



# DVPI OG ØKOLOGISK TILSTAND: KARAKTERISTIK AF PLANTESAMFUNDENE OG RELATION TIL PÅVIRKNINGER

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 135

2015



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

*[Tom side]*

# DVPI OG ØKOLOGISK TILSTAND: KARAKTERISTIK AF PLANTESAMFUNDENE OG RELATION TIL PÅVIRKNINGER

---

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 135

2015

Annette Baattrup-Pedersen  
Emma Göthe  
Tenna Riis

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS  
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

# Datablad

- Serietitel og nummer: Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 135
- Titel: DVPI og økologisk tilstand: Karakteristik af plantesamfundene og relation til påvirkninger
- Forfattere: Annette Baatrup-Pedersen, Emma Göthe og Tenna Riis  
Institution: Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
- Udgiver: Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi ©  
URL: <http://dce.au.dk>
- Udgivelsesår: Februar 2015  
Redaktion afsluttet: Januar 2015  
Faglig kommentering: Peter Wiberg-Larsen  
Kvalitetssikring, DCE: Poul Nordemann Jensen
- Finansiel støtte: Naturstyrelsen
- Bedes citeret: Baatrup-Pedersen, A., Göthe, E. & Riis, T. 2015. DVPI og økologisk tilstand: Karakteristik af plantesamfundene og relation til påvirkninger. Aarhus Universitet, DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 42 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 135  
<http://dce2.au.dk/pub/SR135.pdf>
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
- Sammenfatning: I denne rapport beskrives de plantesamfund, der ligger bag en given DVPI klasse, herunder hvad disse plantesamfund fortæller om vandløbets økologiske tilstand samt, hvorledes disse er relateret til påvirkninger i vandløbene.
- Emneord: Vandplanter, Dansk Vandløbsplante indeks, Vandrammedirektiv, Vandplantesamfund
- Layout: Grafisk Værksted, AU-Silkeborg  
Stregtegninger: Jens Christian Schou  
Foto forside: Tina Pedersen
- ISBN: 978-87-7156-120-3  
ISSN (elektronisk): 2244-9981
- Sideantal: 42
- Internetversion: Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som  
<http://dce2.au.dk/pub/SR135.pdf>

# Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
1.1	Planter i danske vandløb	5
1.2	Faktorer der har betydning for plantesamfundene	6
1.3	Slægten vandaks	7
1.4	Planterne og vandløbets funktioner	8
<b>2</b>	<b>Dansk VandløbsPlante Indeks (DVPI)</b>	<b>9</b>
2.1	Formål	9
<b>3</b>	<b>DVPI og arter</b>	<b>11</b>
3.1	Artsrigdom	11
3.2	Indikatorarter	12
3.3	Pindsvineknop	16
3.4	Slægten vandaks	16
<b>4</b>	<b>Planteegenskaber – hvad er det?</b>	<b>19</b>
4.1	Planters produktivitet	20
4.2	Planters livsform	20
4.3	Planters vækstform	23
4.4	Overvintringsorganer	24
<b>5</b>	<b>DVPI og planteegenskaber</b>	<b>26</b>
5.1	DVPI og planters produktivitet	26
5.2	DVPI og planters livsform	27
5.3	DVPI og planters vækstform	28
5.4	DVPI og planters overvintringsorganer	30
<b>6</b>	<b>DVPI påvirkninger i vandløb</b>	<b>31</b>
6.1	Væsentligste påvirkninger i danske vandløb	31
6.1.3	Ændringer i det hydrologiske regime	32
6.2	DVPI og påvirkninger	35
6.3	Flere samtidigt-virkende påvirkninger	37
<b>7</b>	<b>Konklusion</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Referencer</b>	<b>40</b>

[Tom side]

# 1 Indledning

## 1.1 Planter i danske vandløb

Danske vandløb har generelt et tæt dække af planter, hvilket skyldes flere forhold. Først og fremmest har vandløbene generelt en beskeden topografisk hældning, hvilket betyder lave strømhastigheder og fint sediment domineret af sand og grus, hvilket er egnede forhold til, at planter kan rodfæste sig. Dertil kommer, at de fleste vandløb er lysåbne uden træer og buske langs kanten. Det skyldes dels at træer er blevet fældet, men også at grundvandspejlet er sænket gennem dræning langt de fleste steder og at det laterale samspil mellem land og vand mange steder ikke længere spiller nogen rolle for udformningen af de vandløbsnære arealer (fx oversvømmelse og erosion/deposition af materiale på land). Kun i små skovvandløb vil plantevæksten være begrænset til skyggetålende arter som fx blad- og levermossier.

**Billede 1.** Et mellemstort dansk vandløb med rig forekomst af vandplanter, både ægte vandplantearter, amfibiske plantearter og sekundære vandplantearter.



I vandløb findes tre hovedgrupper af planter: (1) ægte vandplanter, (2) amfibiske planter og (3) sekundære vandplanter (Riis et al. 2001). Af de ægte vandplanter er alle arter tilpasset til livet under vand, og de træffes kun sjældent over vand. De fleste vandplanter er rodfæstede i bunden, men enkelte flyder frit omkring. Amfibiske planter kan både leve på land og helt eller delvist neddykket i vand. I mange tilfælde vokser vandformerne ud af vandet i løbet af vækstsæsonen. De sekundære vandplanter vokser helt overvejende på land, men kan alligevel træffes under vand i perioder med høj vandføring. Nogle arter træffes dog sjældent under vand, mens andre arter gør det relativt ofte. Det betyder, at der er en gradvis overgang fra sekundære vandplanter, som kan vokse i vand, til de amfibiske planter og ægte vandplanter. Rent antalsmæssigt findes i Danmark flest arter inden for gruppen af amfibiske planter samt sekundære vandplanter, men de ægte vandplanter og de amfibiske planter er dem, som bidrager med den største dækning i vandløbene.

## 1.2 Faktorer der har betydning for plantesamfundene

Vandløbsplanterne fordeler sig mht. artssammensætning efter naturlige miljøforhold som vandløbenes størrelse, lys (indstråling, lyssvækkelse i vandet) og alkalinitet (fx Riis et al 2000, Lacoul og Freedmann 2006). Visse arter er specifikt knyttet til små vandløb som kilder, mens andre arter især forekommer i større vandløb. Lys er en helt nødvendig forudsætning for planternes fotosyntese. Lysindstrålingen dæmpes ved beskygning fra brednær vegetation, samt hvis vandløbsvandet fx har et stort indhold af suspenderet stof (som periodevis i visse vandløb på lerjord). Vandløbsvandets alkalinitet er vigtig, fordi  $\text{CO}_2$  og  $\text{HCO}_3$  er kulstofkilder for planternes fotosyntese. Alkaliniteten i danske vandløb varierer fra under 0,05 meq/L i den nordlige del af Vestjylland til næsten 10 meq/L på Sjælland og Lolland-Falster. Det betyder at kulstofftilgængeligheden varierer mellem vandløb på tværs af landet, hvilket også kan have betydning for plantearternes fordeling i vandløb (Riis et al. 2000).

Vandløbsplanterne er – og har gennem mange årtier været – under påvirkning af en række menneskelige aktiviteter. Således er langt størstedelen af danske vandløbs naturlige forløb i et eller andet omfang blevet ændret gennem udretning af de naturlige slyngninger, uddybning af bunden og anlæg af opstemninger til fx vandmølle drift og engvanding. Disse ændringer er typisk gennemført i forbindelse med dræning af arealerne op til vandløbene, hvilket har forbedret afstrømningen, men samtidig er en række levesteder, også kaldet habitater, forsvundet i vandløbene. Det gælder både områder med forholdsvis dybe og stillestående vande (bagvande) og områder med lav vanddybde og stærk strøm.



**Billede 2.** Billedet viser et udsnit af Omme å. Vandløbet ligger med sine naturlige slyngninger og byder på en stor variation i udbuddet af habitater. På figuren er indtegnet områder med stillestående vand i forskellige stadier af tilgroning (hvide cirkler) og vandløbshabitater med stærk strøm og strømlæ (blå cirkler).

Derudover er planterne regelmæssigt blevet fjernet ved skæring eller opgravning og det bliver de fortsat i dag. Formålet er at forbedre afvandingen af de dyrkede arealer eller bymæssige bebyggelser, som ligger op til vandløbene. Endelig har landbrugsdrift og udledning af spildevand fra byer og boliger på landet øget tilførslen af kvælstof og fosfor. Vandløbenes indhold af opløst fosfor varierer således mellem 0,002 til lokalt næsten 5 mg/L, mens



indholdet af opløst kvælstof kan variere fra 0,005 til over 30 mg/L (Wiberg-Larsen et al. 2012). De menneskeskabte påvirkninger har betydet, at adskillige arter – især blandt de egentlige vandplanter – er gået markant tilbage i udbredelse og hyppighed inden for de seneste 100 år og mange arter, som tidligere forekom hyppigt, findes i dag kun i små bestande helt lokalt i vandløbene. Nogle arter er også helt forsvundet fra vandløb, hvor de tidligere voksede i store bestande.

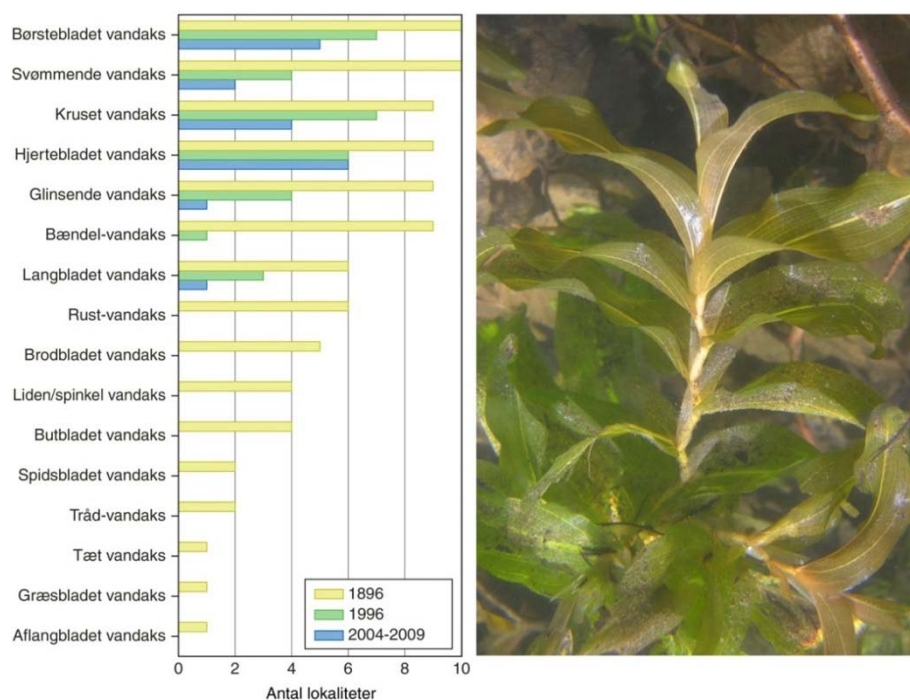
### 1.3 Slægten vandaks

Slægten vandaks var historisk set en yderst artsrig slægt med udbredt forekomst i danske vandløb. Baagøe og Ravn (1896) var nogle af de første, som foretog egentlige systematiske undersøgelser af vandaks-arternes forekomst i danske vandløb. De undersøgte bl.a. forekomsten af vandaksarter på 13 lokaliteter fordelt i Alling Å, Gudenå, Skjern Å, Uggerby Å og Vorgod Å i Jylland, Stavids Å og Odense Å på Fyn samt Suså på Sydsjælland. Resultaterne af deres undersøgelser kan ses i figur 1.1.

I de gamle botaniske undersøgelser findes der kun optegnelser om plantearter tilstedeværelse, mens der ikke er angivet noget om, hvor hyppige arterne var. Men noget tyder på, at vandaksarterne var både vidt udbredte og lokalt hyppige (Riis & Sand-Jensen, 2001). I Skjern Å og Gudenåen er der beskrevet helt op til 60 meter lange sammenhængende vandaksbestande. I Fiskbæk Å var tråd-vandaks den mest dominerende planteart overhovedet, i Karup Å dominerede hjertebladet vandaks, og i Kongeåen ved Villebøl Bro dominerede bændel-vandaks, rust-vandaks og svømmende vandaks (Riis & Sand-Jensen, 2001).

I dag ser billedet helt anderledes ud. De forskellige vandaksarter spiller ikke længere nogen stor rolle i vandløbene. Nutidige undersøgelser viser tværtimod, at antallet af vandaksarter er gået markant tilbage (Riis & Sand-Jensen, 2001) og billedet har desværre ikke ændret sig de seneste år (Figur 1.1; Baatrup-Pedersen et al., 2010).

**Figur 1.1.** Figuren viser forekomst af en række arter inden for vandaks slægten på 13 lokaliteter beliggende i ni vandløb i 1896 og 1996. For perioden 2004-2009 er medtaget alle overvågningsstationer fra de ni vandløb der var med i de tidlige undersøgelser (n=25). En række arter var forsvundet fra lokaliteterne allerede i 1996, og for yderligere tre arter kan der noteres fortsat tilbagegang i de seneste undersøgelser. Det gælder bl.a. langbladet vandaks, som ses på billedet. Foto: Niels Sloth.



