

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-92118	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
2985	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel:	Dato:	Trykket:
Flerartstester med marina planktonalger for undersökning av industrielle avløpsvattens giftighet	12.1.94	NIVA 1994
	Faggruppe:	
	Miljøtoksikologi	
Forfatter(e):	Geografisk område:	
Torsten Källqvist	Sverige	
	Antall sider:	Opplag:
	26	35

Oppdragsgiver:	Oppdragsg. ref.:
Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning, Sverige	

Ekstrakt:

En flerartstest med 10 marine alger ble brukt for å undersøke giftvirkningen av ballastvann og avløpsvann fra to oljeraffinerier. Testen ble utført på mikrottestplater, og algeveksten ble registrert ved måling av in vivo fluorescens direkte på platene. Testene ble utført på prøver før og etter en 4 ukers biologisk nedbrytbarhetstest. Prøvene fra raffinerier, som var tatt etter biologisk rensing var lite giftige for samtlige testalger. Ballastvannet hemmet veksten av *Prorocentrum minimum* ved konsentrasjoner ned til 3,2%. Veksthemming ble også påvist for *Hymenomonas carterae*, *Emiliana huxleyi* og *Dunaliella tertiolecta*, mens øvrige alger var lite påvirket. Etter 4 ukers biologisk nedbrytning var toksisiteten noe redusert. Ved 50% konsentrasjon av vannprøvene ble veksten av enkelte arter redusert pga. lav salinitet.

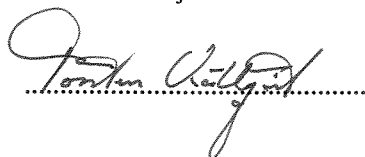
4 emneord, norske

1. Oljeindustri
2. Avløpsvann
3. Toksisitet
4. Marine alger

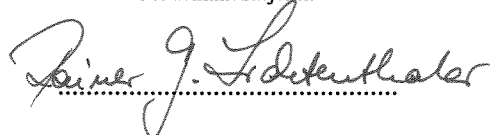
4 emneord, engelske

1. Oil industry
2. Wastewater
3. Toxicity
4. Marine algae

Prosjektleder



For administrasjonen



ISBN-82-577-2421-1

Norsk institutt for vannforskning NIVA

O-92118

**Flerartstester med marina planktonalger
för undersökning av industriella avloppsvattens giftighet**

Oslo 12.01.94

Torsten Källqvist

INNEHÅLL

INLEDNING	3
AVLOPPSVATTEN	4
TESTMETOD	4
RESULTAT.....	5
1. OK	5
2. Shell	7
3. Ballastvatten	10
DISKUSION.....	12
REFERANSER.....	26

INLEDNING

Den ofta betydande skillnaden i känslighet mellan olika arter av akvatiska organismer är ett problem vid miljöfarlighetsanalyser, som baseras på upplysningar om ekotoxikologiska effekter framtagna genom standardiserade tester med ett begränsat antal arter. OECDs Guidelines for Testing of Chemicals rekommenderar t. ex. korttidstester med alger, dafnier och fisk som första steg i karakteriseringen av kemikalier, och de samma testerna krävs för registrering av nya kemikalier inom EG. Genom valet av tre testorganismer från olika funktionella och fylogenetiska grupper har man uppnått en betydligt större säkerhet för att potentiella miljöfarliga kemikalier kan identifieras än om t. ex. bara fisk hade användts. Att alger ingår i testbatteriet bör vara speciellt viktigt eftersom dessa organismer representerar primärproducenterna och genom fotosyntesen är beroende av biokemiska processer som inte finns hos djur. Internationellt standardiserade testmetoder för alger har tagits fram för att reproducerbara resultat skall kunna genereras. Detta har bl. a. medfört att de flesta testerna utförs med ett begränsat antal arter; i sötvatten grönalgen *Selenastrum capricornutum* eller *Scenedesmus caudatum* och i saltvatten *Skeletonema costatum* eller *Phaeodactylum tricornerutum*). Standardiseringen har varit nödvändig för att algtester skall kunna användas som ett redskap för regulering av kemikalier. Det är emellertid viktigt att uppmärksamma att de mest använda standard-artene inte kan anses representera alger generellt när det gäller känslighet för giftiga kemikalier.

