af ådalen i 26 delområder (afdelinger) efter driften i karteringen af vegetationen

9.2 Driftsmæssige ændringer i ådalen

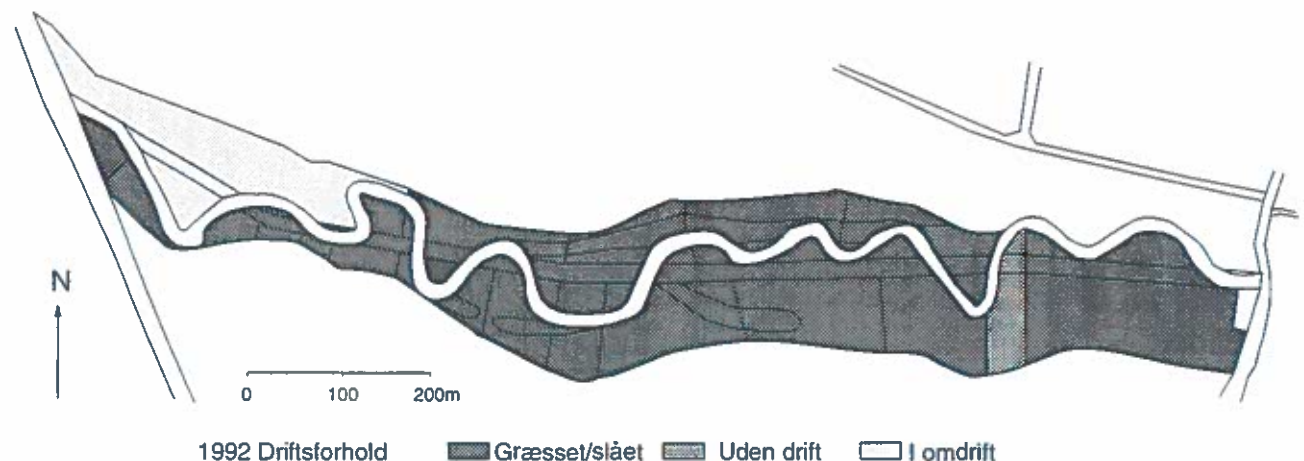
Ved kartering af vegetation før restaureringen, blev ådalen opdelt i 26 afdelinger, der hver repræsenterede en homogen vegetationsflade (figur 9.2). Afgrænsningen af afdelingerne fulgte ofte matrikelskel og dermed driften. Dette afspejlede, at den driftsmæssige anvendelse af engarealer generelt har stor betydning for, hvilket successionsstadium vegetationen befinder sig på. Gamle meandre og trykvandspåvirkede områder, hvor fugtighedsforholdene betingede en vegetation, der afveg væsentligt fra den øvrige del af matriklen, blev karteret separat, hvis området var af en vis størrelse. Tre afdelinger kunne ikke karteres, da de var hårdt afgræssede.



Figur 9.2 Ådalen, inddelt i 26 afdelinger i forbindelse med karteringen i august 1989, dvs. før restaureringen (øverst). Driftsmæssig status på karteringstidspunktet (nederst).

Ændringer i den landbrugsmæssige drift i ådalen

Den landbrugsmæssige drift af afdelingerne i 1989 og 1992 fremgår af figur 9.2 og 9.3, hvor driften er blevet inddelt i tre kategorier: i omdrift, afgræsning/slåning og uden drift. Afgræsning blev primært foretaget med kreaturer. Det ses, at det samlede areal i omdrift ikke er blevet ændret, idet et område, der blev græsset i 1989, er blevet pløjet op og et areal, der tidligere var i omdrift, er blevet udlagt til græsning. Flere afdelinger, der før var uden drift, er efter restaureringen blevet inddraget til græsning.



Figur 9.3 Driftsmæssig status i ådalen ved karteringen i august 1992.

Større kreaturgræsning efter restaureringen

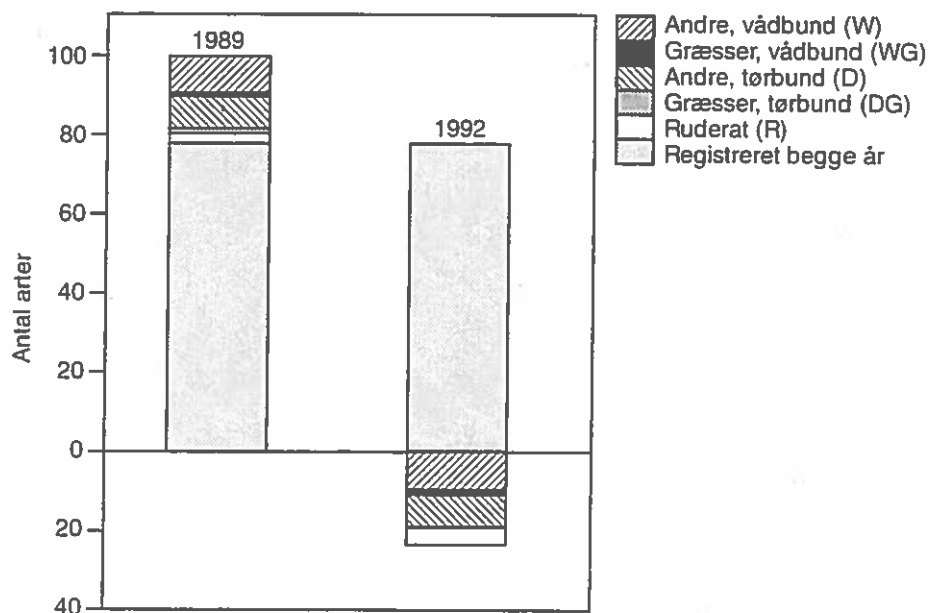
Samlet har å-genopretningsprojektet bidraget til en større udbredelse af kreaturgræsning i ådalen. Kreaturgræsning vides at have en positiv indflydelse på plante- og dyrelivet i ådale, hvis den udføres efter naturhensyntagende retningslinjer.