I dag er det kun kruset vandaks, børstebladet vandaks, hjertebladet vandaks og svømmende vandaks der kan betragtes som hyppige i de 13 vandløb (figur 2.1). Disse arter spiller dog heller ikke nogen særlig dominerende rolle i vandløbene. Kigger vi således på alle arter er de ti hyppigste arter i danske vandløb i dag enkelt pindsvineknop, smalbladet mærke, vandpest, vandstjerne sp., høj sødgræs, liden andemad, grenet pindsvineknop, rørgræs, manna sødgræs og svømmende vandaks (Baattrup-Pedersen, upublicerede data).

#### **1.4 Planterne og vandløbets funktioner**

Ud over at bidrage væsentligt til vandløbenes biodiversitet har vandløbsplanterne væsentlige økologiske funktioner. Plantebedene ændrer vandets strømningsmønster, så der opstår render med særlig hurtig strøm eller dødvande, hvor finkornede mineralske eller organiske partikler kan aflejres. Dermed bidrager planterne til at skabe fysisk variation både vertikalt og horisontalt i vandløbene. Dette skaber også levesteder for andre organismer som smådyr og fisk. Smådyrene lever derudover af de mikroorganismer (bakterier og epifytiske alger), som vokser på planterne, og enkelte arter spiser direkte af bladene af visse vandplanter. Planterne bidrager også til omsætning af næringsstoffer. Således fjerner de sammen med de epifytiske mikroorganismer mange af de næringsstoffer, som tilføres vandløbene fra oplandet.

## 2 Dansk VandløbsPlante Indeks (DVPI)

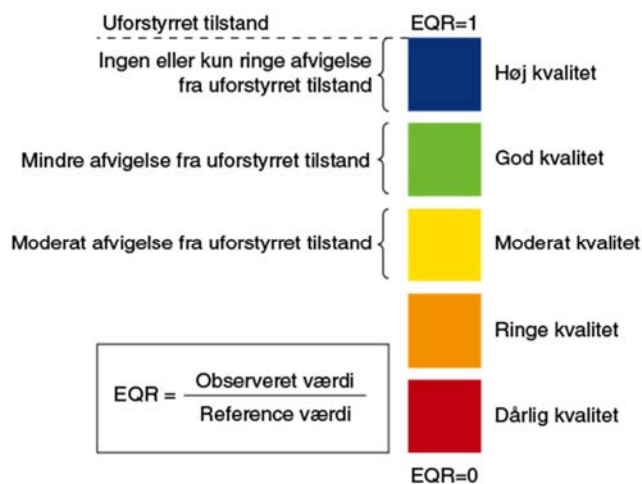
Vandløbsplanter har en forholdsvis kort historie som miljøindikatorer. Dette kan umiddelbart forekomme overraskende, fordi de, ligesom andre organismegrupper som alger, smådyr og fisk, påvirkes af menneskelige aktiviteter. Vandløbsplanter blev dog anvendt til at vurdere påvirkninger fra spildevand i England allerede i 1980'erne, hvor der blev udviklet et system til at vurdere påvirkningsgraden ud fra plantesammensætningen op- og nedstrøms anlæg opført til spildevandsrensning. I de fleste lande, herunder også Danmark, er det dog først med implementeringen af Vandrammedirektivet, at vandløbsplanterne er blevet aktuelle i vurderinger af vandløbenes kvalitet.

Vandrammedirektivet forudsætter, at den økologiske tilstand bliver vurderet i forhold til i hvor høj grad de biologiske samfund afviger fra den upåvirkede tilstand også benævnt referencetilstanden (Figur 2.2). I forbindelse med udviklingen af et dansk indeks blev eksisterende internationale indeks til vurdering af økologisk tilstand i vandløb afprøvet. Disse indeks bygger på enkeltarters indikatorværdier i forhold til en næringsstofpåvirkning. Ingen af disse kunne dog anvendes, da der ikke kunne identificeres sammenhænge mellem de opnåede tilstandsvurderinger og næringsstofkoncentrationer i vandløbene (Baatrup-Pedersen og Larsen, 2013). I et land som Danmark, hvor alle vandløb i en eller anden grad er påvirkede, var det heller ikke muligt at etablere et netværk af danske stationer, som beskriver den naturlige variation i de biologiske samfund under upåvirkede forhold og anvende dette i udviklingen af et indeks (Baatrup-Pedersen et al., 2008). Som alternativ er det danske planteindeks baseret på ekspertvurderinger. I udviklingen af indekset blev eksperterne bedt om at vurdere den økologiske tilstand i >1.200 vandløb ud fra de normative definitioner der er givet i Vandrammedirektivet (Baatrup-Pedersen og Larsen, 2013; Baatrup-Pedersen et al. 2013) samt i andre dokumenter udarbejdet i forbindelse med tolkningen af direktivet (Wallin et al., 2003). Disse definitioner kan ses i boks 2.1. Herefter blev en statistisk model (kvadratisk diskriminant-analyse) trænet i at genkende de mønstre, der lå til grund for eksperternes vurderinger for på denne måde efterfølgende at kunne omsætte eksperternes forståelse af økologisk tilstand til en reproducer- og målbar metode der kunne anvendes på andre vandløb. Den statistiske model fik efterfølgende navnet DVPI (Baatrup-Pedersen og Larsen, 2013). DVPI giver en sandsynlighed for et tilhørsforhold i en økologisk tilstandsklasse. Denne sandsynlighed anvendes herefter til at beregne en økologisk kvalitetsratio - en EQR-værdi. Denne værdi omsættes til en økologisk tilstandsklasse, DVPI 1-5 baseret på interkalibrerede grænser mellem tilstandsklasserne (Søndergaard et al. 2013; Boks 2.2). DVPI er derfor baseret på de tilstedeværende arter og disses dækning på en 100-m strækning (Boks 2.2).

### 2.1 Formål

I anvendelsen af dansk vandløbsplanteindeks (DVPI) udtrykkes den økologiske tilstand som en økologisk kvalitetsratio (EQR) der kan omsættes til en DVPI klasse. Dette projektets formål er i et let tilgængeligt sprog 1) at beskrive de plantesamfund, der ligger bag en given DVPI klasse herunder hvad disse plantesamfund fortæller om vandløbets økologiske tilstand samt 2) beskrive hvorledes disse plantesamfund er relateret til påvirkninger i vandløbene. Beskrivelserne vil være baseret på analyser af data som beskrevet i boks 2.3.

## BOKS 2.1



Den økologiske tilstand udtrykkes som en økologisk kvalitetsratio (EQR, Ecological Quality Ratio) fra 0 til 1, hvor værdier tæt på 0 svarer til dårlig økologisk tilstand, mens værdier tæt på 1 svarer til høj økologisk tilstand (nærmest referencetilstanden). De normative definitioner for de forskellige tilstandsklasser er givet i tabel 1. Imidlertid er disse kun givet for den høje, gode og moderate tilstand i Vandrammedirektivet mens definitioner for ringe og dårlig tilstand fremgår af Wallin et al. (2003). Her skal afvigelsen fra det type-specifikke samfund være 'væsentlig' for den ringe kvalitet eller 'større end væsentlig' for den dårlige kvalitet.

**Tabel 1.** Definition af økologisk tilstand jf. Vandrammedirektivet

Element	Høj tilstand	God tilstand	Moderat tilstand
Makrofyter og bundvegetation	Den taksonomiske sammensætning svarer fuldstændig eller næsten fuldstændig til uberørte forhold.	Der er svage ændringer i makrofyte- og bundvegetationstaxas sammensætning og udbredelse set i forhold til typespecifikke samfund.	Makrofyte- og bundvegetationstaxas sammensætning afviger i mindre grad fra det typespecifikke samfund og er signifikant mere ændret end ved god tilstand.

## BOKS 2.2: DVPI og EQR

DVPI=Dansk VandløbsPlante Indeks  
EQR= Økologisk kvalitetsratio, kan antage værdien 0-1  
DVPI 1=0,0-0,20  
DVPI 2=0,20-0,35  
DVPI 3=0,35-0,50  
DVPI 4=0,5-0,7  
DVPI 5=0,7-1,0

## BOKS 2.3: Data

Som baggrund for de figurer og tabeller der beskriver karakteristika ved plantesamfund i vandløb klassificeret som DVPI 1-5 er der gennemført en række analyser af plantesamfundene i en del af de 1213 vandløbsstrækninger der lå til grund for udviklingen af DVPI (Baattrup-Pedersen et al. 2013). Således er kun medtaget vandløb klassificeret som type 2 og 3 vandløb, dvs. mellemstore (>2 m) og store (>10 m) vandløb. Det er disse to typer der i første omgang skal klassificeres med DVPI jf. vandplanerne. Data omfatter i alt 625 vandløbsstrækninger.

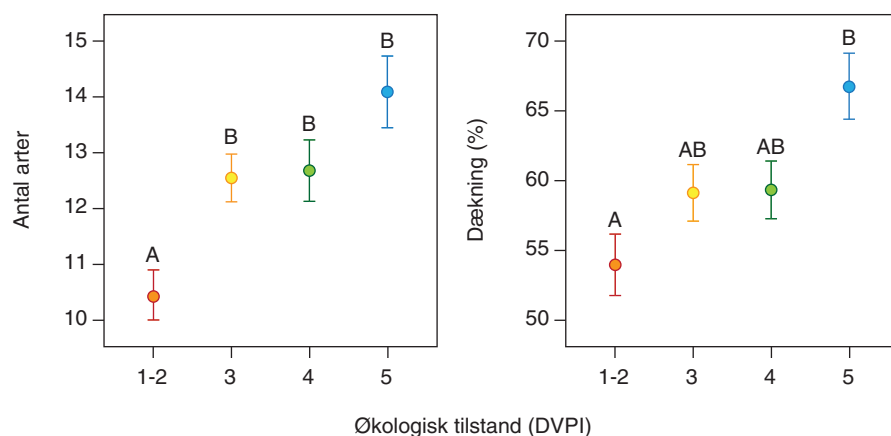
### 3 DVPI og arter

Vandløbsplanterne er en heterogen gruppe sammensat af ægte vandplanter, amfibiske planter og sekundære vandplanter, som beskrevet indledningsvist. De ægte vandplanter omfatter omkring 51 danske arter, de amfibiske planter omfatter omkring 45 arter mens de sekundære vandplanter omfatter omkring 75 arter (Sand-Jensen et al. 1992; Riis et al. 2001). Tilsammen omfatter de tre grupper omkring 171 arter svarende til 13,5 % af de danske blomsterplanter.

#### 3.1 Artsrigdom

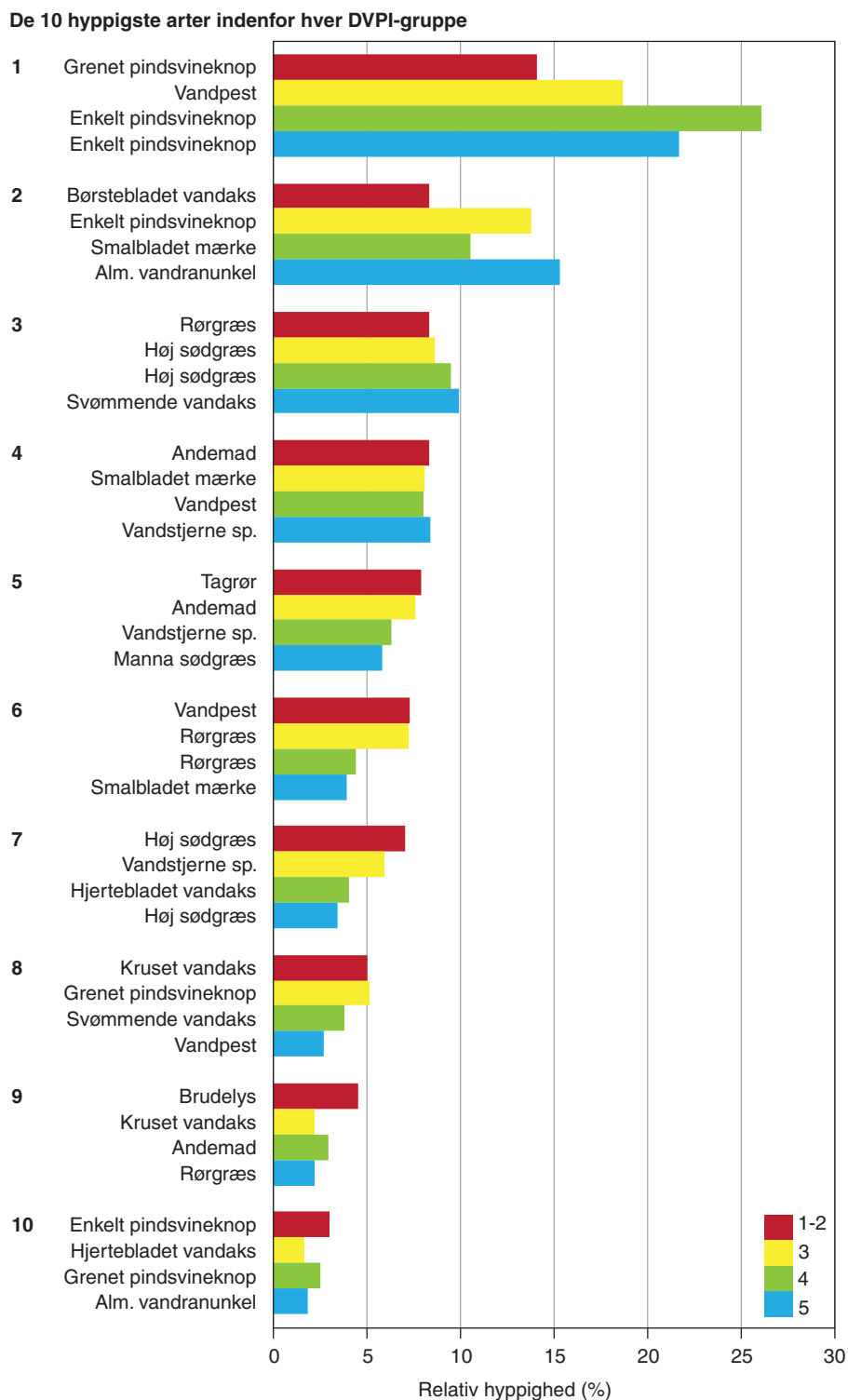
Der er ikke store forskelle på artsrigdom og dækning i vandløb med forskellig økologisk tilstand klassificeret med DVPI. Dog er artsrigdommen signifikant mindre i DVPI 1-2 vandløbene sammenlignet med de øvrige tilstandsklasser, ligesom dækningen er signifikant mindre i DVPI 1-2 vandløbene sammenlignet med DVPI 5 vandløbene. (fig. 3.1). Den stigende plantedækning ca. 54 % i vandløb med DVPI 1-2 til ca. 67 % i vandløb med DVPI 5 (fig. 3.1) kan være medvirkende til at forklare den fundne stigning i artsantallet med DVPI klasse.