Alger är en mycket heterogen grupp av organismer, som omfattar 12 klasser av eukarioter och dessutom blågrönalgerna, som är prokaryoter och alltså närmast besläktade med bakterier. Flera undersökningar har visat att variationen i känslighet mellan olika alger kan vara mycket stor. Exempelvis fann Blanck (1984) att känsligheten hos 13 sötvattensarter kunde variera med upp till mer än tre storleksordningar, och att ingen art var genomgående mest känslig för alla kemikalier. En undersökning av pesticider visade också stor variation av känsligheten för några pesticider, men mindre för andra (Källqvist & Romstad 1989). I det mest extrema fallet (fungiciden Propiconazol) varierade EC_{50} -värdena för 9 olika alger från 0.0008 till 10 mg/l.

På grund av den stora variationen i känslighet är det i en del fall önskvärt att utöka toxicitetsinformationen med flera alger än standard-artena. Att utföra testerna med ett batteri av arter i stället för bara en kräver emellertid utveckling av metoder som är enkla och rationella att utföra för att inte kostnaderna skall bli orimliga. Mikrotiter- eller mikrottestplattor erbjuder en möjlighet att utföra algtester i små volymer. Utrustning som har utvecklats för sådana plattor gör det också möjligt att snabbt utföra spädningsserier. Avläsning av plattorna kan göras med automatiska fotometrar eller fluorescens-fotometrar. Möjligheten att rationalisera algtester med hjälp av dessa tekniker har bl.a. föreslagits av Blaise et al. (1986) och St-Laurent (1992). En metod för flerartstester på mikrottest-plattor har utvecklats av Blanck och Björnsäter (1989). Metoden har används bl. a. vid undersökningar av effekter av avloppsvatten från kemisk industri i Stenungsund i samband med "MUST"-utredningen (Granmo 1986) och Naturvårdsverkets "STORK"-program (Källqvist 1991).

I samband med en karakterisering av avloppsvatten från oljeraffinaderier har flerartstester med marina alger utförts på tre avloppsvatten före och efter stabilisering genom en biologisk nedbrytbarhetstest. Testerna utfördes på uppdrag av Institutet för Vatten och Luftvårdsforskning (IVL).

AVLOPPSVATTEN

Prover av ballastvatten och biologiskt renat avloppsvatten från OKs och Shells raffinaderier i Göteborg sändes av IVL till NIVA i maj 1992. En ny serie av samma prover efter genomförd nedbrytbarhetstest översändes i juni. Proverna lagrades frysta i glasflaskor till dess testerna utfördes.

TESTMETOD

Undersökningen av avloppsvattnets effekter på växten hos 10 marina planktonalger utfördes i stort sett enligt den standard som har framtagits av Blanck och Björnsäter (1989). Växtmediet som användes var emellertid det samma som vid en tidigare gjord undersökning av avloppsvatten i Stenungsund, den s.k. MUST-utredningen (Wängberg 1984).

Testen utfördes på mikrotestplattor med 96 brunnar med 0.25 ml kulturvolym i varje brunn. Ympmaterial togs från exponentiellt växande kulturer av de 10 testalgerna i saltvattensmedium med 10% Z8 (Källqvist 1984). Saltvattnet hämtades från 40 m djup i yttre Oslofjorden (Solbergstrand). En blandningsserie av avloppsvatten, växtmedium, ympkultur och destillerat vatten gjordes så att saliniteten var oförändrad 26 g/l upp till 18% koncentration av avloppsvatten. Vid den högsta koncentrationen, 50%, var saliniteten 17 g/l. En kultur med 50% destillerat vatten sattes opp som salinitetskontroll. Samtliga blandningar fördelades med en flerkanalpipett till 4 parallella brunnar på testplattan. Startkoncentrationen av alger motsvarade ca. 10 µg klorofyll-a/l. Testplattorna inkuberades vid 20 °C med konstant belysning motsvarande ca. 40 µE m⁻² s⁻¹.

Algernas växt registrerades genom mätning av in vivo klorofyll-fluorescens vid start och efter 4 dygn. Mätningarna gjordes med en Millipore Cytofluor 2300. På grundlag av klorofyllmätningarna beräknades den genomsnittliga växthastigheten under inkuberingen för varje kultur enligt:

$$\frac{\ln(F_4) - \ln(F_0)}{4} \text{ dygn}^{-1} \quad \text{där } F_0 \text{ og } F_4 \text{ är fluorescens mätt vid start resp. efter 4 dygn.}$$

De alger som användes vid testen var:

CHLOROPHYCEAE

Dunaliella tertiolecta Butcher NIVA-CHL 26

PRASINOPHYCEAE

Tetraselmis sp. Oslo Universitet

HAPTOPHYCEAE

Emiliania huxleyi (Lohm.) Hay et Mohler NIVA-7/82

Hymenomonas carterae (Braarud & Fagerl.) CCAP 961/8

DINOPHYCEAE

Prorocentrum minimum Schiller NIVA-2/85

CRYPTOPHYCEAE

Rhodomonas baltica Karsten NIVA-5/91

RHODOPHYCEAE

Porphyridium cruentum (Ag.) Nägeli UTEX 161

BACILLARIOPHYCEAE

Skeletonema costatum (Grev.) Cl. NIVA-BAC 1

Phaeodactylum tricornutum Bohlin NIVA-BAC 2

Chaetoceros socialis Lauder NIVA-BAC 29

RESULTAT

1. OK

Växthastigheten, uttryckt som procent av kontrollkulturernas växthastighet, vid olika koncentrationer av avloppsvatten före nedbrytning (medelvärden av paralleller) och för de olika algerna visas i figur 1a och 1b. Längst till vänster i diagrammen visas växthastigheten i salinitetskontrollerna med 50% destillerat vatten.

Av de 10 algerna som var det bara *Emiliana huxleyi* som hämmades av avloppsvattnet vid den högsta koncentrationen. Växthämningen var emellertid ännu kraftigare vid samma koncentration av destillerat vatten och effekten beror således på för låg salthalt. För pansarflagellaten *Prorocentrum minimum* registrerades en markerad växtstimulerande effekt av avloppsvattnet. Vid 50% koncentration var växthastigheten 60% högre än i kontrollen, trots att växten vid samma koncentration av destillerat vatten visade hämning p.g.a. för låg salthalt. En klar stimulerande effekt observerades också på *Rhodomonas baltica*.

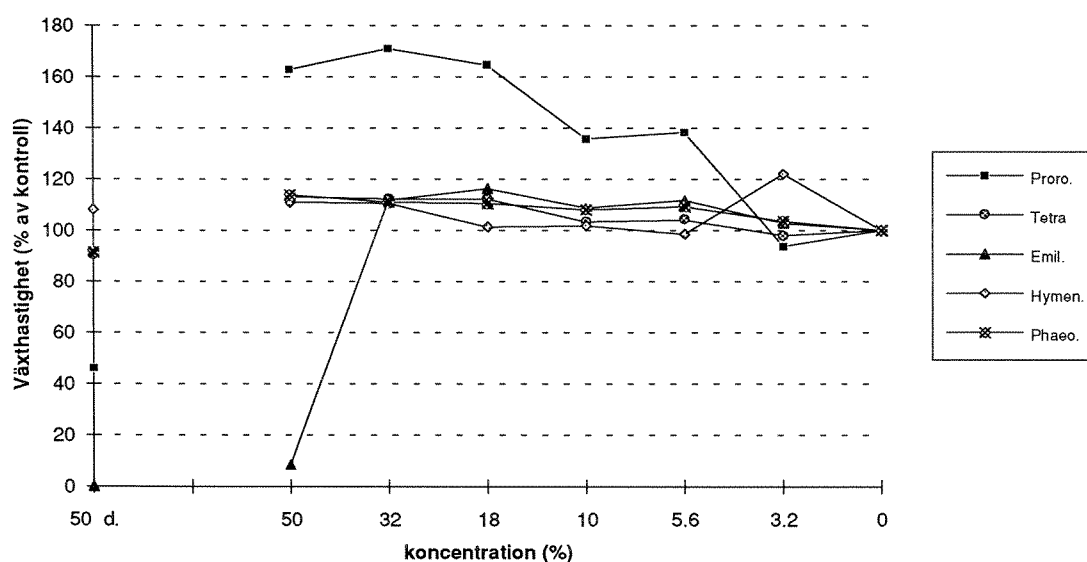


Fig 1a. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från OK före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