9.3 Ændringer i planternes forekomst i ådalens eng- og omdriftsarealer

Registreret 100 plantearter i ådalen i 1989 før restaureringen og 102 arter efter restaureringen i 1992

Ved karteringen af ådalen blev der i alt registreret 100 arter i 1989 og 102 arter i 1992 (figur 9.4). Ved databearbejdningen er arterne blevet opdelt i græsser (WG) og andre arter (W) fra vådbunds-samfund, græsser (DG) og andre arter (D) fra tørbundssamfund samt enårige ruderatarter (R). Opdeling af arter er foretaget på grundlag af oplysninger i Ellenberg (1979), Hald & Petersen (1983a og 1983b), Londo (1988), Mikkelsen (1976) og Petersen (1989).

Figur 9.4 Antal arter registreret ved karteringen af ådalen i 1989 (før restaureringen) og i 1992, fordelt på genfundne arter og arter, der kun blev registreret i 1989 eller 1992 (W, WG, D, DG, R).



Registrering af Høj Sødgræs som indikator for fremsivende vand i ådalen og ændringer i dens forekomst

Høj Sødgræs er én af de plantearter, der indikerer fremsivende vand. Arten er følsom over for hård græsning, hvorfor den kun kan anvendes som en positiv indikator. Ud fra tilstedeværelsen af Høj Sødgræs i 1989 blev 8 afdelinger bedømt som værende påvirket af fremsivende vand (tabel 9.5). Ud fra de øvrige arters tilstedeværelse vurderes det, at 7 afdelinger især var trykvandspåvirket (4M, 10M, 12M, 1M, 8, 16M og 6M). I 1992 blev Høj Sødgræs genfundet i de 6 afdelinger. Desuden blev arten fundet i 4 afdelinger, hvoraf kun en afdeling (14M) ikke grænsede op til en afdeling, hvor arten blev fundet i 1989.

Som det ses, blev Høj Sødgræs i 1992 fundet i flere afdelinger og i større mængde end i 1989, hvilket tyder på et generelt højere vandtryk i ådalen efter restaureringen.

Tabel 9.5 Forekomst af Høj Sødgræs i ådalsafdelinger i sommeren 1989 og 1992 angivet med en score fra 1 til 3, hvor 3 er stor forekomst.

-: Ej registreret. •: Afdeling ændret til vandløb

Afdeling	1989	1992
1M	1	2
4M	1	2
6M	1	2
10M	1	2
12M	1	1
14M	-	1
15M	1	•
16M	3	•
6	-	2
8	1	1
10	-	1
12	-	1

I alt 24 nye plantearter blev registreret i 1992, heraf 10 vådbundsarter

Samlet blev der registreret 124 plantearter ved de to karteringer. Heraf blev 78 registreret begge gange (figur 9.4). I alt 24 arter var nye fund i 1992, heraf 10 vådbundsarter: Krybende Hestegræs, Rød-El, Kær-Dueurt*, Sump-Evighedsblomst, Vand-Røllike*, Tråd-Siv*, Bidende Ranunkel, Grå-Pil, Lancetbladet Ærenpris og Tykbladet Ærenpris. De 3 arter, mærket med *, var nye fund for lokaliteten, dvs. de blev ikke registreret i 1989 og heller ikke ved karteringen af åbrinkerne i 1992.

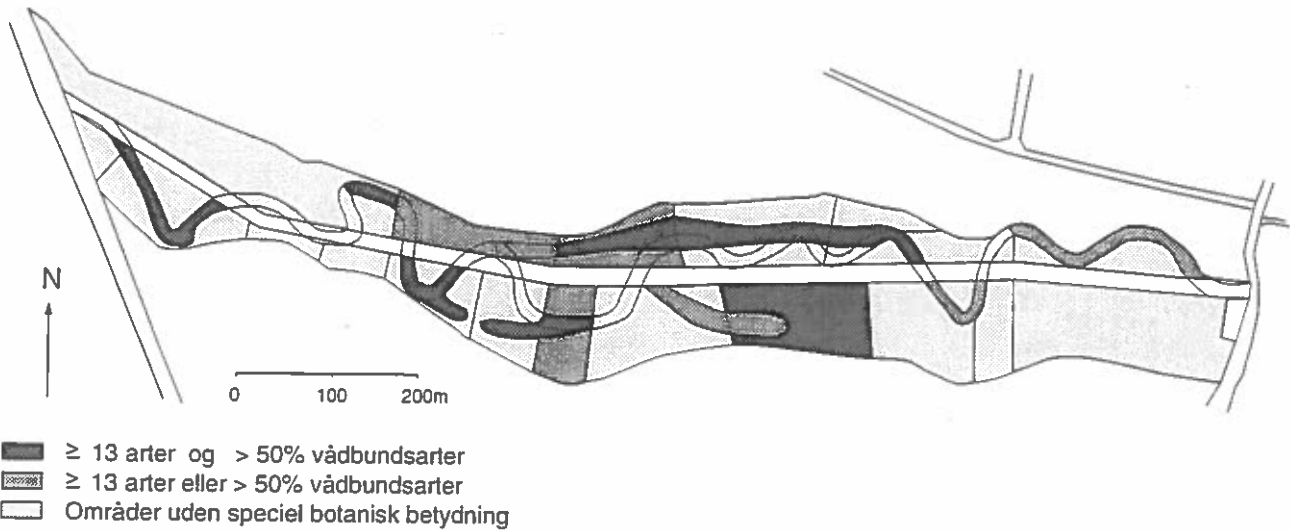
I alt 22 arter blev ikke genfundet i 1992, heraf 11 vådbundsarter

