

**Miljøkontrollen, Københavns Kommune**

**Undersøgelse af bundfauna  
i Københavns Havn i 2003**

**Rapport  
December 2003**

## Undersøgelse af bundfauna i Københavns Havn i 2003

Agern Allé 5  
2970 Hørsholm

Tlf: 4516 9200  
Fax: 4516 9292  
Initialer: jba/msl  
E-mail: dhi@dhi.dk  
Web: www.dhi.dk

December 2003

Klient  Miljøkontrollen Københavns Kommune	Klientens repræsentant  Jan Burgdorf Nielsen
--	--

Projekt  Undersøgelse af bundfauna i Københavns Havn i 2003	Projekt nr.  52611
---	--------------------------

Forfattere  Jørgen Birklund	Dato December 2003
	Godkendt af Jesper Dørge

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

1	Rapport	JBA	JED	JED	19.DEC 2003 /MSL
---	---------	-----	-----	-----	---------------------

Revision	Beskrivelse	Udført	Kontrolleret	Godkendt	Dato
----------	-------------	--------	--------------	----------	------

Nøgleord  Bundfauna Sediment Københavns Havn	Klassifikation  <input type="checkbox"/> Åben  <input type="checkbox"/> Intern  <input checked="" type="checkbox"/> Tilhører klienten
--	---

Distribution		Antal kopier
Miljøkontrollen	Jan Burgdorf Nielsen	2
DHI:	JBA, Bibl.	2



## **INDHOLDSFORTEGNELSE**

1	BAGGRUND OG FORMÅL .....	1-1
2	PRØVETAGNING OG ANALYSER .....	2-1
2.1	Prøvetagning .....	2-1
2.2	Kemiske og biologiske analyser .....	2-1
2.3	Statistiske analyser .....	2-3
3	RESULTATER - SEDIMENT .....	3-1
3.1	Generelt om sedimentationsforhold i Københavns Havn .....	3-1
3.2	Sedimentet i Københavns Havn i 2003 .....	3-1
3.3	Sedimentet i Sydhavnen i 1986, 1990 og 2003 .....	3-5
4	RESULTATER - BUNDFAUNA .....	4-1
4.1	Bundfauna i Københavns Havn i 2003 .....	4-1
4.2	Bundfauna i Sydhavnen i 1990 og 2003 .....	4-8
5	VURDERING OG SAMMENFATNING .....	5-1
5.1	Sedimentforhold .....	5-1
5.2	Bundfauna .....	5-1
6	REFERENCER .....	6-1

## **BILAG**

1	Prøvetagningsstationer i Københavns Havn 2003
2	Resultatet af sedimentanalyser samt beskrivelse af de analyserede prøver i 2003
3	Bundfaunaens arts- og individsammensætning i 2003
4	Biomasse af faunagrupper i 2003
5	MDS- plot som viser abundans af udvalgte arter i 2003



## **1 BAGGRUND OG FORMÅL**

Miljøkontrollen i København Kommune har gennemført en undersøgelse af bundfaunaen i Københavns Havn i september og oktober 2003. Indsamlingen af prøver, som er forestået af Miljøkontrollen, har omfattet Nordhavnen, Inderhavnen og Sydhavnen, dvs. området fra Kronløbet til Sjællandsbroen.

Der er ikke tidligere foretaget en undersøgelse af bundfaunaen i hele Københavns Havn. I forbindelse med en udvidelse af H.C. Ørstedværket blev der gennemført en biologisk undersøgelse omkring kølevandsudløbet i Sydhavnen i 1977 og en mindre biologisk kortlægning i kraftværkets udledningsområde i 1986 /1, 2/. I 1990 blev der gennemført en generel kortlægning af bundfauna og sedimentforhold i Sydhavnen /3/.

Formålet med den aktuelle undersøgelse er at belyse bundfaunaens kvalitative og kvantitative tilstand i Københavns Havn og at sammenligne den nuværende bundfauna i Sydhavnen med resultatet af undersøgelsen i 1990.

Rapporten er udarbejdet af DHI Institut for Vand og Miljø i samarbejde med Miljøkontrollen, som har produceret stationskort og kommenteret rapporten.



## **2 PRØVETAGNING OG ANALYSER**

### **2.1 Prøvetagning**

I september og oktober 2003 blev der af Miljøkontrollen udtaget bundfaunaprøver på i alt 57 stationer i Københavns Havn (bilag 1 og figur 2.1).

Prøvetagningen på station 1-58 blev foretaget med en Haps-bundhenter, som udtager en sedimentkerne med et overfladeareal på 143 cm<sup>2</sup> (1/70 m<sup>2</sup>). Sedimentkernens længde afhænger af bundens hårdhed og kan være 15-25 cm på blød bund. På en række stationer bl.a. i Nordhavnen var bunden ret hård og sedimentkernerne kortere. Desuden kan muslingeskaller og sten i sedimentet vanskeliggøre prøvetagningen, hvilket var tilfældet på en række stationer.

På 8 stationer (A til H) i Slotsholmskanalen og Christianshavns Kanal blev prøverne udtaget fra et mindre fartøj med en lille van Veen grab, som udtager et overfladeareal på 250 cm<sup>2</sup> (1/40 m<sup>2</sup>). Afhængigt af bundens hårdhed kan grabben udtage de øverste 5-10 cm af sedimentet.

På hver af de i alt 57 stationer blev der udtaget én bundfaunaprøve. Desuden blev der på en række stationer udtaget én eller flere bundprøver til sedimentanalyse. I to tilfælde blev sedimentprøver fra 3 stationer slået sammen til én sedimentprøve. Det var tilfældet på station 1, 2 og 3 samt på station 4, 5 og 6, se bilag 2. Der blev i alt indsamlet sedimentprøver på 48 stationer, se bilag 2.

Bundfaunaprøverne blev sigtet gennem i en 1 mm sigte og sigteresten konserveret i sprit tilsat Bengalsk Rosa. Herved farves dyrene røde, hvilket gør udsorteringen mere effektiv. Sedimentprøverne blev opbevaret i mærkede plastposer.

Positioner og vanddybde på stationerne fremgår af bilag 1.

### **2.2 Kemiske og biologiske analyser**

Sedimentprøverne blev analyseret for tørstofindhold og glødetab, som er et tilnærmet mål for sedimentets indhold af organisk stof. Analyserne blev gennemført som dobbeltbestemmelse efter DS 204. Der blev foretaget en beskrivelse af sedimentet i forbindelse med udtagningen af delprøver til de kemiske analyser, se bilag 2.

Dyrene i faunaprøverne blev udsorteret, henført til art eller til lavest mulige taksonomiske niveau og optalt. Biomassen af de forekommende hovedgrupper, dvs. børsteorme, oligochæter, muslinger ekskl. blåmuslinger, blåmuslinger, snegle, krebsdyr, myggelarver og nemertiner blev opgjort inklusive skaller som vådvægt og tørvægt efter varmetørring til konstant vægt.

De kemiske og biologiske analyser blev udført af Dansk Biologisk Laboratorium.





Figur 2.1 Stationer i Københavns Havn, hvor der blev udtaget bundfaunaprøver i september og oktober 2003.



## 2.3 **Statistiske analyser**

Der er anvendt en non-parametrisk Mann-Whitney U-test til at sammenligne de analyserede variable enkeltvis /4/. Multivariate statistiske analyser herunder klyngeanalyse og ordination (non-metrisk multidimensional scaling, MDS) er benyttet til at belyse sedimentets og bundfaunaens struktur. Analyser af sediment og bundfauna er baseret på beregning af similaritet, henholdsvis Euklidisk distance og Bray-Curtis på 4. rod transformerede individantal (abundans) og biomasse (tørvægt). Beregningerne er udført ved anvendelse af programpakken PRIMER, som er udviklet til at belyse strukturen i bundsamfund /5/.

Med henblik på at belyse en eventuel stedlig variation i sediment og bundfauna er havnen delt i 4 delområder som vist i tabel 2.1.

*Tabel 2.1 Inddeling af Københavns Havn anvendt i beskrivelse og analyse af stedlig variation.*

<b>Delområde</b>	<b>Afgrænsning</b>	<b>Antal stationer</b>	<b>Stationer</b>
Nordhavnen	Kronløb til Nordre Toldbod	20	36-55
Inderhavnen	Nordre Toldbod til Langebro	15	15-35, 56-58
Sydhavnen	Langebro til Sjællandsbroen	14	1-14
Kanalerne	Slotholmskanalen og Christianshavns Kanal	8	A-H



### **3 RESULTATER - SEDIMENT**

#### **3.1 Generelt om sedimentationsforhold i Københavns Havn**

Sammensætningen af overfladesedimentet i et stort og komplekst område som Københavns Havn vil naturligt være meget varieret. Københavns Havn er et gennemstrømningsområde, hvor strømretning og strømhastighed varierer afhængigt af vandstand og strøm i Øresund. Strømforholdene og vandudskiftningen i havnen må forudses at variere betydeligt selv indenfor korte afstande som følge af havnens topografi. Det indebærer at havnen kan forventes at være et meget inhomogent sedimentationsmiljø.