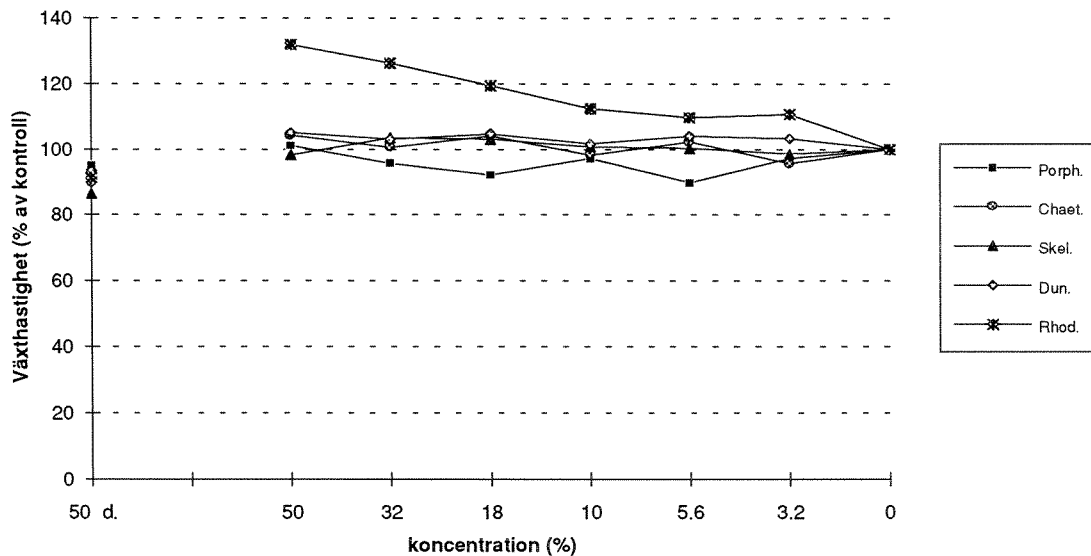


Fig 1b. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från OK före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

Resultaten av testerna med provet efter biologisk nedbrytning visas i fig. 2a och 2b. Också efter nedbrytning hämmades *Emiliania huxleyi* av för låg salthalt vid 50% koncentration. För övrigt registrerades reducerad växthastighet av *Skeletonema costatum*, vid koncentrationer över 10%. Vid 50% koncentration var växthämningen ca. 65% medan kontrollen med destillerat vatten bara visade en svag salthaltseffekt. Växthastigheten av *Porphyridium cruentum* var något lägre än i kontrollen vid samtliga koncentrationer av avloppsvatten efter nedbrytning, men eftersom responsen inte ökade med koncentrationen tyder det inte på gifteffekter i avloppsvattnet.

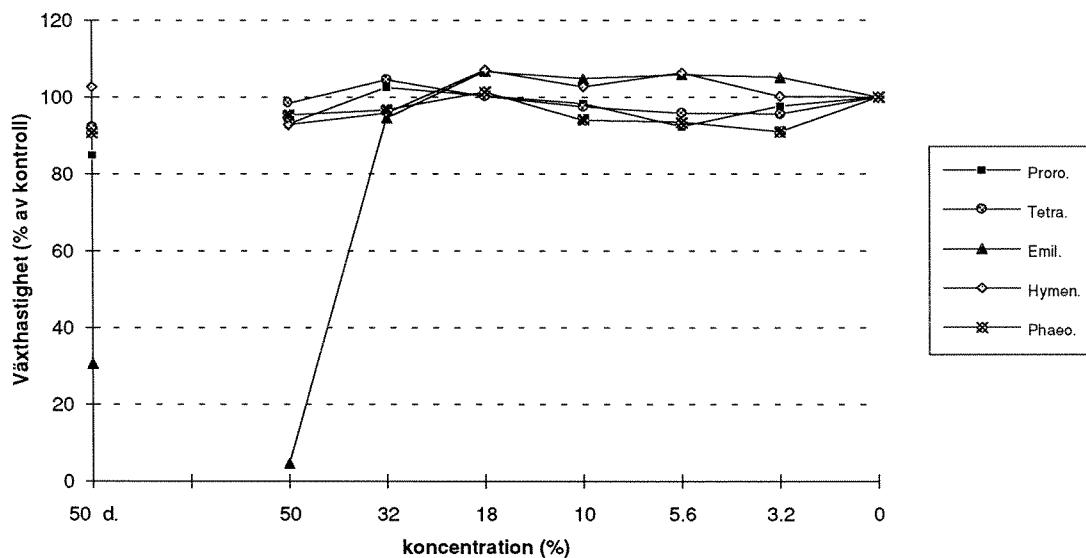


Fig 2a. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från OK efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