I alt 22 arter blev ikke genfundet ved karteringen i 1992 (figur 9.4). Heraf var 11 vådbundsarter: Eng-Svingel, Angelik, Alm. Mjødurt, Vinget Perikon, Pengebladet Fredløs, Sump-Forglemmigej*, Vand-Klaseskærm*, Stor Skjaller, Vand-Skræppe, Skov-Kogleaks og Kær-Fladstjerne. Disse 11 vådbundsarter blev bortset fra de to, der er mærket med *, fundet ved karteringen af åbrinkerne i 1992 - mest sandsynlig i forbindelse med at deres tidligere voksested var blevet ændret til åbrink. De to arter, Sump-Forglemmigej og Vand-Klaseskærm, der ikke blev genfundet på lokaliteten i 1992, blev før restaureringen registreret i gamle meandre, som blev bortgravet til det nye åløb.

Opgravning af gamle slyngninger (meandre) i forbindelse med restaureringen

Ved restaureringen blev i alt 7 afdelinger (gamle meandre) helt eller delvist opgravet (figur 9.5). Flertallet af disse afdelinger havde i 1989 både flere arter i alt og især flere vådbundsarter end gennemsnittet for de karterede afdelinger (figur 9.6).

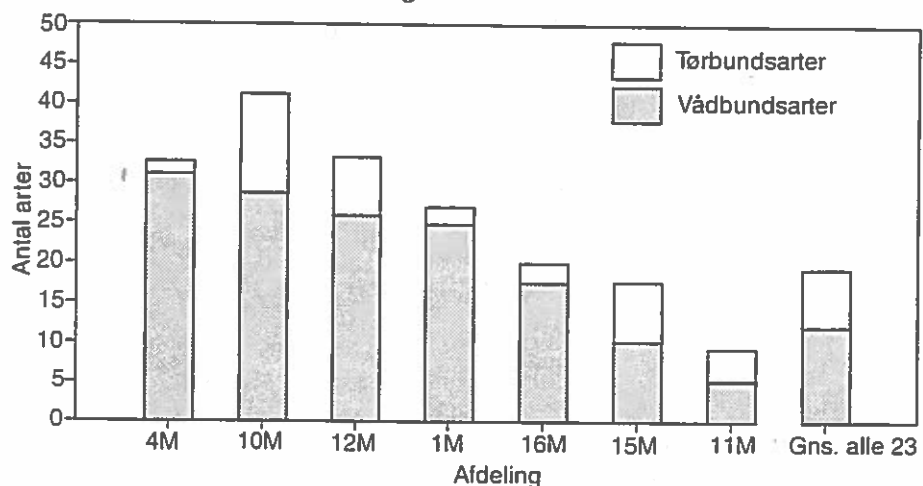
Arter, der kun blev registreret i de helt eller delvist opgravede afdelinger, udgjordes alene af vådbundsarter. I alt 32 vådbundsarter havde således deres eneste forekomst i 1989 i de afdelinger, der blev bortgravet, heraf forekom 6 arter kun i de totalt opgravede afdelinger. Det var Vejbred-Skeblad, Tigger-Ranunkel, Tudse-Siv, Angelik, Skov-Kogleaks og Vand-Skræppe. De tre førstnævnte er enårige sumpplanter med stabil frøbank og blev i 1992



Figur 9.5 Resultatet af karteringen af ådalen i august 1989, dvs. før restaureringen. Afdelingerne er inddelt i tre kategorier i relation til forekomsten af vådbundsarter (W eller WG).

fundet i andre afdelinger samt på å-brinkerne. De tre sidstnævnte arter blev kun fundet på de nye åbrinker i 1992 - mest sandsynlig i forbindelse med deres tidligere voksested.