Afstanden fra Kronløbet til Sjællandsbroen er omkring 8 km. I hovedløbet reduceres vanddybden i sejlrenden fra 9,5 m i Nordhavnen og Inderhavnen til 4 m i Sluseløbet i Sydhavnen. Samtidig indsnævres tværsnitsarealet af havnen kraftigt fra Nordhavnen, hvor hovedløbet med dybder større end 6 m har en bredde på ca. 500 m til det smalleste sted i Inderhavnen ved Knippelsbro, hvor havneløbets bredde er mindre end 100 m. Strømhastigheden i hovedløbet vil være stærkt varierende gennem havnen og generelt vil vandudskiftningen og påvirkningen fra Øresund aftage fra nord til syd. Strømhastigheden vil være størst i hovedløbet og i indsnævrede havnetværsnit. Aflejringen af fint materiale og organisk stof må især forventes i strømstille områder, dvs. i havnebassiner og lavvandede områder samt kanaler i tilslutning til hovedløbet.

Det organiske materiale i sedimentet kan være tilført med spildevand (regnvandsoverløb) og dels stamme fra sedimenterede planktonalger produceret i og udenfor havnen. I visse dele af havnen er der ålegræs ligesom der formentligt er børstebledet vandaks i kanalerne. Desuden er der en betydelig begroning af makroalger på spunsvægge og sten som ligeledes bidrager til den organiske stofpulje i havnen.

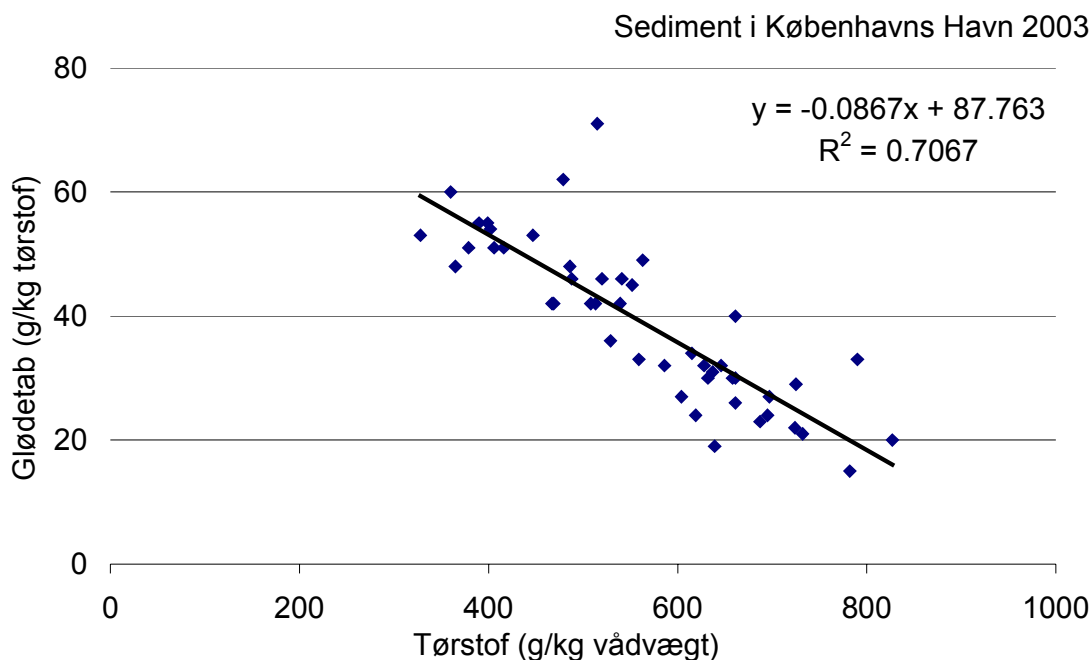
#### **3.2 Sedimentet i Københavns Havn i 2003**

Sedimentprøverne er indsamlet på 2-9 m dybde (bilag 1). Sedimentets tørstofindhold varierer fra ca. 300 g/kg vådvægt (30%) til ca. 800 g/kg vådvægt (80%), se bilag 2. Sedimenter med et højt tørstofindhold består helt overvejende af sand, hvorimod prøver med et lavt tørstofindhold repræsenterer et typisk blødt aflejrings sediment med et højt indhold af silt og ler.

Sedimentets indhold af organisk stof målt som glødetab varierer typisk mellem 20 g/kg tørstof (2%) og 60 g/kg tørstof (6%), se bilag 2.

Der er en negativ lineær korrelation mellem sedimentets tørstofindhold og glødetab (figur 3.1).





Figur 3.1 Sammenligning af tørstofindhold og glødetab i sedimentprøver indsamlet i Københavns Havn i 2003.

I forhold til den generelle lineære sammenhæng mellem tørstof og glødetab er der målt et forhøjet glødetab på 7% i sedimentet på station 27 i Inderhavnen. Indholdet af organisk stof i prøven fra denne station var atypisk inhomogent, idet dobbeltbestemmelsen viste glødetab på henholdsvis 4,2% og 10%, jf. den store standardafvigelse på st. 27 i bilag 2. Der er ikke i de øvrige prøver vist en tilsvarende forskel på dobbeltbestemmelserne og sedimentprøven fra st. 27 kan derfor ikke betragtes som repræsentativ.

I tabel 3.1 er der foretaget en sammenligning af sedimentprøver indsamlet i Nordhavnen, Inderhavnen og Sydhavnen samt kanalerne.

Tabel 3.1 Gennemsnitlig vanddybde samt sedimentets tørstofindhold og glødetab (gennemsnit og variationsinterval) i forskellige delområder af havnen i 2003.

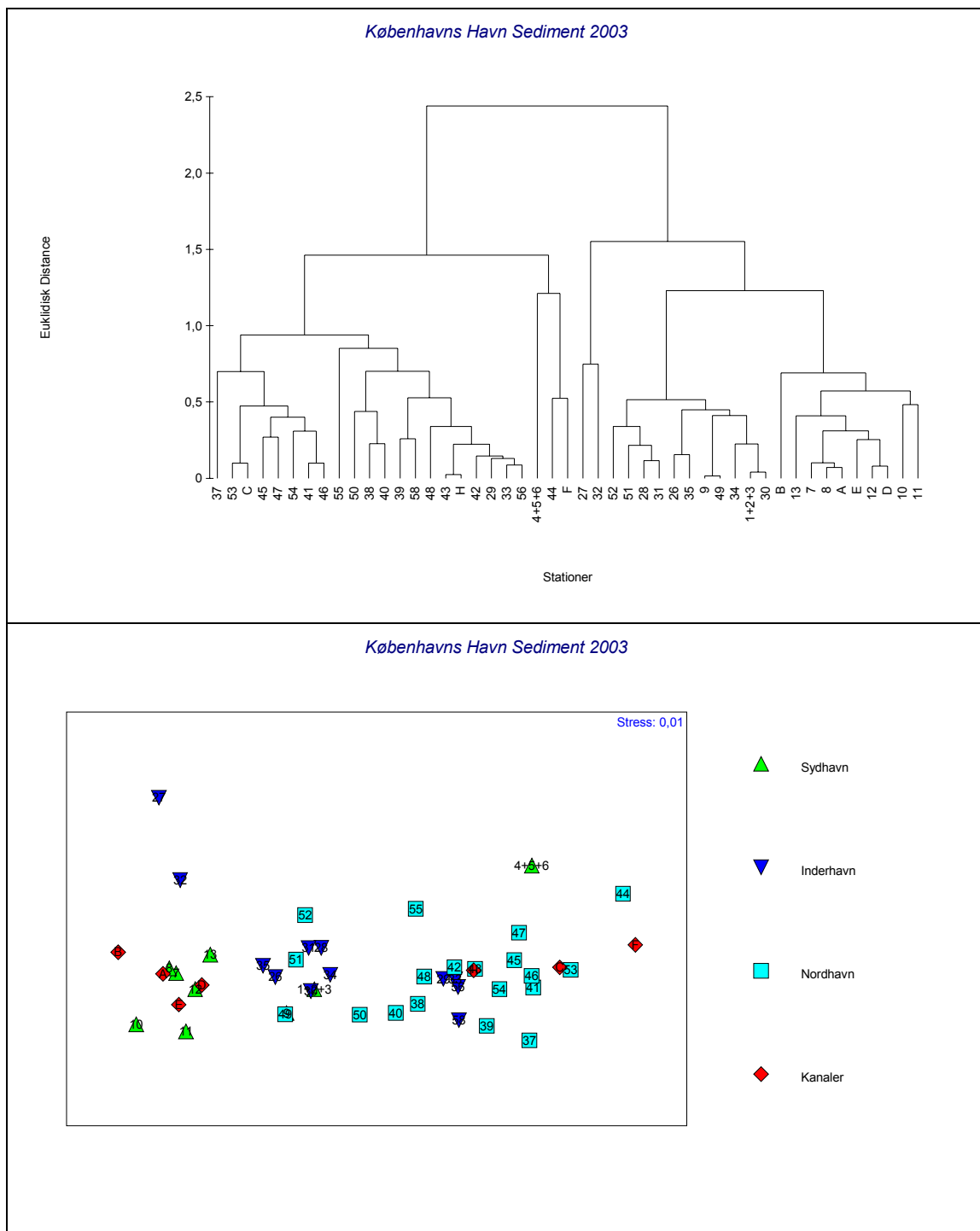
Delområde	Dybde m	Antal prøver	Tørstof i %		Glødetab i %	
			Gennemsnit	Variation	Gennemsnit	Variation
Nordhavnen	6,3	19	64	47-83	3,1	1,9-4,9
Inderhavnen	6,4	12	55	48-64	4,4	2,7-7,1
Sydhavnen	4,0	9	46	33-79	4,8	3,3-5,5
Kanalerne	3,0	7	53	36-78	4,1	1,5-6,0
<b>Hele havnen</b>	<b>5,3</b>	<b>47</b>	<b>56</b>	<b>33-83</b>	<b>3,9</b>	<b>1,5-7,1</b>