**Figur 3.1.** Figuren viser antal arter samt den procentuelle dækning i vandløb klassificeret i henholdsvis økologisk tilstandsklasse 1-2, 3, 4 og 5 med brug af DVPI. Forskellige bogstaver angiver, at der er signifikant forskel på middelværdierne. På figuren er gennemsnittet og standard fejl afbildet.



Der er også forskel på hvilke arter der er hyppige i vandløb med DVPI 1-2, 3, 4 og 5 (Fig. 3.2), om end forskellene er små. I DVPI 1 vandløbene er grenet pindsvineknop, børstebladet vandaks og rørgræs de hyppigste arter, mens det er andre arter der især er hyppige i DVPI 3 (vandpest, enkelt pindsvineknop, høj sødgræs), DVPI 4 (enkelt pindsvineknop, smalbladet mærke og høj sødgræs) og DVPI 5 vandløbene (enkelt pindsvineknop, vandranunkel og svømmende vandaks). Arter indenfor slægten pindsvineknop er dog hyppig i alle vandløbene (se afsnit 3.3).

**Figur 3.2.** Figuren viser de ti hyppigste arter indenfor hver DVPI klasse samt arternes relative hyppighed i procent.



### 3.2 Indikatorarter

Der kan identificeres en række indikatorarter for de økologiske tilstandsklasser vurderet ud fra DVPI med anvendelse af en indikatorartsanalyse. Indikatorartsanalysen identificerer de arter, der især adskiller en DVPI klasse fra de øvrige. Indikatorværdien er en kombination af artens *specificitet* for DVPI klassen (DVPI klassens andel af det samlede antal registreringer af arten) og dens *konstans* i klassen (andelen af vandløb med DVPI klassen, hvori arten er registreret) og angives på en skala fra 0 (ingen indikation) til 100 (perfekt indikation). En perfekt indikation betyder, at arten altid forekommer i en DVPI klasse og ikke forekommer i andre DVPI klasser.

Tabel 3.1 viser indikatorarter for DVPI 1-2, 3, 4 og 5, hvor dog kun arter med indikatorværdi > 0.1 er medtaget. Indikatorarter for DVPI 1-2 er grenet pindsvineknop (Billede 3), tagrør og rørgræs samt børsteblandet vandaks og kruset vandaks.

**Tabel 3.1.** Indikatorarter for DVPI 1-2, 3, 4 og 5 tilstandsklasserne. Kun arter med indikatorværdi >0.1 er medtaget.

DVPI	Art	Indikatorværdi	Sandsynlighed (P)
1-2	Grenet pindsvineknop	0,4024	0,001
1-2	Tagrør	0,3206	0,001
1-2	Rørgræs	0,2488	0,007
1-2	Børsteblandet vandaks	0,2284	0,001
1-2	Kruset vandaks	0,2082	0,001
1-2	Brudelys	0,2041	0,001
1-2	Gul åkande	0,1510	0,001
1-2	Bittersød natskygge	0,1378	0,006
3	Vandpest	0,3558	0,001
3	Liden andemad	0,2061	0,006
3	Stor nælde	0,1000	0,016
4	Smalbladet mærke	0,2777	0,001
4	Enkelt pindsvineknop	0,2430	0,001
5	Storblomstret vandrunkel	0,4423	0,001
5	Manna sødgræs	0,4106	0,001
5	Vandstjerne sp.	0,3000	0,001
5	Svømmende vandaks	0,2853	0,001
5	Lysesiv	0,2164	0,001
5	Eng-forglemmigej	0,1905	0,001
5	Lancetbladet ærenpris	0,1407	0,007
5	Vand-mynte	0,1369	0,003
5	Tykskulpet brøndkarse	0,1338	0,001
5	Vandkarse	0,1284	0,001
5	Krybende ranunkel	0,1260	0,048
5	Vand-pileurt	0,1170	0,001
5	Mosebunke	0,1105	0,001
5	Næbstar	0,1060	0,001
5	Sump-kællingetand	0,1054	0,001
5	Hår-tusindblad	0,1043	0,001

Indikatorarter for DVPI 3 er vandpest som den vigtigste, efterfulgt af liden andemad og stor nælde, mens indikatorarter for DVPI 4 er smalbladet mærke (Billede 4) og enkelt pindsvineknop (Billede 7).

**Billede 3.** Grenet pindsvineknop i blomst. Arten er indikator art for DVPI 1-2 vandløbene.



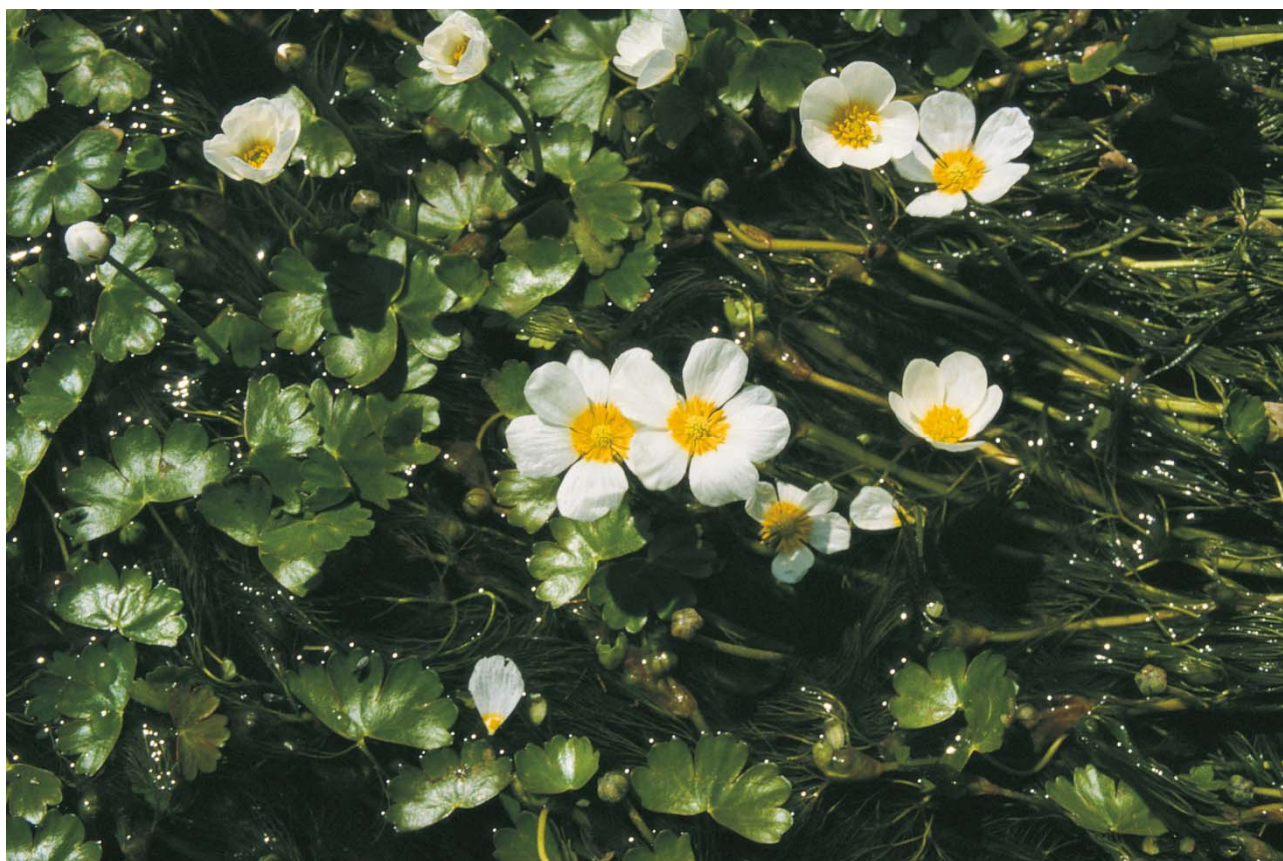
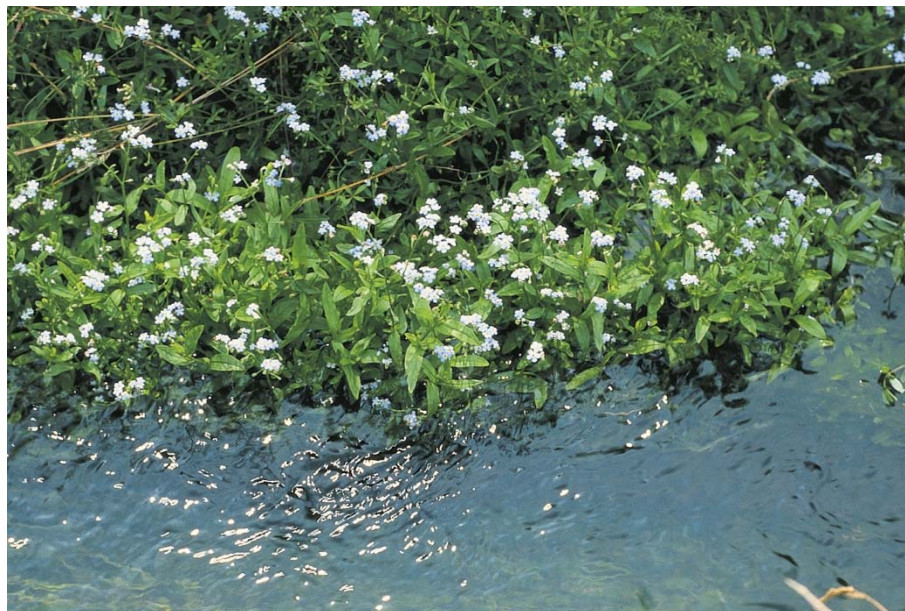
**Billede 4.** Smalbladet mærke er en amfibisk planteart, der er indikator art for DVPI 4 vandløbene.





I modsætning til det der ses for DVPI 1-2, 3 og 4 ses en lang række indikatorarter for DVPI 5. Disse omfatter bl.a. storblomstret vandranunkel (Billede 6), manna sødgræs, arter af vandstjerne, svømmende vandaks, lyse-siv, eng-forglemmigej (Billede 5), sump-kællingetand og lancetbladet ærenpris. Det er især bemærkelsesværdigt at mange af indikatorarterne er små arter der lever i overgangszonen mellem land og vand – altså amfibiske arter og sekundære vandplanter.

**Billede 5.** Eng-forglemmigej, en amfibisk planteart, der er indikator art for DVPI 5 vandløbene.



**Billede 6.** Storblomstret vandranunkel er indikatorart for DVPI 5 vandløbene.

### 3.3 Pindsvineknop

Der er iøjnefaldende at enkelt pindsvineknop er indikatorart for DVPI 4 vandløbene samtidig med, at den er blandt de ti hyppigste arter i både DVPI 1-2, 3, 4 og 5 vandløbene. Det afspejler formentlig, at arten er meget hyppig i nogle af DVPI 4 vandløbene også selvom den gennemsnitlige dækning er forholdsvis lav (16 %) og kan sammenlignes med den dækning der ses i DVPI 5 vandløbene (15 %). Grenet pindsvineknop er omvendt hyppigere i DVPI 1-2 vandløbene med en gennemsnitlig dækning på 8 % sammenlignet med henholdsvis 3 %, 1,5 % og 1 % i DVPI 3, 4 og 5 vandløbene.