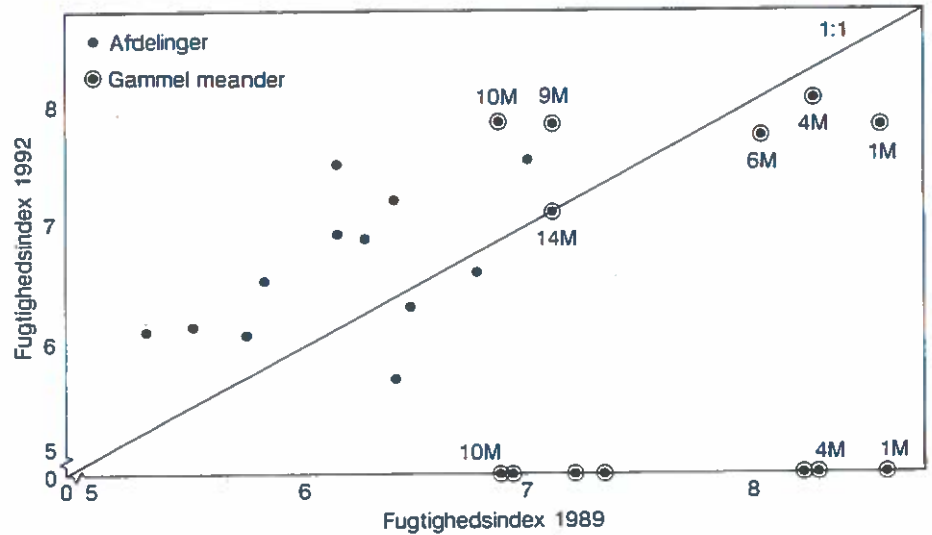
Figur 9.6 Antal arter i 1989 i de 7 afdelinger, der blev helt eller delvist bortgravet for at give plads til det nye åløb, fordelt på vådbundsarter (W og WG) og tørbundsarter (R, D og DG). Resultaterne er sammenlignet med gennemsnit for de 23 afdelinger, der blev karteret i 1989.



Fugtighedsindeks for 1989 og 1992 (Ellenberg)

Ved at anvende Ellenbergs fugtighedsværdi for de enkelte arter (jvf. Hald og Petersen 1992) og vægte disse værdier i forhold til arternes forekomst i de enkelte afdelinger, er et fugtighedsindeks for 1989 og 1992 udregnet. Under forudsætning af, at de klimatiske forhold har været uændret i perioden, kan man således få et udtryk for ændringer i fugtighedsforholdene. De i 1989 mest fugtige afdelinger er enten blevet til nyt å-løb eller de er blevet mere tørre, mens de tørreste afdelinger i 1989 er blevet fugtigere (figur 9.7). Hvis der i det følgende ses bort fra to afdelinger (6M og 14M), som har ændret driftsform fra 1989 til 1992 (jvf. figur 9.2 og 9.3), er specielt resterne af to afdelinger (1M og 4M), som var blandt de trykvandspåvirkede afdelinger, blevet tørrere. To afdelinger (9M og resterne af afdeling 10M) er blevet fugtigere. Forskellen i reaktion på å-genopretningsprojektet i de tidligere meandre kan skyldes, at afdræningsforholdene i de tre delvist bortgravede afdelinger har været forskellig. Resterne af afdeling 10M havde således ikke direkte overfladisk afløb til åen, mens resterne af afdeling 1M og 4M afdrænedes direkte til åen.

Figur 9.7 Fugtighedsindeks (vægtet Ellenberg fugtighedsværdi for karteringsdata) for afdelingerne ved karteringen i 1992 som funktion af indeks i 1989. Afdelinger (1M, 4M og 10M), der er beliggende i det indrammede felt på y-aksen, blev helt eller delvist bortgravet for at give plads til det nye åløb. Numrene er afdelingsnumre.



Effekt af øget næringsstoftilførsel er ikke vurderet

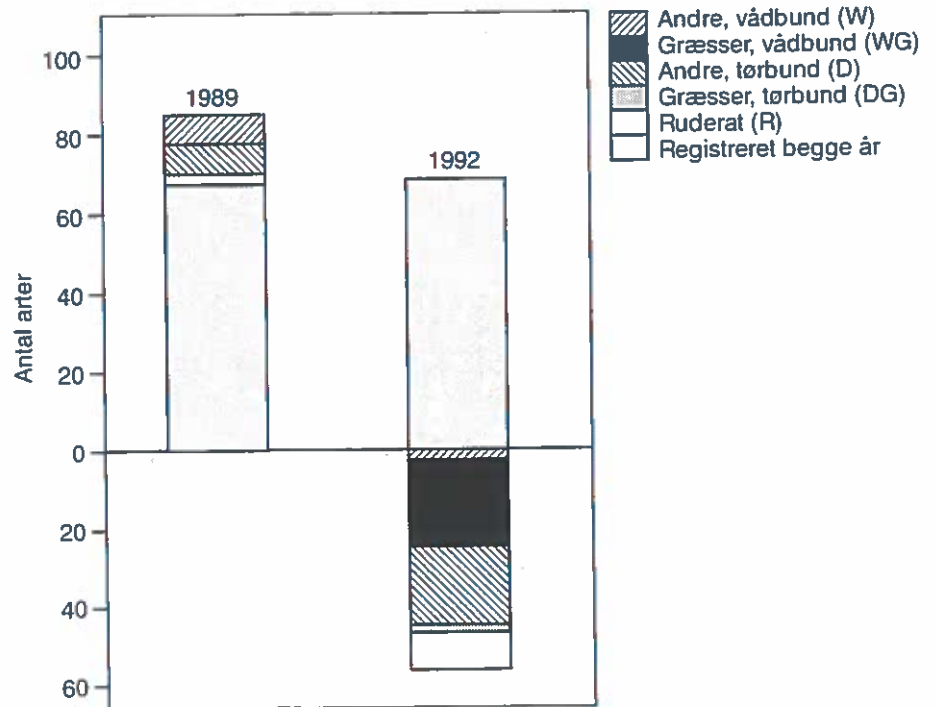
Konsekvenserne for engarealernes vegetation af den forøgede P og N tilførsel, der sker som følge af den øgede hyppighed af oversvømmelser, er ikke vurderet i dette projekt.