Der er en tydelig gradient i sedimentets sammensætning fra nord til syd i havnen. Sedimentets tørstofindhold reduceres fra gennemsnitligt 64% i Nordhavnen til 46% i Sydhavnen. Samtidig øges indholdet af organisk stof i sedimentet fra gennemsnitligt 3,1% til 4,8%. Kanalerne ligger i Inderhavnen og sedimentets gennemsnitlige tørstofindhold og glødetab er næsten som i Inderhavnen.

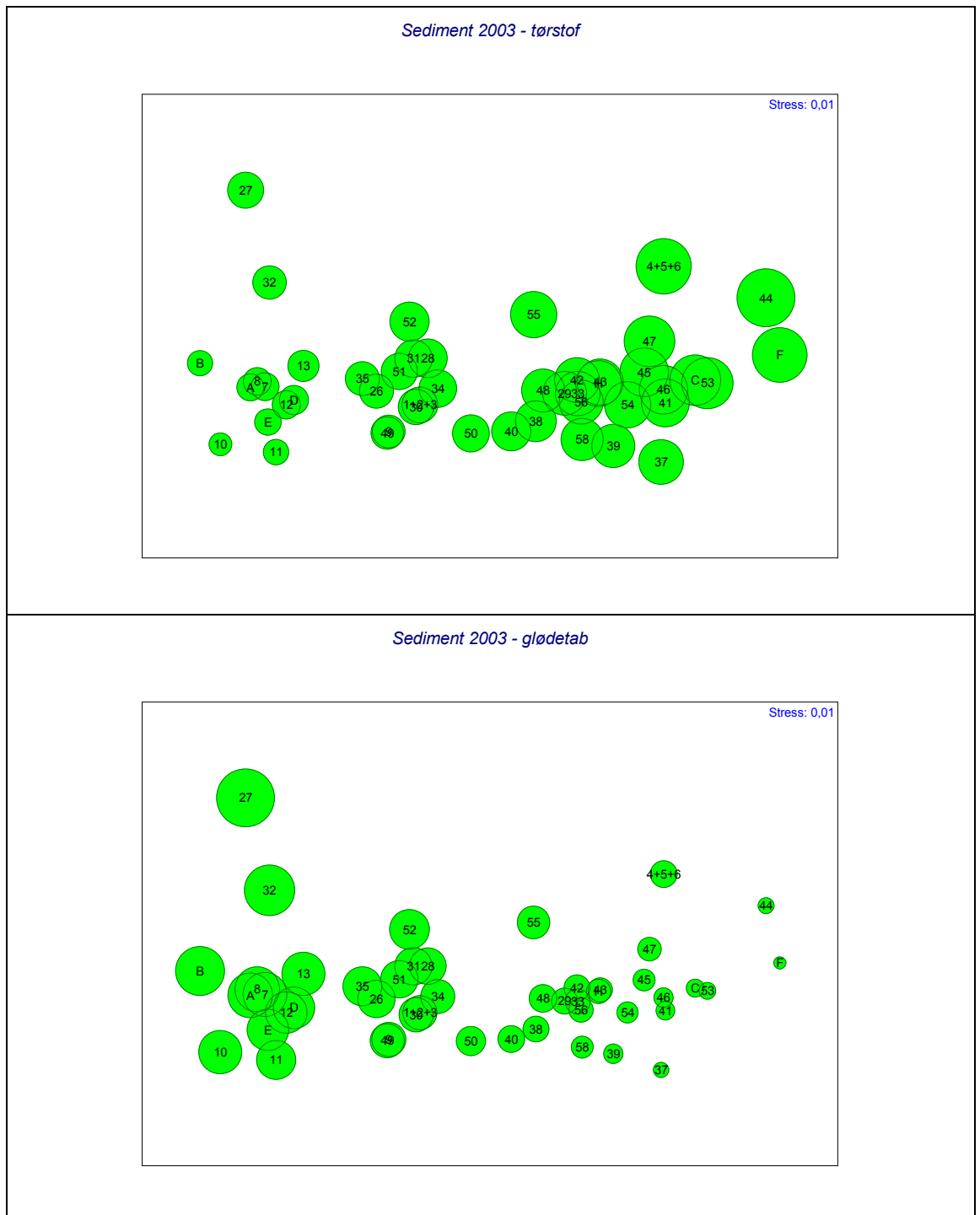
En multivariat analyse baseret på sedimentets tørstof og glødetab viser, at stationerne falder i to grupper (figur 3.2 øverst). Den ene gruppe er karakteriseret af et sediment



med lavt tørstofindhold og højt glødetab og omfatter en række stationer i Sydhavnen, Inderhavnen og i kanalerne (figur 3.2 nederst og figur 3.3). Den anden gruppe omfatter især stationer i Nordhavnen, hvor sedimentet er karakteriseret af et højt tørstofindhold og et lavt glødetab (figur 3.3).



Figur 3.2 Resultat af klyngeanalyse (øverst) og ordination (nederst) baseret på sedimentets tørstofindhold og glødetab i Københavns Havn 2003.



Figur 3.3 MDS-plot, som viser tørstofindhold og glødetab. Cirklerne er proportionale med de målte indhold.

Resultatet af en parvis sammenligning af sedimentet i de fire havneafsnit på basis af en ANOSIM-test er vist i tabel 3.2.



Tabel 3.2 Sammenligning af sedimentet i Københavns Havn i 2003 på basis af en ANOSIM-test. Et niveau på 5% og derunder betragtes som signifikant.

Sammenlignet område	Signifikansniveau
Sydhavn vs. Inderhavn	1,2%
Sydhavn vs. Nordhavn	0,1%
Sydhavn vs. kanaler	22,6%
Inderhavn vs. Nordhavn	1,6%
Inderhavn vs. kanaler	3,4%
Nordhavn vs. kanaler	0,6%

Ifølge analysen, er der ikke forskel på sedimentet i Sydhavnen og i kanalerne. Derimod er der en klar forskel på sedimentet i Sydhavnen og i Nordhavnen og også generelt signifikante forskelle mellem de øvrige delområder af havnen.

### 3.3 Sedimentet i Sydhavnen i 1986, 1990 og 2003

Resultatet af undersøgelsen i Sydhavnen i 2003 er i det følgende sammenlignet med undersøgelser gennemført i 1986 i forbindelse med en kortlægning af kviksølv samt undersøgelser af bundfaunaen i 1990 /4,6/. Resultaterne af undersøgelserne i 1986, 1990 og 2003 er ikke direkte sammenlignelige. Prøverne er taget i forskellige delområder af Sydhavnen og stationerne er ikke sammenfaldende ligesom der er anvendt forskellige prøvetagningsmetoder. Desuden er forskellige udsnit af sedimentet analyseret. Dette forhold har sandsynligvis ikke væsentlig indflydelse på resultaterne, idet datering af sedimentkerner i 1986 viste, at sedimentet var opblandet i de øverste 30-40 cm /6/. Resultaterne af sedimentanalyserne i 1986-2003 er sammenfattet i tabel 3.3.