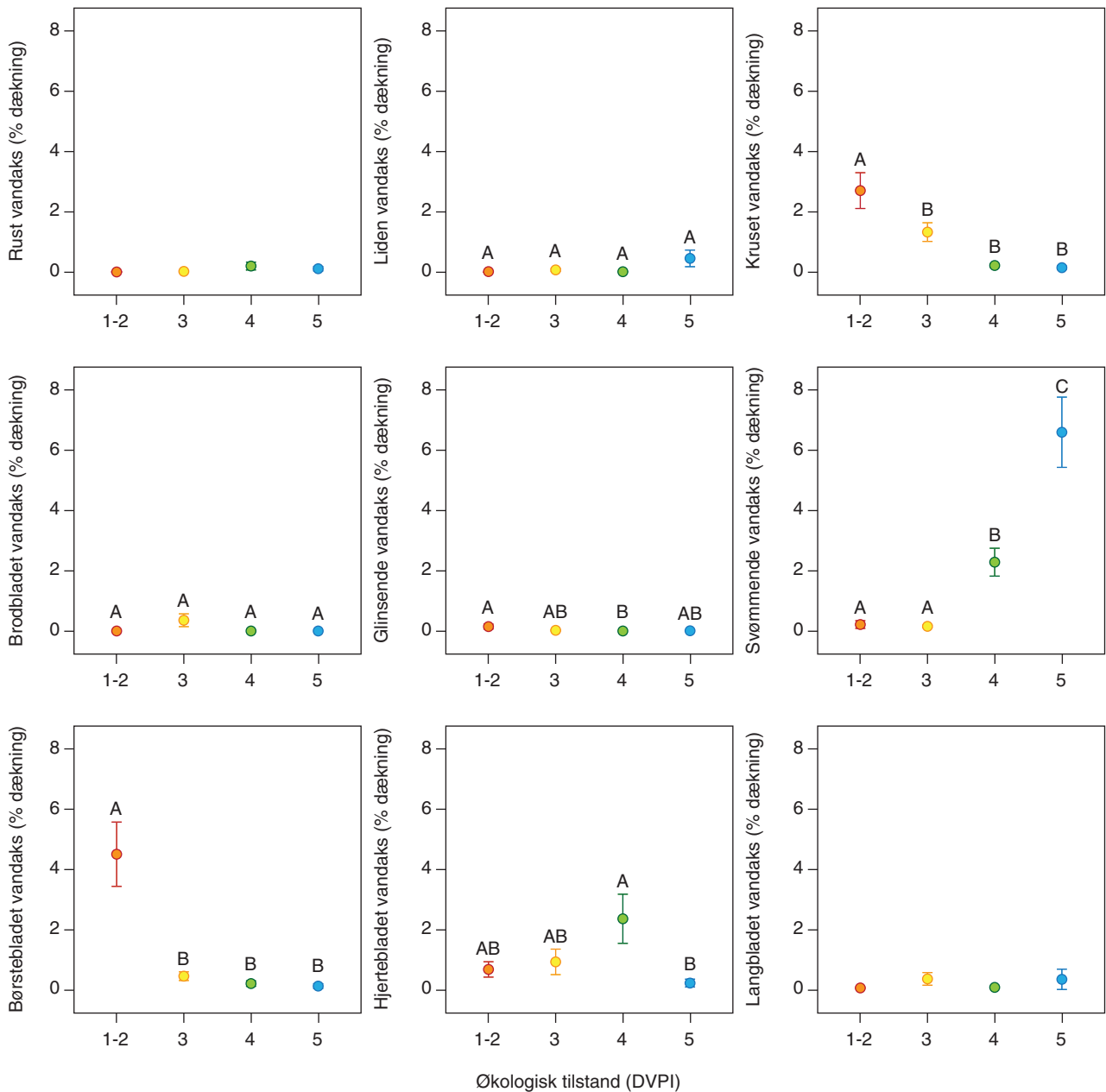
Pindsvineknop er tidligere identificeret som en art der er naturligt forekommende også i de mindst påvirkede danske vandløb (Baattrup-Pedersen et al., 2002) og i upåvirkede vandløb i andre lande (Birk og Wilby, 2010; Baattrup-Pedersen et al. 2008). Men det er også en art der ofte bliver hyppigere i vandløb der grødeskæres. Således har omfattende grødeskæring i mange vandløb ført til, at der er udviklet tætte, tæppeagtige bevoksninger af enkelt pindsvineknop mange steder (Moeslund, 2004). Det der nok især er karakteristisk for enkelt pindsvineknop er, at den i de mindst påvirkede vandløb forekommer sammen med andre arter i den ofte lagdelte vegetation, mens den bliver den altdominerende art i vandløb der er meget påvirkede af grødeskæring.

**Billede 7.** Enkelt pindsvineknop er den hyppigste art i danske vandløb, og indikator art for DVPI 4 vandløbene.



### 3.4 Slægten vandaks

Som beskrevet indledningsvist var slægten vandaks historisk set en yderst artsrig slægt med udbredt forekomst i danske vandløb. I dag er der kun fire arter tilbage som forekommer relativt hyppigt i danske vandløb. Forekomsten af tre af disse, børsteblandet vandaks, kruset vandaks og svømmende vandaks, varierer med DVPI. Børsteblandet og kruset vandaks forekommer hyppigere i DVPI 1-2 vandløbene sammenlignet med DVPI 3 og 4 vandløbene, hvorimod svømmende vandaks forekommer hyppigst i DVPI 5 vandløbene, dernæst i DVPI 4 vandløbene mens den forekommer lige hyppigt i DVPI 1-2 og DVPI 3 vandløbene (fig. 3.3). Hyppigheden af hjertebladet vandaks udviste ingen klare forskelle mellem DVPI klasserne. Udover de almindelige vandaks arter findes der også rust vandaks, liden vandaks, brodbladet vandaks, glinsende vandaks og langbladet vandaks i de vandløb der kigges nærmere på her (se boks 2.3).



**Figur 3.3.** Figuren viser hyppigheden af en række vandaks-arter som er fundet i de 625 vandløbsstrækninger som danner grundlag for analyserne (se boks 2.3). Som det fremgår af figuren optræder de fleste vandaks-arter ganske sporadisk i vandløbene. Forskellige bogstaver angiver at der er signifikant forskel på middelværdierne. For to arter (rust vandaks og langbladet vandaks) var der for få registreringer til at middelværdierne kunne testes statistisk.

**Billede 8.** Rust-vandaks er en af de forholdsvis sjældne vandaksarter. Her vokser den i Jordbro Å.



## 4 Planteegenskaber – hvad er det?

Tilstedeværende plantearter på en given vandløbsstrækning er et resultat af interaktionen mellem plantearternes livskrav og planternes evne til at tolerere de givne miljømæssige forhold. Dertil kommer betydningen af planternes spredningshistorie og interaktioner såsom konkurrence mellem arter. Det vil sige, at man ikke kan konkludere, at hvis en given planteart ikke er til stede i et vandløb er det udelukkende pga miljøforholdene, da det også kan skyldes, at arten endnu ikke har spredt sig til området eller den er blevet udkonkurreret af andre arter. Dog vil det være sådan, at når vi betragter et lille geografisk område som Danmark med nogenlunde den samme geologiske historie og klimatiske forhold, så kan vi antage at den regionale artspulje stort set er ens, og at fordelingen af arter især er bestemt af lokale forhold i vandløbssystemet herunder også de påvirkninger vandløbene er udsat for både i dag og tidligere.

De vigtigste faktorer der har betydning for plantefordeling i en given habitat har vist sig at være forstyrrelsesfrekvensen og ressourcetilgængeligheden (Grime 1979). Forstyrrelsesfrekvensen for vandløbsplanter beskriver frekvensen af hændelser, der resulterer i at planterne mister biomasse. I danske vandløb forekommer forstyrrelser især i form af høje vandføringshændelser og grødeskæring. Ressourcetilgængelighed beskriver tilgængeligheden af essentielle ressourcer for planteproduktion, og i vandløb er de vigtigste lys, uorganisk kulstof, kvælstof og fosfor.

Beskrivelse og undersøgelser af planters egenskaber kan bidrage med vigtig information om hvilke faktorer der især har betydning for plantesamfundets artssammensætning samt arternes hyppighed. Det skyldes, at arter gennem evolutionen har udviklet egenskaber, der optimerer deres konkurrenceevne under de givne miljømæssige forhold (Southwood 1977, 1988). Derudover kan planteegenskaber også gøre det muligt at sammenligne betydningen af miljømæssige forhold på tværs af geografiske områder med forskellige artspuljer.

En lang række planteegenskaber kan være relevante for fordeling og hyppighed af plantearter i vandløb. Imidlertid er den tilgængelige information om vandplanters egenskaber begrænset (se Cavalli et al. 2014) og vi har derfor valgt at fokusere på fire forskellige hovedtyper: planters produktivitet, livsform, vækstform, og tilstedeværelsen af overvintringsorganer. Nedenfor beskriver vi disse planteegenskaber (Tabel 4. 1).

**Tabel 4.1.** Relevante planteegenskaber i relation til ressourcetilgængelighed og forstyrrelsesfrekvens i vandløb. Planteegenskaberne er grupperet i fire typer.

Egenskabs type	Beskrivelse	Eksempler
Produktivitet	Ellenberg N værdi	Høj: Stilket vandkrans Lav: Hårtusindblad
Lys	Ellenberg L værdi	Høj: Storblomstret vandranunkel Lav: Akstusindblad
Livsform	Fritflydende, flydeblade	Liden andemad Korsandemad
	Fritflydende, undervandsblade	Tornfrøet hornblad
	Rodfæstet, flydeblade	Gul åkande Svømmende vandaks
	Rodfæstet, undervandsblade	Alm. vandranunkel Glinsende vandaks
	Rodfæstet, luftblade	Smalbladet mærke Høj sødgræs
Vækstform	Rodfæstet, heterofylli	Sump-forglemmigej Lancetbladet ærenpris
	Enkelt basalt meristem	Enkelt pindsvineknop Vejbred-skeblad
	Enkelt apikalt meristem	Smalbladet mærke Tykskulpet brøndkarse
Resiliens	Flere apikale meristemer	Akstusindblad Græsbladet vandaks
	Overvintringsorganer til stede	Kruset vandaks Børstebadet vandaks

#### 4.1 Planters produktivitet

Tyskeren Heinz Ellenberg og hans kolleger har udviklet et meget omfattende indikatorsystem ved at tildele et meget stort antal europæiske karplanter værdier efter deres præferencer langs de vigtigste økologiske gradienter (fx fra næringsfattigt til næringsrigt eller fra skygget til lysåbent; Ellenberg et al., 1992). Disse værdier kan anvendes til at tolke på en række økologiske kårfaktorer. Her anvendes Ellenberg N som mål for plantesamfundets produktivitet. Det betyder, at planter med høj Ellenberg N værdier afspejler planter der har en god evne til at omsætte høje næringsstoffkoncentrationer i miljøet til hurtig vækst, dvs planter med høj produktivitet.

#### 4.2 Planters livsform

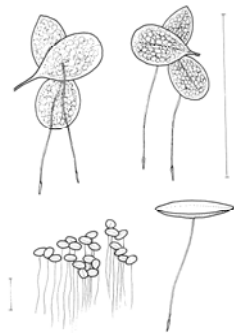
Vandløbsplanter livsform beskriver planternes morfologi med fokus på, om planterne er rodfæstede eller fritflydende, og hvorledes planternes blade er placeret i vandsøjlen. Således inddeler vi livsformerne i fritflydende eller rodfæstede planter, samt i planter med overvejende flydeblade, undervandsblade, eller luftblade (Figur 4.1). Nogle plantearter er i stand til at udvikle heterofylli. Det betyder, at de er i stand til at udvikle bladtyper med forskellig morfologi, således at når planten vokser ud af vandet, vil den udvikle luftblade der morfologisk set er meget forskellige fra undervandsbladene (Allsopp 1965; Sculthorpe, 1967). Luftbladene er tilpasset til livet over vand med bl.a. mere strukturvæv og læbeceller til optagelse af luftens CO<sub>2</sub>, hvorimod undervandsbladene har reduceret strukturvæv og mere opdelt blade for at øge optagelsen af gasser og næringsstoffer under vand. Vand-

formen og luftformen af plantearter der kan udvikle heterofylli kan derfor se meget forskellige ud, og utrænede kan sagtens være i tvivl om, at der er tale om den samme art. Heterofylli kan defineres bredere til også at omfatte arter, der udvikler tyndere og slappere blade når de står under vand, men med samme form som når de står over vand (fx smalbladet mærke, lancetbladet ærenpris), men disse planter er ikke inkluderet i heterofylli i vores analyser.

Heterofylli er en tilpasning til at optimere ressourcetilgængelighed under fluktuerende vanddybde, hvilket er en fordel for planter i vandløb, hvor vandføringen kan ændres meget hen over sæsonerne (Cook og Johnson, 1968). For eksempel falder vandstanden generelt i vandløbene om sommeren pga. lav nedbør og stor fordampning, og derfor vil nogle undervandsplanter vokse op i luften.

**Billede 8.** Almindelig pilblad (øverst) har både undervandsblade og luftblade, som morfologisk set er meget forskellige (heterofylli). Flodklaseskærm (nederst) er en sjælden plante i vandløb. Her et billede af arten i Skjern å. Flodklaseskærm er ligesom almindelig pilblad heterofyl.