9.4 En sammenligning af planternes forekomst på de gamle og nye åbrinker

Før restaureringen i 1989 blev der registreret 85 plantearter på åbrinkerne og i 1992 122 arter

Samlet blev der ved karteringen af de gamle åbrinker i 1989 og af de nye i 1992 registreret 139 arter, hvoraf 68 arter var fælles for de to karteringer (figur 9.8). Ved karteringen i 1989 blev der i alt registreret 85 arter. I 1992 blev der ved en tilsvarende kartering registreret 122 arter. De nye åbrinker havde således et større artsantal end de gamle brinker. Dette gjaldt både vådbundsarter og tørbundsarter.

Figur 9.8 Antal arter registreret ved karteringen af de gamle åbrinker i 1989 og ved kartering af de nye åbrinker i 1992, fordelt på arter, der blev registreret til begge tidspunkter og arter, der var nyregistrerede i 1992.



Syv nye vådbundsarter blev registreret på brinkerne i 1992

I alt 20 af arterne på de nye åbrinker var nyregistreringer på lokaliteten som helhed, heraf var 7 vådbundsarter: Vorte-Birk, Dun-Birk, Gærde-Snerle, Ager-Padderok, Vandnavle, Vand-Pileurt og Følfod.

Ved restaureringen af Gelså blev brinkzonen ikke mere fugtig

Af de 17 arter, som ikke blev genfundet i 1992 på åbrinkerne, var 9 vådbundsarter. Af disse var 8 arter helt betinget af deres voksested langs det gamle å-forløb, dvs. de blev ikke registreret på engene hverken i 1989 eller i 1992. De otte arter var Udspærret Vinterkarse, Eng-Kabbeleje*, Alm. Mangeløv, Dunet Dueurt, Eng-Nellikerod, Tyndskulpet Brøndkarse*, Kær-Svovlrød og Vand-Peberrod. De med * mærket arter, blev dog registreret i 1991 ved gennemgang af vegetation i åen (jf. afsnit 8.1).

En udregning af det vægtede Ellenberg fugtighedsindeks for åbrinkvegetationen giver for 1989 og 1992 et indeks på henholdsvis 7,3 og 6,9. Dette viser, at den samlede vegetations fugtighedspræg på åbrinkerne efter restaureringen var blevet mere tør.

Ingen effekt af udsåningen på fordeling og antallet af arter på brinker

Med den anvendte karteringsmetode kunne der i 1992 ikke konstateres nogen effekt af udsåningen af rug og græsblandinger på fordelingen af arter og mængden af arter, bortset fra, at der var en tendens til at de mere sporadisk optrædende arter var mest hyppige, hvor der havde været udsået. Denne forskel var betinget af forekomsten af sporadisk optrædende vådbundsarter. Det er umuligt at fastslå, om denne forskel skyldes udsåning, eller om der snarere er tale om en effekt af de konstaterede jordbunds-mæssige forskelle. Dertil kommer, at hævnningen af vandstanden i åen var mindre - til slet ikke forekommende - i den nedre del af åløbet, dvs. sammenfaldende med den ubehandlede delstrækning.

Større udnyttelig halvfugtig brinkzone efter restaureringen

Å-restaureringsprojektet har som følge af de skrånende vinteroversvømmede brinkflader resulteret i en for planterne større udnyttelig fugtighedsgradient end de gamle brinker. Sidstnævnte havde pga. udskridning ofte vegetationsløse områder på gradienten fra det meget våde til det meget tørre, hvorfor plantearter tilhørende halvfugtige biotoper kun havde ringe etableringsmuligheder. Dette kan være baggrunden for den øgede artsrigdom på de nye åbrinker.

Hurtig etablering af brinkvegetation efter restaureringen

Resultaterne fra de permanente kvadrater (jf. afsnit 8.1) viste, at de nye brinkflader fik etableret en næsten dækkende vegetation inden for to år. De fleste af de arter, der må betegnes som tilhørende brinkbiotopen, genindfandt sig inden for tre år, dvs. en relativt kort tidshorizont.

Den hurtige etablering af vegetation på brinker skyldes formentlig, at der var en frøbank til stede på grund af ekstensiv landbrugsmæssig udnyttelse af de ånære arealer

Om en så hurtig retablering med en karakteristisk brinkflora også vil indtræde, hvis restaureringen foretages, hvor jorden har været i landbrugsmæssig omdrift i flere år, og hvor der af den grund kun vil være få vådbundsarter tilstede i frøbanken, er meget tvivlsomt. Her vil en mere ruderat-agtig vegetation være at forvente, og etableringen med vådbundsarter må bero på spredning af frø med vandet. Restaureringens tidshorizont vil derfor være længere.