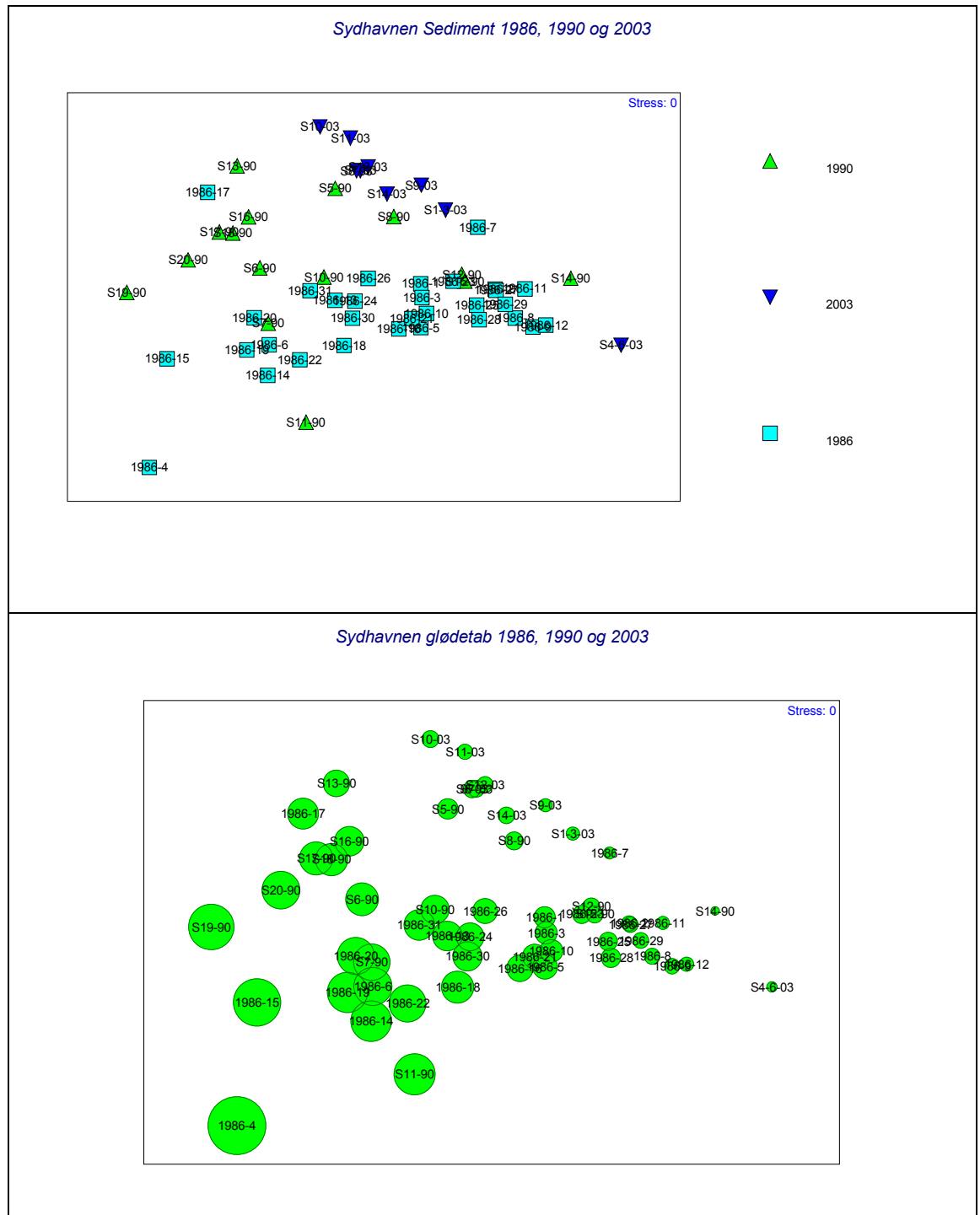
Tabel 3.3 Sedimentets tørstofindhold og glødetab (gennemsnit og variationsinterval) i Sydhavnen i 1986, 1990 og 2003.

Sydhavnen	Antal Prøver	Tørstof i %		Glødetab i %	
		Gennemsnit	Variation	Gennemsnit	Variation
1986*	31	55	29-70	8,4	3,8-18,3
1990	15	44	29-69	9,0	2,7-14,4
2003	9	46	33-79	4,8	3,3-5,5

I 1986 var sedimentets gennemsnitlige tørstofindhold højere end i 1990 og 2003, hvor tørstofindholdet var ens. Det organiske stofindhold var ret ensartet i 1986 og 1990 og væsentligt højere end i 2003.

Resultaterne af sedimentanalyserne i 1986-2003 kan illustreres på figur 3.4 øverst, som viser, at sedimentet i 2003 adskiller sig fra de øvrige år, som følge af et lavt glødetab. I forhold til 2003 er der i 1986 og 1990 målt højere glødetab på en række stationer, se figur 3.4 nederst.

En parvis sammenligning af de enkelte år på basis af en ANOSIM-test viser, at der er signifikante forskelle på sedimentets sammensætning i alle kombinationer af år.



Figur 3.4 MDS-plot, som viser sedimentets sammensætning og koncentrationerne af organisk stof (glødetab) i Sydhavnen i 1986, 1990 og 2003. Cirklerne er proportionale med glødetabet.

Det kan ikke udelukkes at forskellene i sedimentets sammensætning i 1986, 1990 og 2003 kan tilskrives metodiske forskelle i stationsplacering, prøvetagnings- og analysemetoder. Uanset metodeforskelle er sedimentets indhold af organisk stof ensartet højt i 1986 og 1990. Det er derfor en rimelig antagelse, at det lavere glødetab i 2003 er udtryk for en reel reduktion i sedimentets organiske stofindhold i Sydhavnen siden 1990.



## 4 RESULTATER - BUNDFAUNA

### 4.1 Bundfauna i Københavns Havn i 2003

#### Artsantal, individantal og biomasse

Som helhed er bundfaunaen i Københavns Havn ret artsrig, meget individrig og med en betydelig biomasse (Tabel 4.1).

Tabel 4.1 Samlet artsantal samt gennemsnitlig individantal og biomasse fordelt på hovedgrupper i Københavns Havn i 2003.

Dyregruppe	Artsantal		Individantal		Biomasse	
	57 prøver	% af total	Ind./m <sup>2</sup>	% af total	gTV/m <sup>2</sup>	% af total
Børsteorme	11	27	730	6	1,8	2
Muslinger	7	17	2140	19	89 (65)	82 (61)
Snegle	7	17	6770	59	16	15
Krebsdyr	13	32	1400	12	1,2	1
Øvrige	3	7	450	4	<1	<1
<b>I alt</b>	<b>41</b>	<b>100</b>	<b>11490</b>	<b>100</b>	<b>108</b>	<b>100</b>

Der er i alt registreret 41 arter/grupper af bunddyr i havnen. Krebsdyr og børsteorme er de mest artsrige grupper efterfulgt af muslinger og snegle. Øvrige dyregrupper omfatter oligochæter, nemertiner og myggelarver.

Der er fundet dyr på alle de undersøgte stationer (bilag 3). På en enkelt station (7 i Sydhavnen) er der kun fundet 1 art. På de øvrige stationer varierer artsantallet mellem 3 arter og 22 arter og det gennemsnitlige artsantal er 11.

Den gennemsnitlige individtæthed af bunddyr er mere end 11000/m<sup>2</sup>, hvilket er en meget meget høj abundans. Snegle udgør langt størstedelen af dyrene og dyndsnegle (*Hydrobia sp.*), som lever på sedimentoverfladen, udgør alene mere end halvdelen af alle individer af bunddyr (bilag 3). Muslinger og krebsdyr er også talrige, hvorimod børsteorme og andre dyregrupper kun udgør henholdsvis 6% og 4% af det samlede individantal.

Muslingerne er vægtmæssigt dominerende og udgør 82% af bundfaunaens samlede biomasse og blåmuslinger (*Mytilus edulis*) udgør alene 61%. Størstedelen af den øvrige biomasse udgøres af snegle (15%), hvorimod børsteorme, krebsdyr og andre dyregrupper udgør mellem <1% og 2% af den samlede biomasse.

Bundfaunaens gennemsnitlige artsrigdom, individtæthed og biomasse øges generelt fra Nordhavnen til Sydhavnen (tabel 4.2). I kanalerne er der registreret den største artsrigdom, men det kan delvis skyldes, at prøverne er indsamlet med en bundhenter med et større overfladeareal.





Tabel 4.2 Gennemsnitlig artsantal, individantal og biomasse i Nordhavnen, Inderhavnen, Sydhavnen og i kanalerne i 2003.