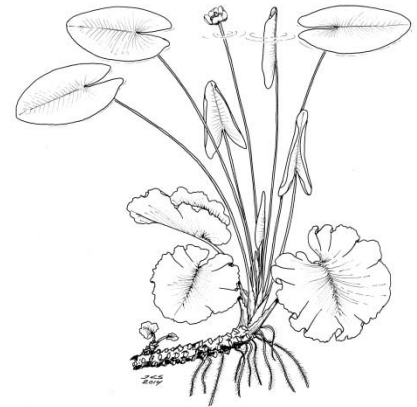




Fritflydende, flydeblade  
Liden andemad



Fritflydende, undervandsblade  
Tornfrøet hornblad



Rodfæstet, flydeblade  
Gul åkande



Rodfæstet, undervandsblade  
Hjerterbladet vandaks



Rodfæstet, luftblade  
Tykskulpet brøndkarse



Rodfæstet, heterofylli  
Almindelig pilblad

**Figur 4.1.** Eksempler på planter der er fritflydende og rodfæstet og overvejende har bladene placeret på vandoverfladen (flydeblade), under vand (undervandsblade) eller emergent i luften (luftblade). Desuden er almindelig pilblad vist som et eksempel på en art der udvikler heterofylli.



Stort set alle arter der vokser i vandløb har flere livsformer, hvilket viser at vandplanterne som gruppe kan karakteriseres som værende meget tilpasningsegne. For eksempel kan svømmende vandaks både have flydeblade og undervandsblade og da disse blade er forskellige er planten også heterofyl.

Almindelig vandranunkel er også repræsenteret med flere livsformer. Den kan både have flydeblade og undervandsblade og som for svømmende vandaks er disse forskellige og arten er derfor også heterofyl. Liden andemad er en af de få arter som kun er repræsenteret med en livsform i vandløb. Den optræder således altid som fritflydende med flydeblade.

De dominerende livsformer på en given strækning forventes især at være afhængige af strømforhold og vandløbets størrelse. Under høje strømhastigheder er det kun rodfæstede planter der kan være til stede. Det skyldes, at flydeblade generelt har meget større trækkræfter end undervandsblade og derfor vil mange flydebladsplanter ikke kunne være til stede ved høje strømhastigheder.

### **4.3 Planters vækstform**

Planter vokser fra vækstpunkter kaldet meristemer. Meristemer kan være placeret forskellige steder på planteindividet, og hos vandløbsplanter optræder både planter med enkelt basalt meristem, enkelt apikalt meristem og flere apikale meristemer (Wilby et al. 2000; Figur 4.2).

Apikale meristemer kan være en fordel for planter der skal strække sig længere for at nå lysniveauer der tillader fotosyntese i bladene. Planter med apikale meristemer kan også generelt blive længere end planter med basale meristemer, og ofte finder man arter med apikale meristemer i dybere og mere uklart vand i fx dybe vandløb med ringe lystilgængelighed. Arterne kan her koncentrere deres biomasse i de øvre dele af vandsøjlen, hvor lystilgængeligheden er størst. Omvendt kan basale meristemer være en fordel de steder hvor der er tilstrækkeligt med lys, men hvor strømmen er stærkere og planten derfor er udsat for et større træk. Dels er risikoen for at miste biomasse mindre, fordi trækket er mindre, dels kan planten hurtigere regenerere hvis den mister biomasse, fordi vækstpunktet ofte vil være intakt. da det ligger ved eller i vandløbsbundens sediment.



Basalt meristem  
Grenet pindsvineknop

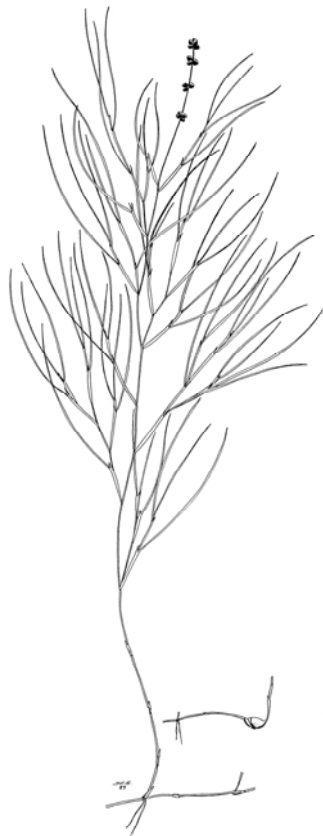
Enkelt apikal meristem  
Smalbladet mærke

Flere apikale meristemer  
Aks-tusindeblad

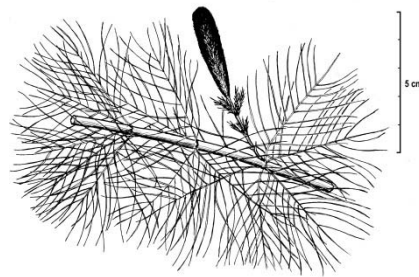
**Figur 4.2.** Eksempler på planter med enkelt basalt meristem, enkelt apikalt meristem, og flere apikale meristemer.

#### 4.4 Overvintringsorganer

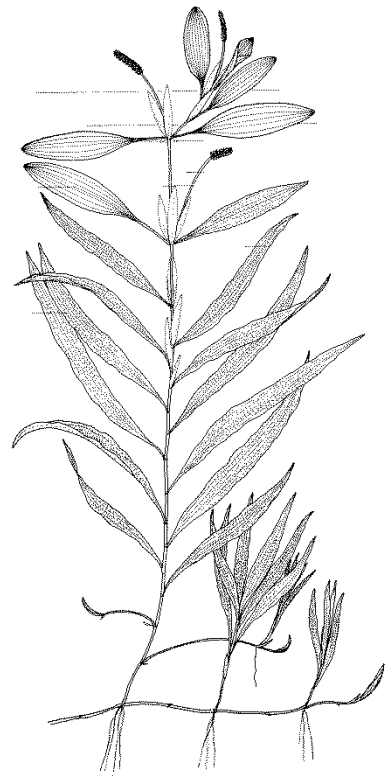
Et plantesamfunds resiliens betegner arternes evne til at genopbygge biomasse i samme omfang som før en ødelæggende forstyrrelse. Planter resiliens er derfor bestemt af deres genetableringevne efter en forstyrrelse. Flere egenskaber spiller en rolle for planternes resiliens herunder planternes spredningsevne i form af mængden af reproduktionsorganer, spredningsevne af kønede og vegetative reproduktionsorganer, væksthastighed af kimplanter og nye skud, og produktionen af underjordiske overvintringsorganer. Her er planter evne til at producere overvintringsorganer medtaget som egenskab for planternes resiliens. Overvintringsorganer kan være overvintringsknolde som det ses hos børsteblandet vanddaks (Figur 4.3). Nogle arter danner såkaldte turioner, der er små fortættede skud med en højt stivelsesindhold. Turioner overvintrer i vandløbet og om foråret skyder et nyt individ fra turionen. Turioner ses hos bl.a. kruset vanddaks og krans-tusindblad (Figur 4.3). Mange vandplanter har desuden rhizomer (jordstængler) som er flerårige, og som utvivlsomt tjener til at disse arter kan overvintrere på en lokalitet. Rhizomer er også stivelsesfyldte og planterne spirer om foråret fra overvintrende knopper på rhizomerne (Moeslund et al. 1990; Figur 4.3)



Overvintringsknolde  
Børsteblandet vandaks



Turioner  
Krans-tusindblad



Rhizomer eller jordstængel  
Rust vandaks

**Figur 4.3.** Eksempler på overvintringsorganer hos vandplanter.

## 5 DVPI og planteegenskaber

Som beskrevet i det tidligere afsnit kan en række egenskaber anvendes til at karakterisere plantesamfundene i vandløb og disse kan give indblik i hvilke faktorer, der især har betydning for planternes fordeling i vandløbene. I praksis gøres dette ved at tildele alle tilstedeværende arter på en vandløbsstrækning en værdi for en given egenskab for herefter at beregne et vægtet gennemsnit for egenskaben (se formel 5.1).

Formel 5.1:

$$\text{Vægtet gennemsnit} = \sum_{i=1}^n p_i \times \text{egenskab}_i$$

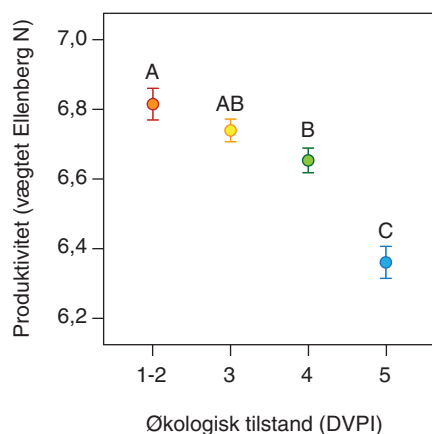
hvor  $p_i$  er den relative andel art  $i$  har i plantesamfundet, og  $\text{egenskab}_i$  er artens værdi for egenskaben (e.g. Lavorel et al. 2008).

Det vægtede gennemsnit giver herefter et mål for i hvor høj grad en given egenskab er karakteristisk for et givet plantesamfund på en given lokalitet. For Ellenberg N vil det vægtede gennemsnit fx give en ganske robust indikation af i hvor høj grad næringsstofferne har indflydelse på planternes hyppighed i vandløbene.

I de analyser der ser nærmere på sammenhænge mellem DVPI og planteegenskaber er medtaget arter, hvor alle egenskaber der beskriver produktivitet, livsform, vækstform og overvintringskapacitet er karakteriseret jævnfør Ellenberg et al. (1992), Willby et al. (2000), Kühn et al. (2004) og Klotz et al. (2002). Det omfatter i alt 55 arter, hvilket er hovedparten af de ægte vandplanter og amfibiske planter der optræder i vandløbene. Disse resultater præsenteres i det følgende.

### 5.1 DVPI og planters produktivitet

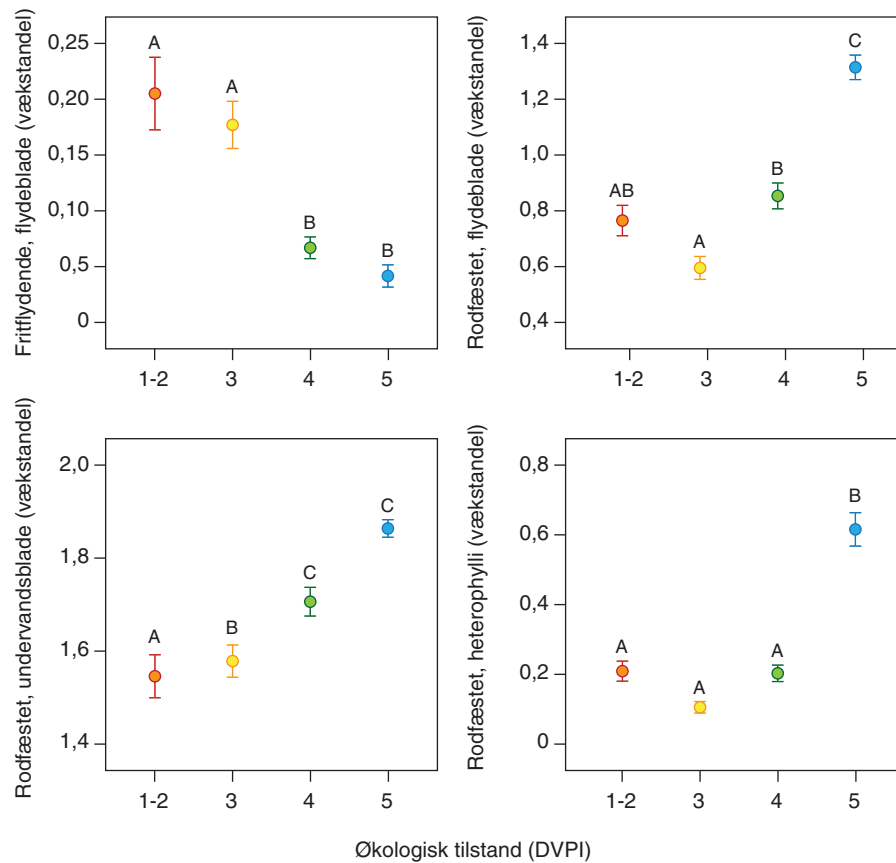
Plantearters produktivitet vurderet ud fra Ellenberg N kan antage en værdi i intervallet 1-10, hvor 1 angiver, at arten har økologisk præference for ekstremt næringsfattige forhold og 10 angiver, at arten har præference for ekstremt næringsrige forhold. Det vægtede gennemsnit vil være et udtryk for det samlede plantesamfunds præference for næringsstoffer. Figur 5.1 viser hvordan det vægtede gennemsnit for Ellenberg N ændrer sig med DVPI klassen. På figuren kan man se, at Ellenberg N generelt er forholdsvis høj i vandløbene, idet værdien varierer mellem 6-7, hvilket afspejler at danske vandløb er naturligt næringsrige. Imidlertid fremgår det også af figuren, at Ellenberg N aftager med stigende DVPI, hvilket betyder at den økologiske tilstand vurderet ud fra plantesamfundene falder med stigende produktivitet. Så selv om næringsstofftilgængeligheden generelt er høj i vandløbene er der alligevel så markante forskelle, at det afspejles i plantesamfundene og dermed i DVPI.