10 Konklusion og anbefalinger

Indledning

Nedenfor gives hovedkonklusionerne af overvågningen af Gelså restaureringen, mens detailkonklusioner findes i sammenfatningen. Desuden anføres de anbefalinger vedrørende selve etableringsfasen, som vi har lært af projektet, samt anvisninger der kan bruges til at forbedre overvågningen af kommende restaureringsprojekter.

10.1 Konklusion

Restaureringen af Gelså ved Bevtøft var en succes

Restaureringen af Gelså ved Bevtøft har været en succes, hvad angår såvel den praktiske tilbageføring af en tidligere lige og kanalagtig vandløbsstrækning til et nyt slynget forløb, som indvandringen af dyr og planter og forbedring af de økologiske forhold i åen. Hertil kommer, at genskabelse af den hydrologiske kontakt mellem åen og dens omgivende arealer, ved hævnning af vandløbsbund og nedsættelse af vandføringsevnen og dermed hævnning af grundvandsspejlet i ådalen, har haft betydning for etableringen af en mere vådbundspræget ådalsvegetation og for omsætning og tilbageholdelse af kvælstof og fosfor.

Restaureringen påvirkede de eksisterende botanisk værdifulde områder i ådalen

Fastlæggelse af det nye åforløb skete ud fra gamle flyfotos og under hensyntagen til tekniske anlæg. Overvågning af ådalens engvegetation afslørede, at restaureringsarbejdet havde påvirket lokalitetens eksisterende botanisk mest værdifulde våde område uheldigt, idet flere af disse blev helt eller delvist opgravet til vandløb eller drænet af til vandløbet pga. kortere afstand.

Ved restaureringen af Gelså ved Bevtøft blev vandløbets bund i forhold til omgivende terræn hævet med op til 30 cm i den øvre del af strækningen. Samtidig blev vandløbets bredde næsten halveret, og der blev genskabt et i fysisk forstand varieret miljø. Vandføringsevnen blev næsten halveret fra de $6,8 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i det regulerede løb til $3,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i det nye løb. Konsekvensen heraf blev en bedre hydrologisk kontakt mellem åen og dens ådal, samt hyppigere forekomst af oversvømmelser (2 gange årligt).

Stor formjustering af åen i den første vinter

I løbet af den første vinterperiode justerede vandløbet selv de nygravede skikkelser i form af erosion af vandløbsbunden i mæanderbuer og en samtidig generel brinkerrosion. Den store nettomobilisering af sediment forårsagede aflejringer på strygene med gydegrus, men påvirkede ikke nedstrømsbeliggende strækninger af Gelså, idet hovedparten af sedimentet blev opsamlet i sandfanget.

Størstedelen af Gelså ved Bevtøft havde efter det andet år et varieret fysisk forløb

Allerede efter det første år var nettomobiliseringen på strækningen stoppet og i stedet forekom der i det andet år en nettoaflejrings af sediment på strækningen. Der var efter det andet år genskabt et vandløb, der over størstedelen af strækningen havde et varieret fysisk forløb i form af skiftende stryg og høl sekvenser, samt en stor udbredelse af både gydepladser for ørred og en brednær zone, der periodisk blev overskyldet. Den nedre del af Gelså ved Bevtøft blev udlagt med en stor hældning, for at gem-

me energi til en eventuel senere udvidelse af restaureringen nedstrøms. Denne strækning var efter 2 år ikke stabil, idet vandløbet ser ud til at erodere vandløbsbunden opstrøms herfor.

Vandplanter og bunddyr indvandrede hurtigt den restaurerede strækning af Gelså

Ørredyngel blev konstateret i det andet år efter restaureringen

I etableringsfasen blev der mobiliseret store stofmængder, men et nedstrøms beliggende sandfang reducerede effekten heraf

Vandplanter og bunddyr indvandrede hurtigt til den restaurerede strækning og allerede efter halvandet år var der etableret et mere artsrigt dyre- og planteliv på den restaurerede strækning end på en opstrøms referencestrækning. De nytilkomne plantearter på brinkerne var arter fra fugtige og halvfugtige engsamfund, der udnyttede de nye nicher på de nye skrånende brinker. I løbet af den første vinter tilsandede de udlagte gydepladser pga. den store sedimentmobilisering, men allerede den anden vinter blev gydepladser i den nedre del af åen brugt og et forholdsvis stort antal ørredyngel blev konstateret i det følgende forår.

I forbindelse med etableringsfasen blev der mobiliseret forholdsvis store mængder suspenderet stof, organisk stof og fosfor hvoraf op mod halvdelen, dog blev opfanget i sandfanget nederst på strækningen på grund af de lave afstrømningsforhold i graveperioden. En påvirkning af stofmobiliseringen har kun svagt kunnet spores 4 km nedstrøms den restaurerede strækning, hvorfor det i værste fald kun en meget kort strækning der kan være blevet påvirket i form af tilsiltning af gydepladser.

Restaureringen af Gelså ved Bevtoft har resulteret i en reduktion i tilførslen af uorganisk kvælstof på grund af større omsætninger af nitrat (denitrifikation) i den generelt fugtigere ådal. I det første år efter restaureringen blev der konstateret en mertilførsel af total fosfor til strækningen på grund af nettomobiliseringen af sediment via brink- og bunderosion på strækningen. I det andet år blev der konstateret en nettotilbageholdelse af total fosfor på grund af den efterhånden veludviklede vegetation på brinker og i åen, samt oversvømmelserne af de ånære arealer på den centrale del af strækningen.