Havneafsnit	Artsantal	Individantal	Biomasse
	143 cm <sup>-2</sup>	Ind/m <sup>2</sup>	gTV/m <sup>2</sup>
Nordhavnen	10	7650	55
Inderhavnen	10	9990	137
Sydhavnen	12	13680	154
Kanalerne	16	11480	108

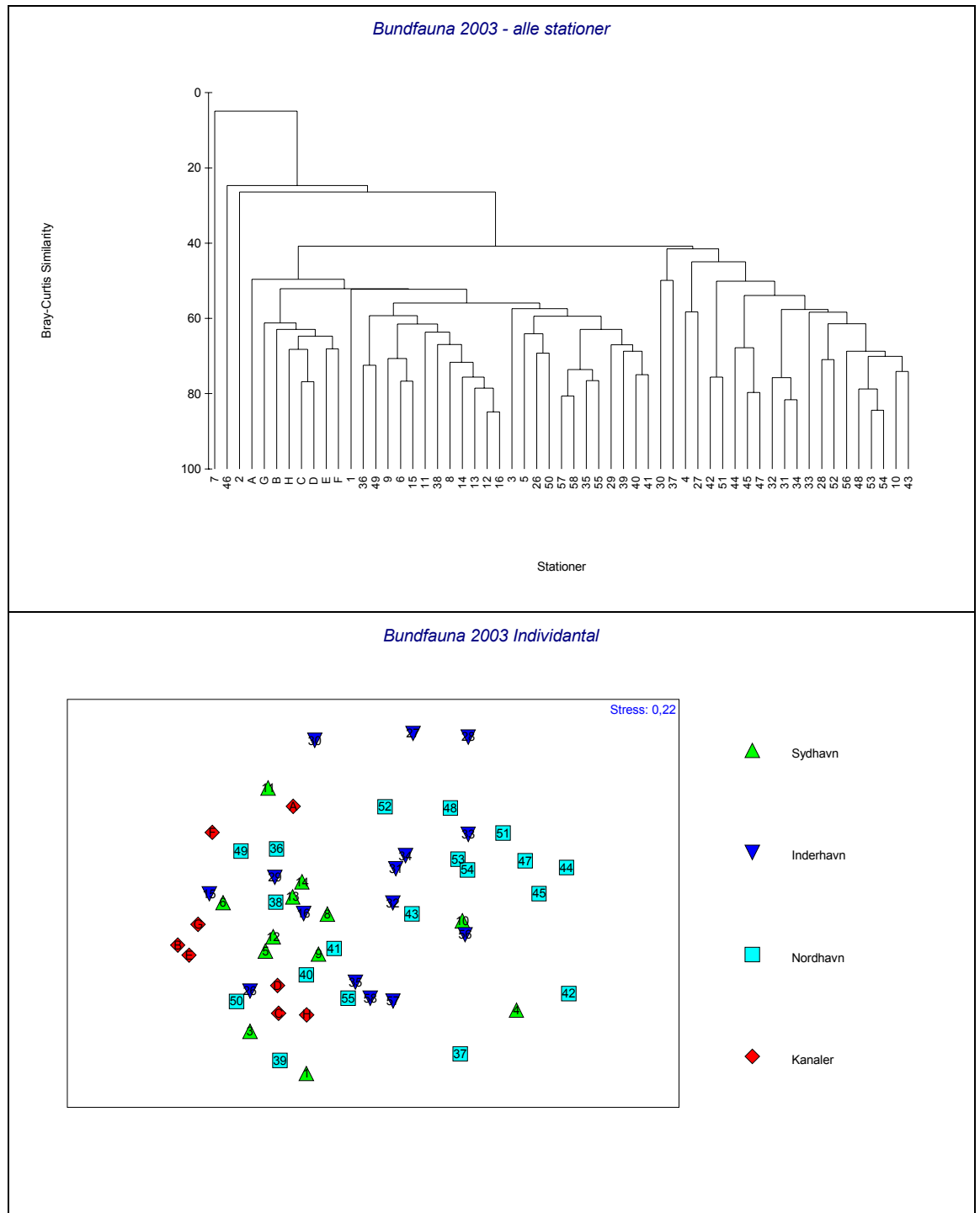
### Multivariate analyser baseret på individantal

Klyngeanalyserne viser overordnet at bundfaunaen er ret ensartet på de fleste stationer, men at tre stationer (2, 7 og 46) adskiller sig fra de øvrige ved en meget lavere similaritet (figur 4.1 øverst). Der er forskellige årsager til den afvigende similaritet på de tre stationer. Bundfaunaen på station 2 i Sydhavnen er karakteriseret ved en bemærkelsesværdig talrig forekomst af sneglen *Bittium reticulatum* (2940/m<sup>2</sup>), som ikke er fundet på andre stationer i havnen. Desuden er der ikke fundet dyndsnegle på st. 2 og det samme er tilfældet på st. 7 i Sydhavnen og st. 46 i Nordhavnen. På st. 7 er der kun fundet myg-gelarver i et mindre antal (bilag 3). Bortset fra disse tre stationer er dyndsnegle talrigt forekommende på næsten alle de øvrige stationer, hvilket forklarer det generelt høje similaritetsniveau i havnen.

I den efterfølgende ordination er st. 2, 7 og 46 udeladt for at opnå en bedre opløsning af stationerne i et MDS-plot (figur 4.1 nederst).

Som det fremgår af analyserne og den grafiske præsentation i figur 4.1, falder stationerne overordnet i to grupper på basis af faunaens sammensætning og individfordeling. I den ene hovedgruppe kan der skelnes mellem tre mindre grupper, som omfatter en række stationer i kanalerne, Sydhavnen og Inderhavnen. Stationerne tilhørende disse tre undergrupper ligger til venstre i MDS-plottet på figur 4.1 nederst. Den anden hovedgruppe er domineret af en række stationer i Nordhavnen og i Inderhavnen.

En parvis sammenligning af faunaen i de fire delområder i havnen på basis af en ANOSIM-test viser, at der ikke er signifikant forskel på bundfaunaen i Nordhavnen, Inderhavnen og Sydhavnen. Derimod er der signifikant forskel på faunaen i kanalerne i forhold den øvrige del af havnen.



Figur 4.1 Resultatet af klyngeanalyse (øverst) og ordination (nederst) baseret på bundfaunaens abundans i Københavns Havn i 2003. St. 2, 7 og 46 er udeladt i ordinationen.

Similariteten indenfor de enkelte havneafsnit og forskellene (dissimilariteten) i faunasammensætning mellem de enkelte havneafsnit er belyst på basis af SIMPER. Similariteten af bundfaunaen er størst i kanalerne og aftager i rækkefølgen Sydhavnen, Inderhavnen og Nordhavnen (tabel 4.3).



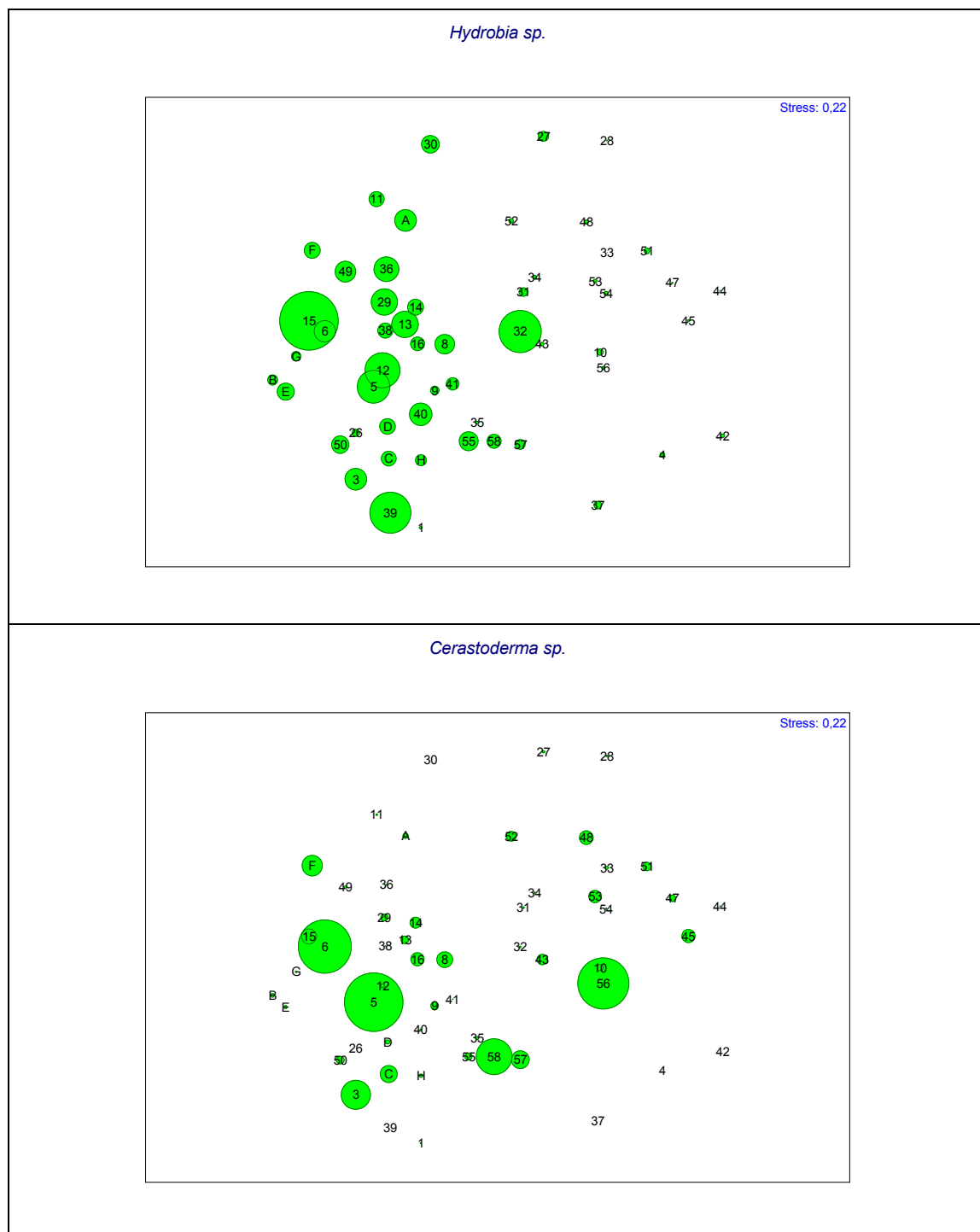
Tabel 4.3 Den gennemsnitlige individtæthed af de arter, som tilsammen udgør 50% af similariteten i kanalerne, Sydhavnen, Inderhavnen og Nordhavnen i 2003.