**Figur 5.1.** Figuren viser plantesamfundets produktivitet falder med stigende DVPI klasse. Produktiviteten er beregnet som et vægtet gennemsnit af arternes præference for næringsstoffer udtrykt ved Ellenberg N. På figuren er gennemsnittet og standard fejlen afbildet. Forskellige bogstaver angiver at der er signifikante forskelle på gennemsnitsværdierne.

## 5.2 DVPI og planters livsform

I det følgende ses nærmere på de livsformer, der ændrer sig som funktion af ændringer i DVPI (Figur 5.2), mens vi ikke kigger nærmere på de øvrige livsformer. Læg mærke til at livsformen er udtrykt som et vægtet gennemsnit for plantesamfundet, hvor hver enkelt livsform for hver art er kategoriseret som 0, 1 eller 2 afhængig af om livsformen aldrig er repræsenteret hos arten (0), om den sommetider er repræsenteret (1) eller om den altid er repræsenteret (2). Værdierne på Y-akserne i figur 5.2 afspejler derfor, hvor hyppige de enkelte livsformer optræder i vandløb kategoriseret som henholdsvis DVPI 1-2, 3, 4 og 5 vandløb samt livsformernes relative hyppighed (når delfigurerne sammenlignes).

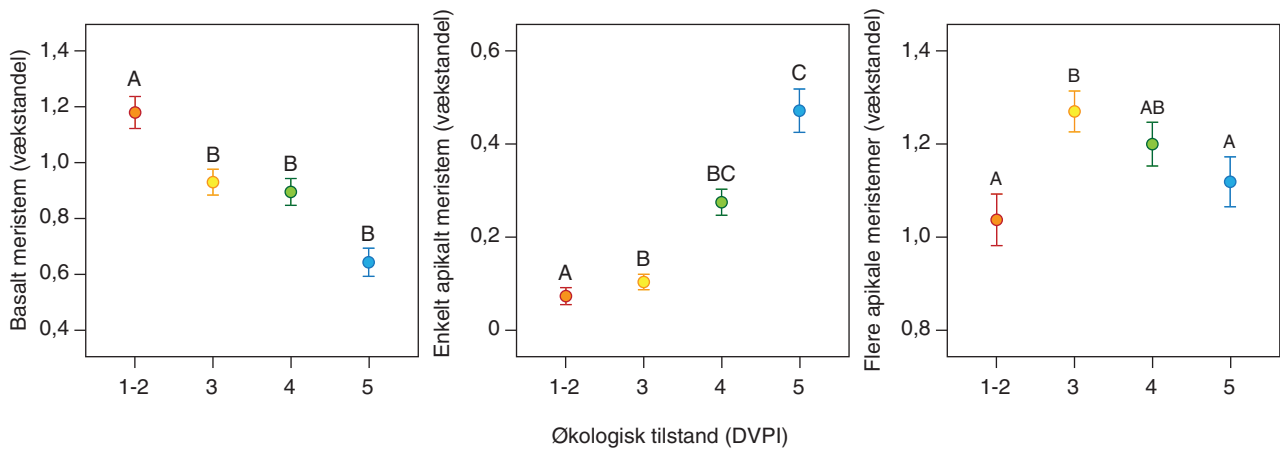


**Figur 5.2.** Figuren viser hvordan de enkelte livsformer hos vandplanterne fordeler sig i vandløbene klassificeret i de forskellige DVPI tilstandsklasser. De enkelte livsformer er udtrykt som et vægtet gennemsnit for plantesamfundet. På figuren er gennemsnittet og standard fejlen afbildet. Forskellige bogstaver angiver at der er signifikante forskelle på gennemsnitsværdierne.

Det fremgår af figuren, at de rodfæstede planter er de hyppigste forekommende i alle vandløb. Især er andelen af arter med undervandsblade og flydeblade stor (høje værdier på Y-aksen), mens andelen af heterofylle arter er mindre (lavere værdier på Y-aksen). Samtidig er andelen af fritflydende arter med flydeblade den mindste (laveste værdier på Y-aksen). Andelen af de forskellige livsformer ændrer sig med DVPI klassen. De fritflydende arter med flydeblade er størst i vandløb med DVPI 1-2 og 3, altså vandløb uden målopfyldelse, sammenlignet med DVPI 4 og 5 vandløbene, mens det modsatte gør sig gældende for de rodfæstede planter med flydeblade, hvor andelen er højest i DVPI 5 vandløbene (Figur 5.2). Det ses også at andelen af rodfæstede planter med undervandsblade blade er størst i DVPI 4 og 5 vandløbene, mens andelen af rodfæstede planter med heterofylle blade er størst i DVPI 5 vandløbene (Figur 5.2).

### 5.3 DVPI og planters vækstform

Planternes meristem kan som tidligere beskrevet være basalt eller apikalt, enten i form af et enkelt apikalt meristem eller flere apikale meristemer. Figur 5.3 viser at der er forskel på hvor hyppigt arter med henholdsvis basale eller apikale meristemer er repræsenteret i DVPI 1-2, 3, 4 og 5 vandløbene (Fig. 5.3). Læg mærke til at Y-aksen igen er et vægtet gennemsnit for plantesamfundet, hvor hver art er kategoriseret en skala fra 0-1, hvor 0 indikerer at arten ikke har den gældende meristemtype, og 1 at den har den gældende

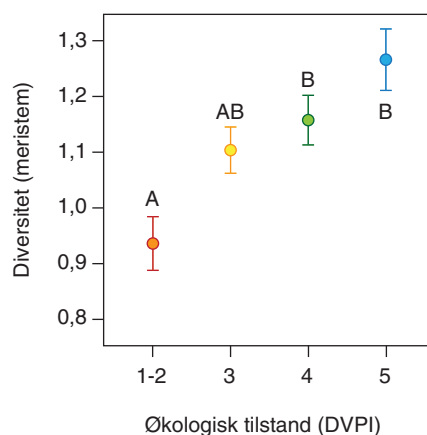


**Figur 5.3.** Figuren viser hvordan de enkelte meristem typer hos vandplanterne fordeler sig i vandløbene klassificeret i de forskellige DVPI tilstandsklasser. For hver enkelt meristem type er angivet et vægtet gennemsnit for plantesamfundet. På figuren er gennemsnittet og standard afvigelser afbildet. Forskellige bogstaver angiver at der er signifikante forskelle på gennemsnitsværdierne.

meristemtype. Det fremgår af figuren, at der er markante forskelle i andelen af de forskellige typer af meristemer. Generelt set er andelen af arter med basale meristemer og flere apikale meristemer større i vandløbene, mens andelen af arter med enkelt apikale meristemer er mindre. Igen ses imidlertid forskelle mellem vandløb klassificeret i DVPI 1-2, 3, 4 og 5. Således er andelen af arter der vokser fra basale meristemer større i vandløb med DVPI 1-2, mens andelen af arter med enkelte apikale meristemer er mindre i DVPI 1-2 og 3 vandløbene. Endvidere ses der en gradvis stigning i andelen af arter med enkelt apikale meristemer med stigende DVPI klasse, men ingen entydige ændringer i andelen af arter med flere apikale meristemer.

Ligesom der kan ses forskelle i andelen af arter der vokser fra basale og apikale meristemer som funktion af DVPI, ses der også forskelle i diversiteten i meristemernes forekomst (Fig. 5.4), hvor diversiteten er udtryk for hvor mange forskellige typer af meristemer der er repræsenteret på en strækning.

**Figur 5.4.** Figuren viser diversiteten i meristemtypernes forekomst hos vandplanter klassificeret i de forskellige DVPI tilstandsklasser. På figuren er gennemsnittet og standard fejlen afbildet. Forskellige bogstaver angiver at der er signifikante forskelle på gennemsnitsværdierne.

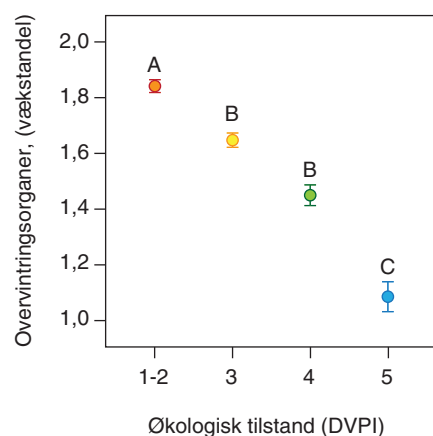


Figur 5.4 viser, at diversiteten stiger med DVPI klassen, hvilket betyder at der er flere typer af meristemer repræsenteret i plantesamfundet. Desuden er der en mere jævn fordeling af arter med de forskellige meristemtyper blandt arter, der forekommer i vandløb med DVPI 4 og 5 sammenlignet med det, der ses i vandløb med DVPI 1-2.

#### 5.4 DVPI og planters overvintringsorganer

Nogle plantearter i vandløb kan overvintrere som friske skud, som fx arter af vandstjerne og vandranunkel, mens andre forsvinder i løbet af efteråret for først at vokse frem igen det efterfølgende forår. Nogle arter kan udvikle særlige overvintringsorganer i form af overvintringsknolde, som sætter dem i stand til hurtigere at vokse frem det følgende forår. Forskellige typer af overvintringsorganer er beskrevet i kapitel 4. Der ses meget store forskelle i andelen af arter, der producerer overvintringsorganer i vandløb klassificeret som henholdsvis DVPI 1-2, 3, 4 og 5. Læg mærke til at Y-aksen i figur 5.5 viser et vægtet gennemsnit for hele samfundet baseret på om de enkelte arter altid producerer overvintringsorganer (2), sommetider gør det (1) eller aldrig gør det (0). Det fremgår tydeligt af figuren, at andelen af arter i plantesamfundet der producerer overvintringsorganer aftager i takt med stigende økologisk tilstandsklasse. Ved DVPI 1-2 er der næsten udelukkende arter, der altid producerer overvintringsorganer, mens der ved DVPI 5 er en mere ligelig fordeling af arter med og uden overvintringsorganer.

**Figur 5.5.** Figuren viser hvordan den vægtede andel af vandplanter med forekomst af overvintringsorganer i plantesamfundene i vandløb klassificeret i forskellige DVPI tilstandsklasser. På figuren er gennemsnittet og standard afvigelser afbildet. Forskellige bogstaver angiver at der er signifikante forskelle på gennemsnitsværdierne.





## 6 DVPI påvirkninger i vandløb

### 6.1 Væsentligste påvirkninger i danske vandløb

#### 6.1.1 Kanalisering

Mere end 90 % af de danske vandløb er blevet kanaliserede, hovedsageligt i perioden 1920-1960, med det formål at sikre afvanding af de vandløbsnære arealer. Den omfattende kanalisering har medført tab af en lang række levesteder i vandløbene (Brookes, 1985). Således er både levesteder der knytter sig til de grovere substrater i strygene og habitater i de langsomt flydende delvist afsnørede dele af vandløbet forsvundet. Mange arter af planter, der er knyttet til disse habitater, har oplevet en markant tilbagegang siden de første reguleringer fandt sted.

Kanaliseringer foretages sjældent i dag, men der opgraves fortsat bundmateriale i mange vandløb. Behovet for opgravninger er størst i meget kanaliserede vandløb med stor sedimenttransport. Sedimentet, der fjernes fra bunden, er primært aflejret som følge af at erosions- og sedimentationsprocesserne, der er anderledes i kanaliserede vandløb.

**Billede 12.** Et vandløb på Fyn som er et kraftigt kanaliseret. På venstre bred kan man se materiale fra en tidligere opgravning af vandløbet.



#### 6.1.2 Samspil mellem land og vand

Kanalisering og opdyrkning af de vandløbsnære arealer medvirker til at begrænse det hydrologiske og biologiske samspil der naturligt vil være mellem selve vandløbet og de tilstødende arealer. Kanaliserede vandløb er ofte gravet dybt ned i terrænet samtidig med, at de vandløbsnære arealer dyrkes. Brinkerne er også ofte påvirkede af gødsning og pesticider. Det betyder, at der ikke findes levesteder for de amfibiske planter og sekundære vandplanter, der ellers vil kunne findes i overgangszonen mellem land og vand (Billede 13).

**Billede 13.** Erosion og deposition af materiale i selve vandløbet samt oversvømmelser på det vandløbsnære areal bevirker, at der er en meget stor tidslig og rumlig variation i udbuddet af levesteder for amfibiske arter og sekundære vandplanter.



### 6.1.3 Ændringer i det hydrologiske regime

Der er også sket markante ændringer i det hydrologiske regime i mange af især de små vandløb flere steder i landet. Disse vandløb kan i perioder have en meget ringe vandføring eller slet ingen. Lav vandstand og vandføring og de relaterede effekter på vandets temperatur og iltindhold kan påvirke tilstedeværelsen af vandløbets organismer. Mange sekundære vandplanter kan i sådanne perioder vokse i hele vandløbsprofilen fra den ene bred til den anden.

**Billede 14.** Et vandløb hvor høj sødgræs dominerer hele vandløbsprofilen. Det sker primært i små vandløb med ringe sommervandføring.