10.2 anbefalinger

Projekterings- og etableringsfasen

Ådalsrestaurering

- Ved projektering og gennemførelse af vandløbsrestaureringer i lavbundsområder bør hele ådalen inddrages i genopretningen.
- Der bør stiles mod, så vidt det overhovedet er muligt, at genskabe de naturlige dimensions og vandføringsevneforhold, der sikrer en hydrologisk kontakt mellem åen og dens ådal.
- Til brug for projekteringen skal der indhentes de bedst mulige oplysninger om gammelt forløb og dimensioner, samt sikres tilvejebringelse af informationer om de eksisterende fysiske forhold (dimensioner, hældninger mv.).

- Ligeledes skal der indhentes de nødvendige biologiske, hydrologiske og jordbrugsfysiske/-kemiske oplysninger om både vandløb og de ånære arealer, så en kvalificeret konsekvensanalyse kan foretages.
- Delstrækninger af et restaureret vandløb bør ikke udlægges med et stort fald over en kortere strækning, men hvis nødvendigt bør fald gemmes i form af mindre stryg.
- Der bør tilstræbes mange krydsninger mellem reguleret og nyt vandløb. Hvis invandring af vandplanter kan være et problem, eller bevaringsværdige arters overlevelse skal sikres.
- Ved projektering af vandløbsrestaureringer, der involverer gravearbejder i ådalen, skal der tages hensyn til eksisterende forekomster af bevaringsværdige vegetationsnicher og områder med et muligt spredningspotentiale.
- Restaureringer af vandløb, der omfatter større gravearbejder i vandløbet, bør planlægges til at foregå i perioden med størst chance for lav afstrømning, dvs. juli-september, og være afsluttet inden ørreders gydning starter i oktober-november.
- I forbindelse med vandløbsrestaureringer, der involverer større gravearbejder i vandløbet, anbefales det, at der altid indskydes et sandfang nedstrøms herfor til dels at opfange stofmobiliseringen under gravearbejdet og stofmobilisering herefter, når vandløbets tilpasser skikkelsen og indstiller sig i en dynamisk ligevægtssituation.
- Gravearbejdet i forbindelse med etablering af et slynget vandløb bør gennemføres som anvist i denne rapport.
- Etablering af gydepladser for ørred ved udlægning af gydegrus på etablerede stryg bør altid være en del af et restaureringsprojekt, som omfatter ændringer af forløb mv.
- Udsåning af rug er muligvis den mest skånsomme metode for etablering af en naturlig brinkvegetation. Hvis andre hensyn er tungtvejende (f.eks. stabilitet af åbrinken), vil en behandling med udsæd af rug og græs formentlig være at foretrække.

Overvågningsprogram

Sikringen af en optimal overvågning i forbindelse med et restaureringsprojekt kræver, at overvågningsindsatsen planlægges så tidligt som muligt, gerne før eller sideløbende med projekteringen. I langt de fleste restaureringsprojekter gennemføres i dag ingen overvågning af de økologiske effekter. Der bør som minimum altid gennemføres en overvågning, der giver mulighed for at dokumentere den økologiske værdi af projektet, målrettet efter

projektets udformning.

Større og mere integrerede overvågninger bør altid gennemføres ved store restaureringsprojekter. En overvågning bør fortsætte i en længere periode efter restaureringens afslutning for at få en sand effektvurdering. Overvågningen kan f.eks. gennemføres intensivt i det første år eller to og derefter fortsætte kampagnevis med to eller tre års mellemrum, specielt rettet mod de biologiske forhold. Overvågningsperiodens længde bør afstemmes efter hvilke restaureringstiltag der gennemføres.

De specifikke erfaringer fra de enkelte undersøgelser i forbindelse med den integrerede overvågning af Gelså er:

- Der bør ved effektstudier af restaureringearbejder i vandløb så vidt muligt udlægges en referencestrækning opstrøms for den berørte for herigennem at kunne eliminere effekten af andre påvirkninger, f.eks. de klimatiske.
- Vedrørende de ånære arealer (engarealerne) er det ofte vanskeligt at opfylde kravet om en referencestrækning. Derfor bør overvågningen indeholde en rimelig referencerperiode inden indgrebene (minimum 2 år).
- Sedimentmobilisering, transport og tilbageholdelse er vigtig at overvåge, da den har væsentlig betydning for især fosfortransporten og f.eks. sedimentation i forbindelse med oversvømmelser, men også for omformningen af vandløbet og for de økologiske forhold på den restaurerede strækning og nedstrøms herfor.
- Effektvurderinger af restaureringers betydning for sediment- og næringsstoftransport samt ådalens hydrologi kræver, at målinger igangsættes mindst et år før etableringsfasen starter.
- Ved massebalancestudier skal prøvetagning gennemføres samtidig på op- og nedstrøms stationer.
- Vandløbets og de ånære arealers umiddelbare fysisk-kemiske og biologiske respons i forbindelse med etableringsarbejdet og efterfølgende, hvor systemet er i uligevægt, bør følges nøje.
- Ændringer i afvandingstilstanden af de ånære arealer bør følges i form af f.eks. pejlinger af grundvandsstanden i enkelte transekter langs vandløbet.
- Effektvurderinger af ændringer i smådyrslivet i åen ved en restaurering kræver brug af standardiserede metoder og helst 2 prøvetagninger (efterår og forår), inden etableringen starter og det samme efter.
- Ved effektvurdering på vandløbs-, brink- og ådalsvegetation bør anvendes både detail-studier af succession i permanente

plots og karteringer. For at kunne vurdere effekt af evt. øget næringsinput til de ånære arealer bør der som minimum suppleres med biomassemålinger.