Kanalerne		Sydhavnen		Inderhavnen		Nordhavnen	
Arter	m <sup>-2</sup>	Arter	m <sup>-2</sup>	Arter	m <sup>-2</sup>	Arter	m <sup>-2</sup>
<i>Hydrobia sp.</i>	6131	<i>Hydrobia sp.</i>	7437	<i>Hydrobia sp.</i>	6122	<i>Hydrobia sp.</i>	4811
<i>Cerastoderma Sp.</i>	800	<i>Cerastoderma sp.</i>	1735	<i>Cerastoderma sp.</i>	1106	<i>Cerastoderma sp.</i>	552
<i>Microdeutopus spp.</i>	860	<i>Mytilus edulis</i>	1592				
<i>Polydora quadrilobata</i>	215						
<i>Pectinaria koreni</i>	435						

Dyndsnegle (*Hydrobia sp.*) er helt dominerende i Københavns Havn og udgør mellem 23% og 36% af similariteten i de forskellige havneafsnit. Hjertemuslinger (*Cerastoderma sp.*) er ligeledes en karakterart i havnen og bidrager med 10-17% af similariteten. I Nordhavnen og i Inderhavnen bidrager dyndsnegle og hjertemuslinger tilsammen med 50% af similariteten. I Sydhavnen er blåmuslinger en betydende art og bidrager med 10% af similariteten. Udover de to karakterarter er similariteten i kanalerne karakteriseret af forekomsten af krebsdyr (*Microdeutopus spp.*) og børsteorme (*Polydora quadrilobata* og *Pectinaria koreni*). Abundansen af dyndsnegle og hjertemuslinger er vist i figur 4.2. Tilsvarende afbildninger af andre almindeligt forekommende arter er vist i bilag 5.

Dyndsnegle forekommer stedvis i meget høje individtætheder på 15.000-25.000/m<sup>2</sup> og i kanalerne, Sydhavnen og Inderhavnen er der mange dyndsnegle på de fleste stationer. Individtætheden af hjertemuslinger er ligeledes størst i disse havneafsnit.

Bundfaunaen i Københavns Havn er domineret af arter fra det traditionelle *Macoma*-samfund, som er udbredt på lavt vand i Øresund. Den mest bemærkelsesværdige afvigelse fra den forventede artssammensætning, er en individrig forekomst af børsteormen *Pectinaria koreni* i de lavvandede kanaler og på tre stationer i Nordhavnen (43, 45 og 47). Denne art tilhører typisk det traditionelle *Abra*-samfund, hvis sydlige grænse i Øresund findes på større dybde nord for Middelgrunden.



Figur 4.2 Individantal af dyndsnegle (*Hydrobia sp.*) og hjertemuslinger (*Cerastoderma sp.*) i Københavns Havn i 2003. Cirklene er proportionale med abundansen.

Den signifikante forskel på faunaen i kanalerne i forhold til den øvrige del af havnen skyldes forskelle i forekomst og abundans af en række arter. Forskellen er størst mellem kanalerne og Nordhavnen, hvor dissimilariteten er 57%. Tabel 4.4 viser arternes gennemsnitlige abundans og bidrag til dissimilariteten i kanalerne og i Nordhavnen.



Tabel 4.4 Det gennemsnitlige individantal af arter, som tilsammen bidrager med 90% af dissimilariteten mellem kanalerne og Nordhavnen.

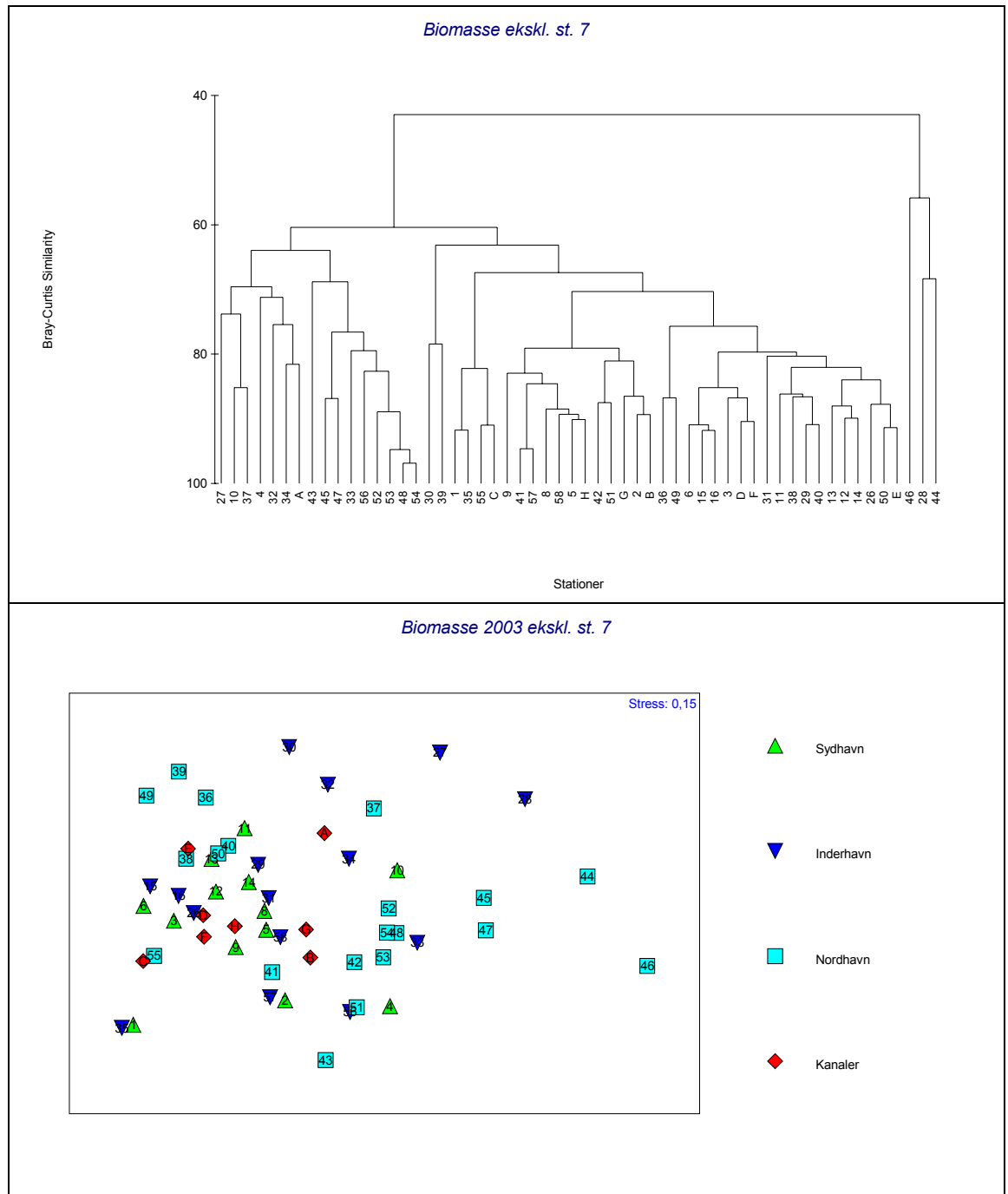
Art	Gruppe	Kanalerne	Nordhavn	Kumulativ bidrag til dissimilaritet: %
		Ind./m <sup>-2</sup>	Ind./m <sup>-2</sup>	
<i>Microdeutopus spp.</i>	Krebsdyr	860	578	6,03
<i>Pectinaria koreni</i>	Børsteorm	435	73	11,83
<i>Polydora quadrilobata</i>	Børsteorm	215	3	17,49
<i>Tubificoides benedeni</i>	Oligochæt	590	228	22,93
<i>Streblospio shrubsoli</i>	Børsteorm	360	0	28,30
<i>Rissoa albella</i>	Snegl	170	405	33,37
<i>Mya arenaria</i>	Musling	425	169	37,94
<i>Myggelarver</i>	Insekt	165	132	42,22
<i>Mytilus edulis</i>	Musling	325	265	46,40
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	Krebsdyr	80	0	50,36
<i>Hydrobia sp.</i>	Snegl	6131	4811	54,23
<i>Nereis diversicolor</i>	Børsteorm	0	158	58,09
<i>Idotea sp.</i>	Krebsdyr	150	7	61,90
<i>Cerastoderma sp.</i>	Musling	800	552	65,55
<i>Cyathura carinata</i>	Krebsdyr	160	58	69,11
<i>Corophium insidiosum</i>	Krebsdyr	120	44	72,56
<i>Heterotanais oerstedii</i>	Krebsdyr	70	0	75,79
<i>Macoma baltica</i>	Musling	85	81	78,95
<i>Gammarus locusta</i>	Krebsdyr	15	114	81,81
<i>Pygospio elegans</i>	Børsteorm	0	151	84,47
<i>Rissoa parva</i>	Snegl	210	0	87,11
<i>Polydora cornuta</i>	Børsteorm	0	47	88,71
<i>Jaera albifrons</i>	Krebsdyr	20	3	90,06