#### 6.1.4 Grødeskæring

Grødeskæring foretages i stort set alle lysåbne vandløb. Grødeskæring udføres primært for at øge afvandingen af de vandløbsnære arealer og for at forhindre, at vandløbet oversvømmer. Grødeskæring er et meget væsentligt indgreb i vandløbssystemerne og berører alle vandløbsorganismer. Plantesamfundene ændrer sig med øget forekomst af skæringstolerante arter, hvor pindsvineknop ofte er nævnt som en af de arter, der er særlig tolerant overfor grødeskæring. Smådyr og fisk mister leve- og skjulesteder i tilknytning til planterne. Samtidig bevirker grødeskæring at sedimenttransporten i vandløbene øges, fordi strømhastigheden øges. Sedimenttransport bidrager også til at ødelægge levesteder for især fisk og smådyr i vandløbene.

**Billede 15.** Grødeskæring i et vandløb. Der grødeskæres meget i danske vandløb og ofte flere gange årligt.



**Billede 16.** Et kraftigt kanaliseret vandløb der netop er blevet grødeskåret.



### 6.1.5 Eutrofiering

I dag er spildevandsrensningen generelt effektiv og det er især den diffuse udledning af næringsstoffer, der spiller en rolle for vandløbssystemerne. De diffuse kilder omfatter i Danmark især landbruget og mindre grad skovbrug mv. Anvendelsen af gødningsstoffer og pesticider i landbruget er med til at øge udledningerne af især kvælstof, fosfor og pesticider. Da landbruget omfatter over 60 % af det danske areal, må hovedparten af vandløb derfor forventes at være påvirket af stoftab fra landbrugsarealer (Wiberg-Larsen et al. 2012). Derudover bidrager den atmosfæriske deposition med kvælstofforbindelser, forsurende stoffer mv. fra emissioner fra kraftværker, industri, trafik og landbrugsproduktion.

**Billede17.** Eksempler på eutrofi-  
erede vandløb. I vandløbet øverst  
dominerer rørgræs og i vandløbet  
nederst dominerer lodden dueurt.



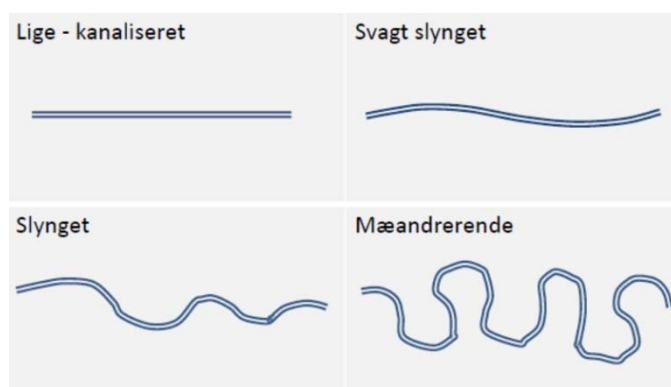
## 6.2 DVPI og påvirkninger

DVPI er udviklet på baggrund af plantearternes sammensætning og der er derfor ikke i udviklingen af indekset taget hensyn til vandløbenes fysiske forhold eller næringsstofbelastningen. Det er derfor interessant at se nærmere på, om DVPI faktisk afspejler de påvirkninger, der i dag anses for at være de vigtigste for plantesamfundene i vandløbene. Der er her særlig fokus på at undersøge, hvordan DVPI varierer i forhold til vandløbsmorfologiske forhold, og også hvordan DVPI varierer med mængden af næringsstoffer.

Som mål for graden af morfologisk påvirkning anvendes vandløbets sinousitet (slyngningsgrad; se boks 6.1) og tværsnitsprofil (se boks 6.1). Antallet af årlige grødeskæringer bruges som et udtryk for påvirkning fra grødeskæring. Derudover anvendes indholdet af opløst fosfor i vandløbene som mål for graden af eutrofiering.

### Boks 6.1: Fysiske påvirkninger

Information vedrørende de fysiske påvirkninger var ikke tilgængelige i det datasæt som ligger til grund for de gennemførte analyser (se boks 2.3). Imidlertid blev der indhentet detaljerede oplysninger om de fysiske forhold i et tidligere afrapporteret projekt "Brug af dansk vandløbsplante indeks i små danske vandløb" (Baattrup-Pedersen et al. 2014). Disse data ligger til grund for data præsenteret i figur 6.1-6.3

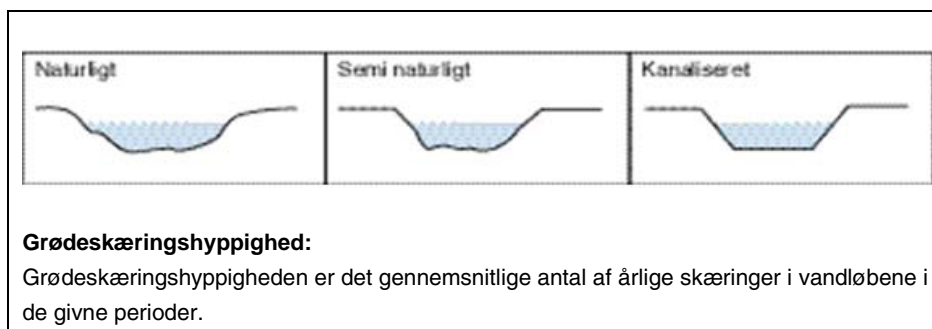


#### Sinousitet:

Sinousiteten kan antage værdierne 0, 1, 2 og 3, hvor 0 svarer til det helt lige og kanaliserede vandløb, 1 svarer til det svagt slyngede vandløb, 2 svarer til det slyngede vandløb og 3 svarer til det meandrerende vandløb.

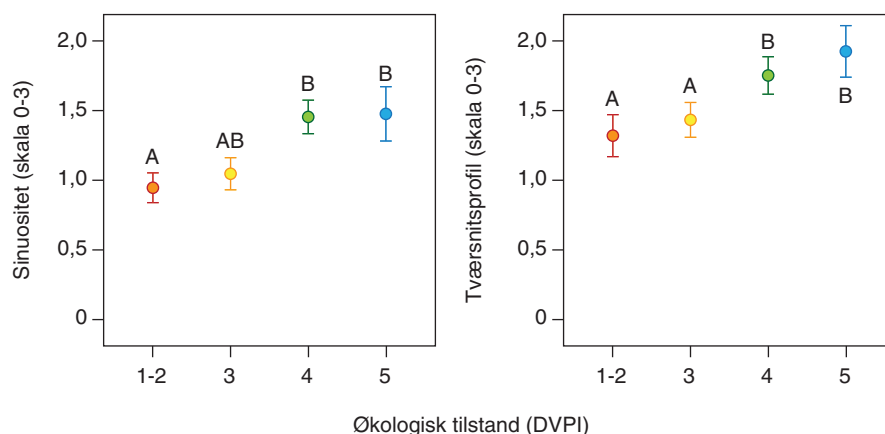
#### Tværsnitsprofil:

Tværsnitsprofilen kan antage værdier 0, 1, 2 og 3, hvor 0 svarer til det rektangulære kanaliserede forløb; 1 svarer til det semi-naturlige tværnsnit, hvor der er tydelige tegn på tidligere kanalisering og hvor vandløbet er nedgravet; 2 svarer til det semi-naturlige tværnsnit, men hvor der er større variation i de fysiske forhold i vandløbet og hvor vandløbet ikke er dybt nedgravet; 3 svarer til det naturlige vandløbstværnsnit hvor der er en naturlig kontakt mellem vandløb og vandløbsnært areal.

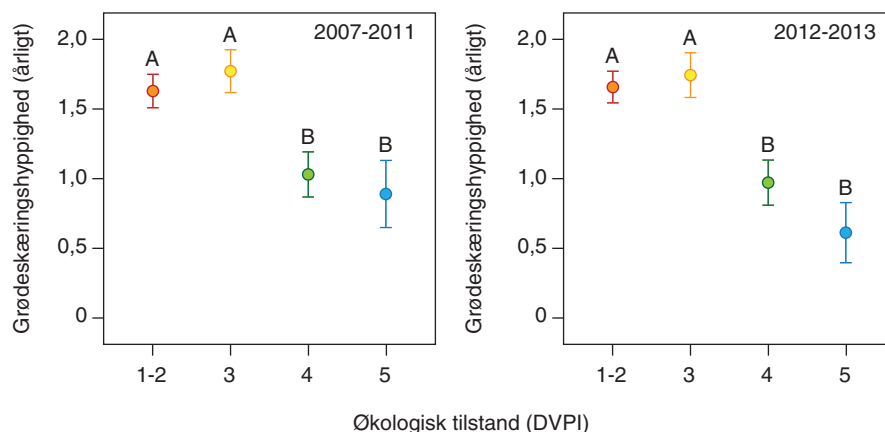


DVPI ændrer sig statistisk signifikant som følge af alle de nævnte påvirkningstyper. Det kan ses i figur 6.1 for de morfologiske forhold, i figur 6.2 for grødeskæringshyppigheden og i figur 6.3 for eutrofiering. DVPI 1-2 vandløbene er i højere grad kanaliserede, hvilket er afspejlet i både slyngningsgrad og tværsnitsprofil, og grødeskæringen er mere omfattende i disse vandløb sammenlignet med DVPI 4 og 5 vandløbene. De fysiske karakteristika og grødeskæringshyppigheden i DVPI 3 vandløbene adskiller sig ikke i væsentlig grad fra den der ses i DVPI 1-2 vandløbene.

**Figur 6.1.** Figuren viser sinuositeten af vandløb klassificeret i forskellige tilstandsklasser med anvendelse af DVPI samt vandløbenes tværsnitsprofil. Sinuositet og tværsnitsprofil er defineret i boks 6.1. På figuren er gennemsnittet og standard fejlen afbildet. Forskellige bogstaver angiver at gennemsnitsværdier er signifikant forskellige.

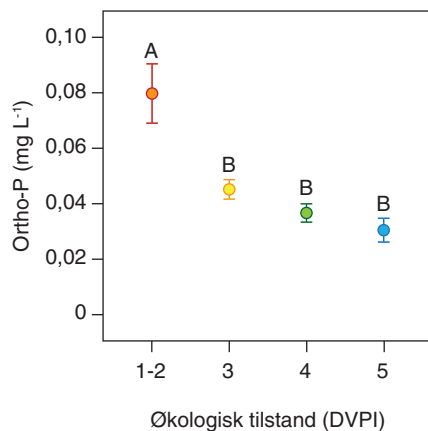


**Figur 6.2.** Figuren viser den gennemsnitlige årlige grødeskæringshyppighed i vandløb klassificeret i forskellige tilstandsklasser med anvendelse af DVPI i to perioder 2007-2011 og 2012-2013. På figuren er gennemsnittet og standard fejlen afbildet. Forskellige bogstaver angiver at gennemsnitsværdier er signifikant forskellige.



Figur 6.3 viser hvordan indholdet af opløst fosfor i vandløbene ændrer sig afhængig af DVPI klassen således, at indholdet af opløst fosfor er signifikant højere i DVPI 1-2 vandløbene end i de øvrige vandløb.

**Figur 6.3.** Figuren viser den gennemsnitlige indhold af opløst fosfor i vandløb klassificeret i forskellige tilstandsklasser med anvendelse af DVPI. Data er baseret på 6 årlige målinger. På figuren er gennemsnittet og standard afvigelser afbildet. Forskellige bogstaver angiver at gennemsnitsværdier er signifikant forskellige.



### 6.3 Flere samtidigt-virkende påvirkninger

DVPI ændrer sig som funktion af ændringer i de typer af påvirkninger, som i dag anses for væsentlige for plantesamfundene i danske vandløb. Indekset antager de højeste værdier i vandløb med naturlig profil og slyngningsgrad og samtidig falder det med øget hyppighed af grødeskæring og stigende koncentrationer af opløst fosfor i vandløbene.