11 Referencer

Ambus og Hoffmann, 1990: Kvælstofomsætning og stofbalance i ånære områder, 67 s. NPo-forsknings fra Miljøstyrelsen, nr. C13.

Brookes, A. 1984: Recommendations Bearing on the Sinuosity of Danish Stream Channels. Discussion Paper, Technical Report no. 6, National Agency of Environmental Protection, Freshwater Laboratory.

Ellenberg, H. 1979: Zeigerwerte der Gefässpflanzen Mitteleuropas. - Scripta Geobotanica 9:1-122. 2. Aufl.

Græsbøll et al. 1989: Etablering af gydepladser i vandløb. Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium. Teknisk rapport nr. 22 og Publikation nr. 99.

Grøn, N.P. 1989: Plante- og smådyrslivet i Gels å ved Bevtøft. Notat, udarbejdet af Bio/consult for Sønderjyllands Amt.

Grøn, N.P. 1990: Plante- og smådyrslivet i Gels å ved Bevtøft. Notat, udarbejdet af Bio/consult for Sønderjyllands Amt.

Grøn, N.P. 1991: Plante- og smådyrslivet i Gels å ved Bevtøft. Notat, udarbejdet af Bio/consult for Sønderjyllands Amt.

Hald, A.B. og Petersen, P.M., 1983: Undersøgelsesparcellerne: Vegetation, overfladejord og sulfidfront - Terrestrisk Økologisk Suså-Vendebæk Projekt, T3, Miljøstyrelsen.

Hald, A.B. og Petersen, P.M., 1983: Udvalgte vådbundsarter: Dyrkningsforsøg og feltobservationer - Terrestrisk Økologisk Suså-Vendebæk Projekt, T4, Miljøstyrelsen.

Hald, A.B. og Petersen, P.M., 1985: Udvalgte vådbundsarter: Dyrkningsforsøg og feltobservationer - Terrestrisk Økologisk Suså-Vendebæk Projekt, T5, Miljøstyrelsen.

Hald, A.B. og Petersen, P.M., 1992: Soil and vegetation in two Danish fens following changes in water regime - Nordic J. Botany 13, 707-732.

Kronvang et al. 1992: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1991. Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 62. 122 s..

Londo, G. 1988: Nederlandse freatofyten. - Pudoc Wageningen. 108 pp.

Mikkelsen, V.M., 1976: Botanik III - DSR 3.ed.

Moeslund, B., Løjtnant, B., Mathiesen, H., Mathiesen, L., Pedersen, A., Thyssen, N. & Schou, J.C. (1990): Danske vandplanter - Vejledning i bestemmelse af planter i søer og vandløb. Miljøstyrelsen. Miljønyt nr. 2.

Nielsen, M.B., Ottosen, O. og Petersen, B.D., 1990: Restaurering af Gelså ved Bevtoft. Vand & Miljø 4: 123-124.

Petersen, P.M., 1989: Minerotrophic fens and wet meadows - In: P. Vestergaard and K. Hansen (eds.): Distribution of vascular plants in Denmark. - Opera Botanica 96: 31-37.

Svendsen og Kronvang, 1993: Retention of nitrogen and phosphorus in a Danish lowland river system: implications for the export from the watershed. Hydrobiologia 251: 123-135.

Sønderjyllands Amt, 1989: Forslag til restaurering og regulering af Gels å ved Bevtoft.

Sønderjyllands Amtskommune/Bio/consult, 1990: Plante- og smådyrslivet i Gels å ved Bevtoft. Notat.

Vedby, S. 1984: Vådbundsarealer i Suså-området. Hydrologi og jordbund. - Terrestrisk Økologisk Suså-projekt. Rapport T1. Miljøstyrelsen.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning indenfor natur og miljø.

Henvendelser kan rettes til:

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Direktion og Sekretariat</i>
Postboks 358	<i>Forsknings- og Udviklingssekretariat</i>
Frederiksborgvej 399	<i>Afd. for Forureningskilder og</i>
4000 Roskilde	<i>Luftforurening</i>
	<i>Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi</i>
	<i>Afd. for Miljøkemi</i>
	<i>Afd. for Systemanalyse</i>
Tlf. 46 30 12 00	
Fax 46 30 11 14	

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Ferskvandsøkologi</i>
Postboks 314	<i>Afd. for Terrestrisk Økologi</i>
Vejlsøvej 25	
8600 Silkeborg	

Tlf. 89 20 14 00.
Fax 89 20 14 14.

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Flora- og Faunaøkologi</i>
Grenåvej 12, Kalø	
8410 Rønde	

Tlf. 89 20 14 00.
Fax 89 20 15 14.

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, tema-rapporter, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.



ISBN : 87-7772-163-2
ISSN : 0905-815X