### Struktur af det biologiske samfund i relation til ydre faktorer

Strukturen af et biologisk samfund på et givet tidspunkt er resultatet af et kompliceret samspil af en række fysisk, kemiske og biologiske faktorer. Betydningen af vanddybden samt sedimentets tørstofindhold og glødetab for faunaens struktur er belyst ved BIO-ENV på basis af i alt 44 stationer, hvor der foreligger resultater af både sediment- og faunaundersøgelser. Analysen viser, at vanddybden er den mest betydende faktor, men den beregnede (Spearman) korrelation er beskedent. Faunastrukturen i havnen afhænger derfor i højere grad af en række faktorer, som ikke indgår i analysen.

### Multivariate analyser baseret på biomasse

På st. 7 i Sydhavnen er der kun fundet få myggelarver med en meget lav biomasse og denne station er derfor udeladt i analyserne i figur 4.3.



Figur 4.3 Resultatet af klyngeanalyse (øverst) og ordination (nederst) baseret på bundfaunaens biomasse i Københavns Havn 2003. St. 7 indgår ikke i analyserne.

I forhold til de fleste stationer, som har en similaritet på 60% eller højere er der tre stationer (28, 44 og 46), som afviger fra de øvrige ved en lav biomasse af alle dyregrupper.

Som det fremgår af figur 4.3 nederst kan der ikke foretages en entydig opdeling af de enkelte havneafsnit på basis af bundfaunaens biomasse. Dette indtryk støttes af en ANOSIM-test, som viser, at der ikke kan påvises signifikante forskelle på basis af en parvis sammenligning af alle havneafsnit.





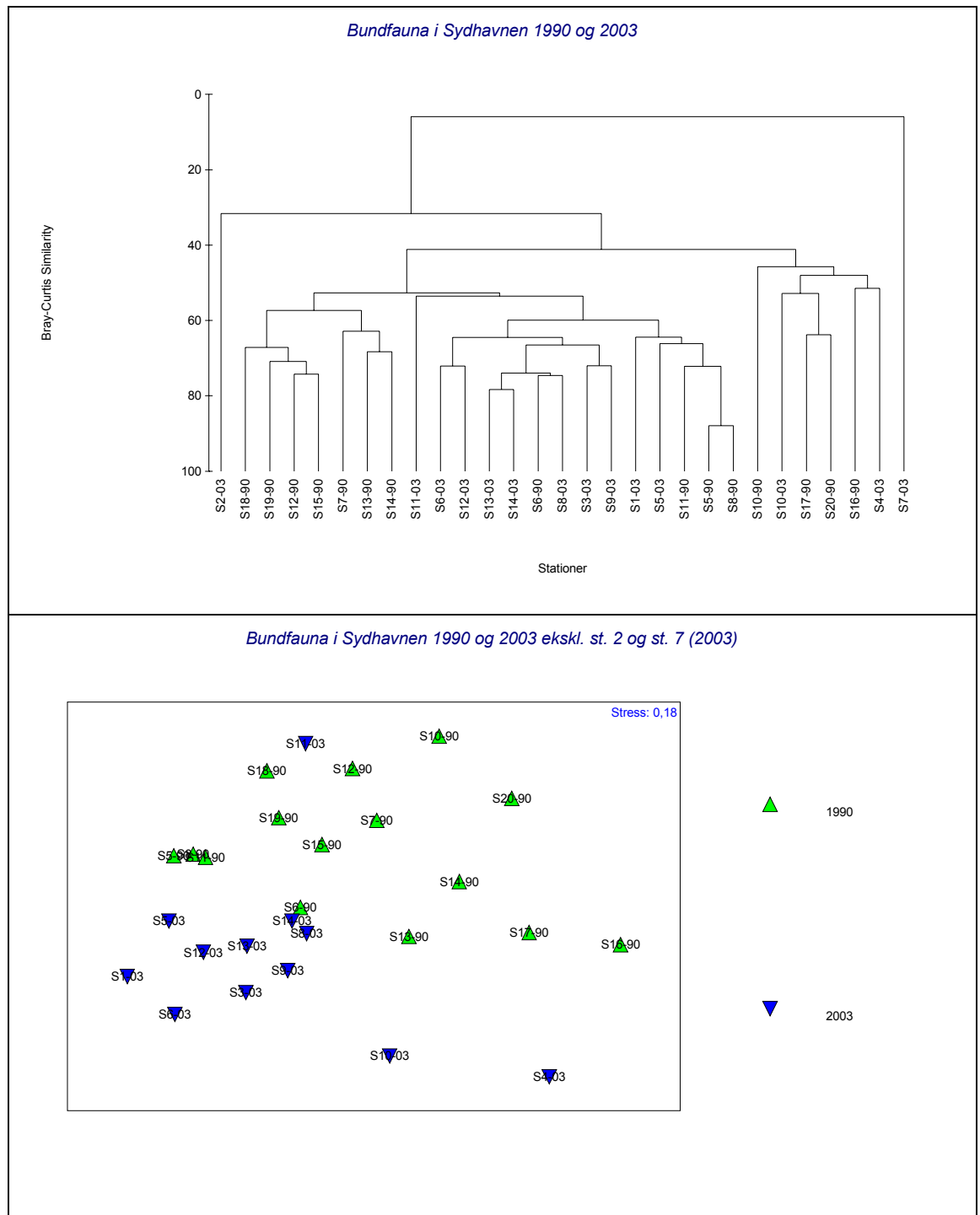
## 4.2 **Bundfauna i Sydhavnen i 1990 og 2003**

Bundfaunaen i Sydhavnen er undersøgt på 15 stationer i 1990 og 14 stationer i 2003. Stationerne er ikke sammenfattende og prøverne i 1990 blev udtaget med en van Veen grab, som dækker et væsentligt større areal end Haps bundhenteren anvendt i 2003. I 1990 blev der således indsamlet et væsentligt større bundareal end i 2003. Det vil især påvirke det antal arter, som registreres ved de to undersøgelser, hvorimod de metodiske forskelle har mindre indflydelse på individtæthederne i 1990 og 2003.

En sammenligning af bundfaunaen i Sydhavnen i 1990 og 2003 baseret på individantallet (abundansen) er vist i figur 4.4.

Der er similaritet på 40% eller højere på faunaen i 1990 og 2003 når der ses bort fra st. 2 og st. 7 i 2003, som i kraft af en afvigende artssammensætning har en lav similaritet. Disse stationer er derfor udeladt i ordinationen for at opnå en klar opdeling af de øvrige stationer (figur 4.4 nederst).

Der er en signifikant forskel på faunaen i 1990 og 2003 vurderet på basis af en ANOSIM-test ( $R=0,268$ ,  $p=0,1\%$ ).



Figur 4.4 Resultatet af klyngeanalyse (øverst) og ordination (nederst) baseret på bundfaunaens abundans i Sydhavnen i 1990 og 2003. St. 2 og 7 i 2003 er udeladt i ordinationen.

Dissimilariteten mellem faunaen i 1990 og i 2003 er 51%. Den gennemsnitlige abundans af de arter, som bidrager med 90% af dissimilariteten, er vist i tabel 4.5.



Tabel 4.5 Gennemsnitlig individantal af arter, som tilsammen bidrager med 90% af dissimilariteten bundfaunaen i Sydhavnen i 1990 og 2003.