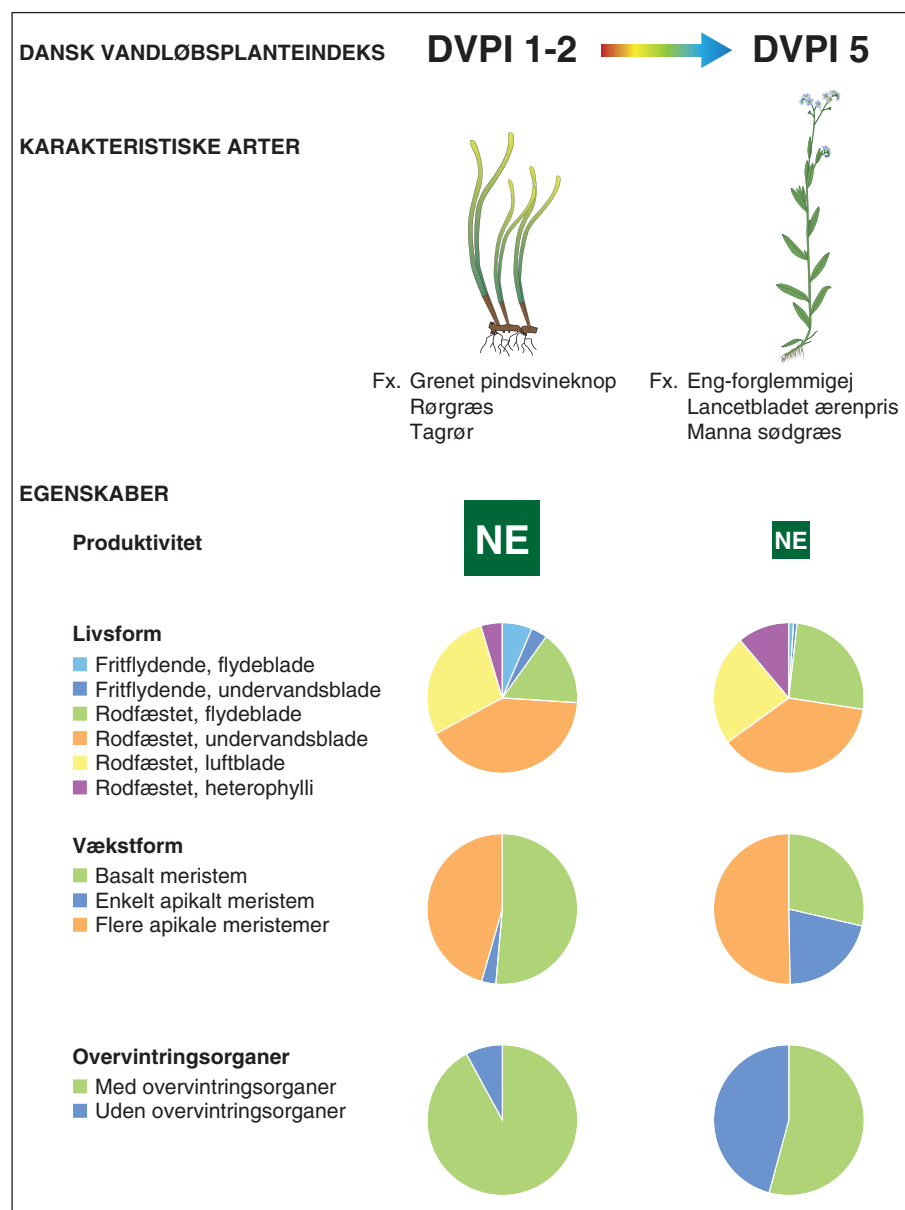
Imidlertid er der også variation indenfor de forskellige DVPI klasser. Dette er ikke overraskende set i lyset af, at DVPI afspejler flere samtidigt virkende forhold. Eksempelvis vil et vandløb der grødeskæres, men som ellers har et forholdsvist naturligt profil kunne have mindre påvirkede plantesamfund, sammenlignet med et vandløb med et meget kanaliseret profil, som er udsat for en tilsvarende grødeskæringsintensitet, bl.a. fordi kantzonen kan virke som refugium for amfibiske arter og sekundære vandplanter, hvorfra de kan genindvandre efter en skæring. Vandløb med meget høje koncentrationer af opløst fosfor kan også have en lavere DVPI værdi end et vandløb som er fysisk tilsvarende, men som har et mindre indhold af opløst fosfor.

Den fundne variation skyldes formentlig også, at plantesamfundene ikke kun afspejler det nutidige men også det historiske påvirkningsbillede. Forurening fra punktkilder var væsentlig mere betydende tidligere, grødeskæringerne var mere omfattende, og der blev også oftere foretaget opgravninger i vandløbene (Wiberg-Larsen et al. 2012; Iversen & Ovesen 1997). Det historiske påvirkningsbillede kan fortsat være af betydning for plantesammensætningen i vandløbene nu og dermed for DVPI. Således kan mange arter være forsvundet fra strækninger, hvor der ikke umiddelbart kan ske en genindvandring, også selvom der ikke er den samme grad af påvirkning mere, eller hvor genindvandringen kun langsomt er i gang. Det er også muligt, at arter fortsat kan være i tilbagegang på lokaliteter, som fortsat påvirkes, eller hvor påvirkningen er intensiveret, og at disse arters hyppighed derfor heller ikke er tæt koblet til det nutidige påvirkningsbillede (Cavalli et al. 2014). Det vil nok primært gælde arter, der er lokalt hyppige, men med spredt regional forekomst (se diskussion i Cavalli et al. 2014).

## 7 Konklusion

Der er en lang række forskelle i plantesamfundene i vandløb klassificeret med DVPI i de forskellige økologiske tilstandsklasser. Billede 18 viser vandløb, hvor vandløbskvaliteten er aftagende vurderet ud fra DVPI. Nogle af de væsentligste forskelle i plantesamfundene er summeret op i figur 7.1.

**Figur 7.1.** Figuren viser væsentlige forskelle i plantesamfund klassificeret i forskellige økologiske tilstandsklasser med DVPI. Der er identificeret forskellige indikatorarter for de forskellige tilstandsklasser ligesom der er forskelle i plantesamfundenes egenskaber. NE er forkortelse for Ellenberg N, som mål for plantesamfundets næringsstofpræferance.



Især er de små amfibiske og sekundære vandplanter tilknyttet overgangszonen mellem land og vand langt hyppigere i vandløb med høj DVPI tilstandsklasse, mens høje og produktive bredzone-arter er hyppigere i vandløb med ringe og moderat DVPI tilstand. Der er også forskelle i de egenskaber, der karakteriserer plantesamfundene. Især er andelen af arter, der vokser fra basale meristemer væsentlig mindre i vandløb med høj tilstand sammenlignet med vandløb med ringe DVPI tilstand. Det er også i vandløbene med høj DVPI tilstand, at der er en større andel af arter der vokser fra enkelt apikale meristemer, ligesom andelen af arter med heterophylle blade og undervandsblade er større i disse vandløb. Til gengæld er andelen af fritfly-



dende arter med flydeblade og rodfæstede arter med flydeblade markant mindre. Det mest karakteristiske er måske, at det især er arter med særlige overvintringsorganer, der bliver mere udbredte i takt med, at DVPI falder fra 1-2 til 5.

**Billede 18.** Vandløbene viser forskellige grader af fysisk påvirkning og de har også forskellige plantesamfund og forskellige DVPI tilstandsklasser. Det øverste vandløb er stærkt kanaliseret med forekomst af fortrinsvis arter der vokser fra basale meristemer, hvilket også tyder på at vandløbet er meget påvirket af grødeskæring. Vandløbet i midten har et mere naturligt profil, men det er tydeligt at næringsstoffer spiller en rolle for vandløbet. Således er der forekomst af mange næringselskende arter i overgangen mellem land og vand. Vandløbet er også påvirket af grødeskæring. Det nederste vandløb har sit naturlige forløb og er i tæt hydrologisk kontakt med de vandløbsnære arealer. Der er forekomst af en række amfibiske arter og sekundære vandplanter i vandløbet og i overgangen mellem land og vand. Der forekommer også en række heterofylle arter i vandløbet.



## 8 Referencer

Allsopp, A. (1965). Land and water forms: Physiological aspects. *Handbuch Pflanzenphysiol.* 15: 1236–1255.

Baagøe J. & Ravn F.K. (1896) Excursioner til jydsk søer og vandløb i sommeren 1895 (in Danish). *Botanisk Tidsskrift*, 20, 288–326.

Baatrup-Pedersen, A., Larsen, S.E. 2013 Udvikling af planteindeks til brug i danske vandløb. Vurdering af økologisk tilstand (Fase I), Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, nr. 60, 1-35

Baatrup-Pedersen, A., Springe, G., Riis, T., Larsen, S.E., Sand-Jensen, K., Larsen, L.M.K. (2008) The search for reference conditions for stream vegetation in northern Europe. *Freshwater Biology*, 53, 1890-1901.

Baatrup-Pedersen, A., Larsen, S. E., Riis, T. (2002) Long term effects of stream management on plant communities in two Danish lowland streams. *Hydrobiologia*, 481, 33-45

Baatrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., Kristensen E. A., Ejrnæs, R. 2010. Biodiversitet i vandløb – er tilbagegangen for Vandaks standset? *Vand og Jord*, 17, 103-108.

Baatrup-Pedersen, A., Wiberg-Larsen, P., Larsen, S. E. og Bøgestrand, J. 2014 (i udkast). Brug af Dansk Vandløbsplante Indeks i små danske vandløb. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.

Birk, S. & N. Wilby, N. 2010. Towards harmonization of ecological quality classification: establishing common grounds in European macrophyte assessment for rivers. *Hydrobiologia*, 652, 149-163.

Brookes A. (1985) River channelization: traditional engineering methods, physical consequences and alternative practices. *Progress in Physical Geography*, 9, 44±73.

Cavalli, G., Baatrup-Pedersen, A., Riis, T. 2014. The role of species functional traits for distributional patterns in lowland stream vegetation. *Freshwater Science*, 33, 1074-1085.

Cook S.A. and M. P. Johnson (1968). Adaptation to heterogenous environments I. Variation in heterophylly in *Ranunculus flammula* L. *Evolution* 22: 496-516.

Ellenberg, H. H. E., Weber, R., Düll, V., Wirth, W., Werner & Paulissen D. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica*, 18, 1-258.

Grime, J. P. 1979: Plant strategies and vegetation processes. Chichester, John Wiley & Sons.

Iversen, H.L. & Ovesen, N.B. (1997) Vandføringsevne i danske vandløb 1976-95. Faglig rapport fra DMU nr. 189, Miljø- og Energiministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser, 58 s.

Klotz, S., I. Kühn and W. Durka (2002). BIOLFLOR — Eine Datenbank zu biologisch-ökologischen Merkmalen der Gefäßpflanzen in Deutschland. Schriftenreihe für Vegetationskunde. Bundesamt für Naturschutz, Bonn. (In German)

Kühn, I., W. Durka and S. Klotz (2004). BiolFlor - A new plant-trait database as a tool for plant invasion ecology. *Diversity and Distributions* 10: 363-365.

Lacoul, P., Freedman, B. 2006. Environmental influences on aquatic plants in freshwater ecosystems. *Environ. Rev.* Vol. 14, 89-136.

Lavorel, S., K. Grigulis, S. McIntyre, N. S. G. Williams, D. Garden, J. Dorrough, S. Berman, F., Quétier, A. Thebault and A. Bonis (2008) Assessing functional diversity in the field – methodology matters! *Functional Ecology* 22:134-147.

Moeslund B., Løjtnant B., Mathiesen H., Mathiesen L., Pedersen A., Thyssen N., Schou J.C. (1990) Danske vandplanter. The Danish Environmental Protection Agency, DMU, Miljønyt nr. 2.

Moeslund, B. 2004. Erfaringer med grøde i vandløb med hensyn til vedligeholdelse, afvanding og vandløbskvalitet. Skov- og Naturstyrelsen.

Riis, T., Sand-Jensen, K., Vestergaard, O. (2000) Plant communities in lowland streams: species composition and environmental factors. *Aquatic Botany*, 66, 255-272

Riis, T., Sand-Jensen, K., Larsen, S. E. (2001) Plant distribution and abundance in relation to physical conditions and location within Danish stream systems. *Hydrobiologia*, 448, 217-228

Riis, T., Sand-Jensen, K. (2001) Historical changes of species composition and richness accompanying disturbance and eutrophication of lowland streams over 100 years. *Freshwater Biology*, 46, 269-280

Sculthorpe, C. D. (1967). *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. London, Edward Arnold Ltd.

Sand-Jensen, K., Pedersen, M.F., Nielsen, S.L. 1992. Photosynthetic use of inorganic carbon among primary and secondary water plants in streams. *Freshwater Biology*, 27, 283-293.

Southwood, T. R. E 1977: Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal Ecology* 46: 337-365.

Southwood, T. R. E. 1988: Tactics, strategies and templets. *Oikos* 52: 3-18.

Wallin M, Wiederholm T, Johnson R. Guidance on establishing reference condition and ecological status class boundaries for inland surface waters. Final report to the European Commission from CIS Working Group 2.3. REFCOND; 2003.  
([http://www.minenv.gr/pinios/00/odhgia/7th\\_draft\\_refcond\\_final.pdf](http://www.minenv.gr/pinios/00/odhgia/7th_draft_refcond_final.pdf)).

Wiberg-Larsen, P., Jørgen Windolf, Jens Bøgestrand, Annette Baattrup-Pedersen, Esben Astrup Kristensen, Søren Erik Larsen, Hans Thodsen, Niels Bering Ovesen, Rikke Bjerring, Brian Kronvang & Ane Kjeldgaard 2013: Vandløb 2012. NOVANA. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 84 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 75. <http://dce2.au.dk/pub/SR75.pdf>

Willby, N. J.; Abernethy, V. J.; Demars, B. O. L. 2000. Attribute-based classification of European hydrophytes and its relationship to habitat utilization. *Freshwater Biology* 43: 43-74.

*[Tom side]*

## DVPI OG ØKOLOGISK TILSTAND: KARAKTERISTIK AF PLANTESAMFUNDENE OG RELATION TIL PÅVIRKNINGER

I denne rapport beskrives de plantesamfund, der ligger bag en given DVPI klasse, herunder hvad disse plantesamfund fortæller om vandløbets økologiske tilstand samt, hvorledes disse er relateret til påvirkninger i vandløbene.