Art	Gruppe	1990	2003	Kumulativ bidrag til dissimilaritet: %
		Ind./m <sup>-2</sup>	Ind./m <sup>-2</sup>	
<i>Cerastoderma sp.</i>	Musling	176	1837	8,10
<i>Microdeutopus spp.</i>	Krebsdyr	168	1178	14,13
<i>Mytilus edulis</i>	Musling	301	1592	20,02
<i>Rissoa albella</i>	Snegl	492	443	25,47
<i>Polydora sp.</i>	Børsteorm	238	285	30,17
<i>Hydrobia sp.</i>	Snegl	14520	7437	34,71
<i>Corophium insidiosum</i>	Krebsdyr	66	250	39,14
<i>Oligochæter</i>	Oligochæt	280	157	43,53
<i>Gammarus sp.</i>	Krebsdyr	84	385	47,89
<i>Myggelarver</i>	Insekt	37	192	52,25
<i>Pygospio elegans</i>	Børsteorm	24	285	65,48
<i>Nereis diversicolor</i>	Børsteorm	166	163	60,45
<i>Idotea sp.</i>	Krebsdyr	146	145	64,36
<i>Mya arenaria</i>	Musling	45	262	68,24
<i>Macoma baltica</i>	Musling	51	140	71,82
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	Krebsdyr	30	122	75,26
<i>Melita palmata</i>	Krebsdyr	138	151	78,63
<i>Nemertiner</i>	Nemertin	62	23	81,38
<i>Littorina saxatilis</i>	Snegl	101	5	84,12
<i>Streblospio shrubsoli</i>	Børsteorm	40	140	86,64
<i>Capitella capitata</i>	Børsteorm	42	0	88,79
<i>Scrobicularia plana</i>	Musling	22	0	90,66

Den gennemsnitlige abundans er henholdsvis ca. 17500/m<sup>2</sup> i 1990 og ca. 16000/m<sup>2</sup> i 2003 ved udeladelse af st. 2 og st. 7. Fra 1990 til 2003 er det gennemsnitlige individantal af dyndsnegle halveret og dyndsneglenes andel af det samlede individantal er reduceret fra 83% til 46%. Samtidig med en absolut og relativ reduktion af dyndsneglenes dominans fra 1990 til 2003 er der i samme periode en væsentlig stigning i den gennemsnitlige abundans af bl.a. hjertemuslinger og blåmuslinger samt arter af krebsdyr (*Microdeutopus spp.*, *Corophium insidiosum* og *Gammarus sp.*) og børsteorme (*Pygospio elegans* og *Streblospio shrubsoli*).



## 5 VURDERING OG SAMMENFATNING

### 5.1 Sedimentforhold

Vurderet udfra de analyserede prøver ændres sedimentet gradvist fra Nordhavnen til Sydhavnen. I Nordhavnen er sedimentet sandet med et gennemsnitligt tørstofindhold og glødetab på henholdsvis 64% og 3,1% mens sedimentet i Sydhavnen er mere finkornet med et gennemsnitligt tørstofindhold og glødetab på 46% og 4,8%. Gradienten i sedimentets sammensætning kan være resultat af en nedsat vandudskiftning og strømhastighed samt en øget udledning og produktion af organisk fra nord til syd.

I 1986 blev der målt et gennemsnitligt indhold af organisk stof på ca. 8% i sedimentet i Nordhavnen, Inderhavnen og Sydhavnen /6/. Formålet med undersøgelsen i 1986 var at kortlægge aflejringsområder i havnen og en selektiv prøvetagning kan være en medvirkende årsag til, at der ikke var en gradient i sedimentets organiske stofindhold i 1986.

I Sydhavnen havde sedimentet et højt glødetab i 1986 og 1990 med et gennemsnit på 8-9% sammenlignet med et gennemsnit på 4,8% i 2003. I 1986 og 1990 var der samtidig en meget større variation i sedimentets organiske stofindhold og på flere stationer var glødetabet over 10% og helt op til 14-18% (tabel 3.3). I 2003 varierede glødetabet mellem 3,3% og 5,5%, dvs. indenfor en faktor to.

Sedimentundersøgelsen i 1986 havde et andet formål end de biologiske undersøgelser i 1990 og 2003, hvor der blev indsamlet sedimentprøver til støtte for den biologiske vurdering. Vurderingsgrundlaget er spinkelt, men uanset metodiske forskelle kan det lavere glødetab, som er målt i Sydhavnen i 2003, indikere, at sedimentets organiske stofindhold er reduceret siden 1990. Forklaringen kunne være en forbedret spildevandsrensning og nedsat regnvandsafledning, som har reduceret udledningen og produktionen af organisk stof i Sydhavnen.

### 5.2 Bundfauna

Bundfaunaen i Københavns Havn er ret artsrig og meget individrig og tilhører *Macoma*-samfundet, som findes på lavt vand i Øresund. Der er stigende individtæthed og biomasse fra Nordhavnen til Sydhavnen, men der kan ikke påvises signifikante forskelle på faunaens struktur i Nordhavnen, Inderhavnen og Sydhavnen.

Derimod er der signifikant forskel på bundfaunaens arts- og individsammensætning i kanalerne, dvs. Slotsholmskanalen og Christianshavns Kanal, i forhold til den øvrige del af havnen. Bundfaunaen i kanalerne er arts- og individrig og karakteriseret af en høj abundans af arter, som enten er sparsomt forekommende eller fraværende i andre havneafsnit. Det er bemærkelsesværdigt, at børsteormen *Pectinaria koreni*, som tilhører *Abra*-samfundet på dybere vand i Øresund, optræder i betydeligt antal i de lavvandede kanaler.

En sammenligning af undersøgelserne i Sydhavnen i 1990 og i 2003 viser en signifikant ændring i bundfaunaens struktur. Den gennemsnitlige individrigdom er meget høj og a-



bundansen i 1990 og 2003 afviger kun med ca. 10%. Derimod er abundansen af dyndsnegle (*Hydrobia sp.*) halveret i 2003 samtidig med at en række arter bl.a. hjertemuslinger, blåmuslinger og krebsdyr er øget betydeligt i antal.

Bundfaunaen er Københavns Havn er individmæssigt domineret af snegle, muslinger og krebsdyr, som udgør henholdsvis 59%, 19% og 12%, dvs. i alt 90% af det samlede antal bunddyr. Dyndsnegle og hjertemuslinger, som udgør 55% og 10% af den samlede abundans, lever henholdsvis på sedimentoverfladen og i den øvre del sedimentet som filtrator af planteplankton.

Stabile sedimentforhold og rigelige føderessourcer på sedimentoverfladen og i vandfasen er forudsætninger for bundfaunaens høje abundans i Københavns Havn. En god vandudskiftning og klart vand muliggør en mikrobenthisk produktion og en stadig tilførsel og produktion af planteplankton i havnen. Samtidig er der gode iltforhold ved bunden. Undersøgelserne i 1990 viste, at sedimentoverfladen var iltet selv på lokaliteter med et meget højt glødetab og et forventet stort iltforbrug i sedimentet /3/.

Ændringen i den samlede abundans og i abundansen af de dominerende arter (dyndsnegle og hjertemuslinger) fra Nordhavnen til Sydhavnen tilskrives primært en øget sedimentstabilitet og en øget produktion af tilgængelig føde fra nord til syd. Sedimentation og stabilitet af overfladesedimentet er i højere grad påvirket af vandudskiftning og ophivning af sediment fra erhvervstrafik i Nordhavnen i forhold til Inderhavnen og ikke mindst Sydhavnen, hvor erhvervstrafik er ophørt. Samtidig indikerer stigningen i sedimentets organiske stofindhold en gradient i den potentielle fødemængde fra nord til syd.

En sammenligning af undersøgelser i Sydhavnen i 1990 og 2003 viser, at dyndsnegle er reduceret i antal og at hjertemuslinger, blåmuslinger og krebsdyr er blevet mere talrige. Sammenligningsgrundlaget er spinkelt, men målingerne tyder på, at sedimentets indhold af organisk stof er reduceret siden 1990. Ændringerne i bundfaunaens struktur kunne være en følge af en nedsat sedimentation af organisk stof, som har reduceret fødegrundlaget på sedimentoverfladen og forbedret livsbetingelserne for dyr, som lever nedgravet i sedimentet.

Sammenfattende er der en rimelig varieret og meget individrig bundfauna med en høj biomasse domineret af snegle, muslinger og krebsdyr i Københavns Havn. Individrigdom og biomasse øges fra Nordhavnen til Sydhavnen, men overordnet har bundfaunaen en ensartet struktur i disse områder af havnen. I de lavvandede kanaler findes en varieret og individrig fauna som er karakteristisk ved en forekomst af arter, som er sparsomt forekommende eller fraværende i den øvrige del af havnen.



## 6 **REFERENCER**

- /1/ VKI (1978). Nuværende og fremtidige biologiske forhold i Sydhavnen i relation til H.C. Ørstedeværkets kølevandsudledning. Rapport til Københavns Belysningsvæsen, juli 1978.
- /2/ VKI (1987). Kølevandsundersøgelse II. Biologiske vurderinger. Rapport til ELKRAFT, A.m.b.A., januar 1987.
- /3/ VKI (1991). Undersøgelser af sediment og bundfauna i Kalvebodløbet og Sydhavnen i 1990. Rapport til Miljøkontrollen, Københavns Kommune, marts 1991.
- /4/ Elliot, J.M. (1971). Statistical analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association. Scientific Publication No. 25.
- /5/ Clarke, K.R. & R.N. Gorley (2001). PRIMER v.5: User Manual/Tutorial. PRIMER-E. Ltd.
- /6/ VKI (1988). Kviksølv i sedimentet i Københavns Havn. Rapport til Hovedstadsrådet, marts 1988.