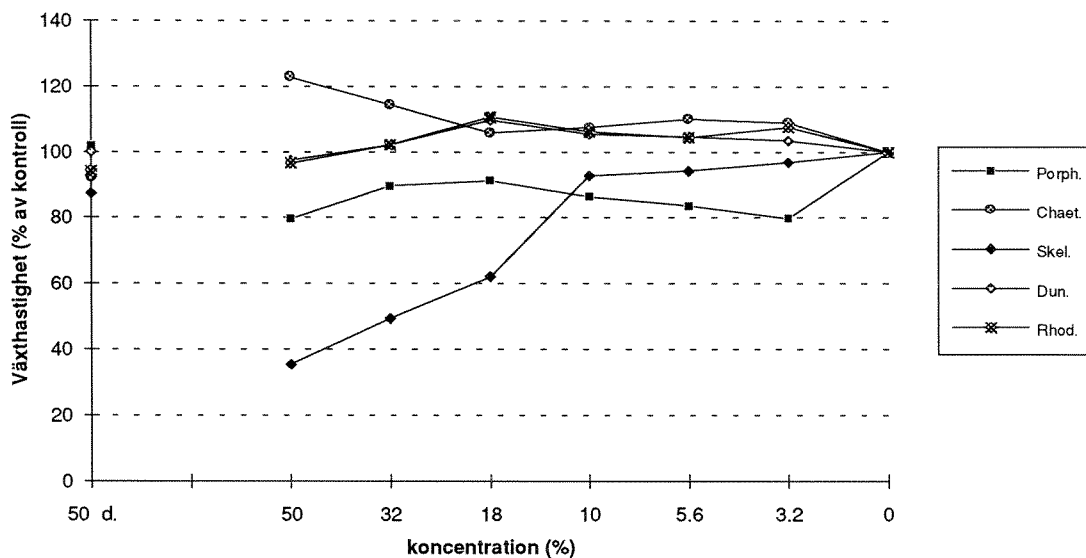


Fig 2b. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från OK efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll)

Växthastigheter uppmätta i de enskilda parallella kulturerna vid testerna visas i fig. 7-10.

2. Shell

Växthastigheten, uttryckt som procent av kontrollkultureernas växthastighet, vid olika koncentrationer av avloppsvatten före nedbrytning (medelvärden av paralleller) och för de olika algerna visas i figur 3a och 3b. Längst till vänster i diagrammen visas växthastigheten i salinitetskontrollerna med 50% destillerat vatten.

Endast för *Emiliana huxleyi* påvisades en klar växthämning vid den högsta koncentrationen av avloppsvatten. Kontrollen med destillerat vatten tyder emellertid på att detta är en effekt av låg salthalt. En tendens till växtreduktion vid 50% koncentration kan också ses för *Hymenomonas carterae*. I detta fallet var växten normal i salinitetskontrollen. Liksom i avloppsvattnet från OK observerades en stimulering av växten av *Prorocentrum minimum* og *Rhodomonas baltica* i provet från Shell.

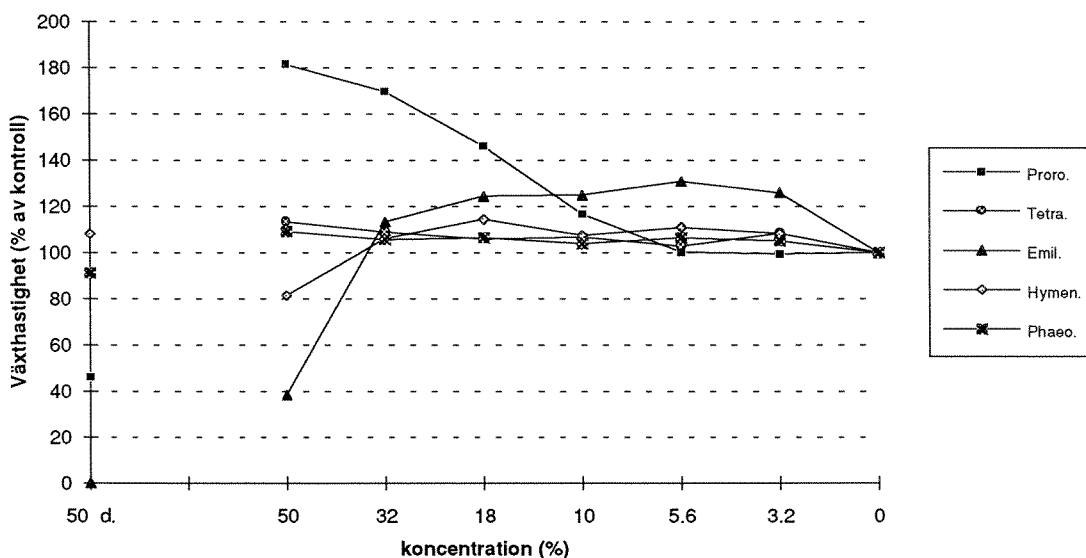


Fig 3a. Växthastighet (% av kontroll) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från Shell före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

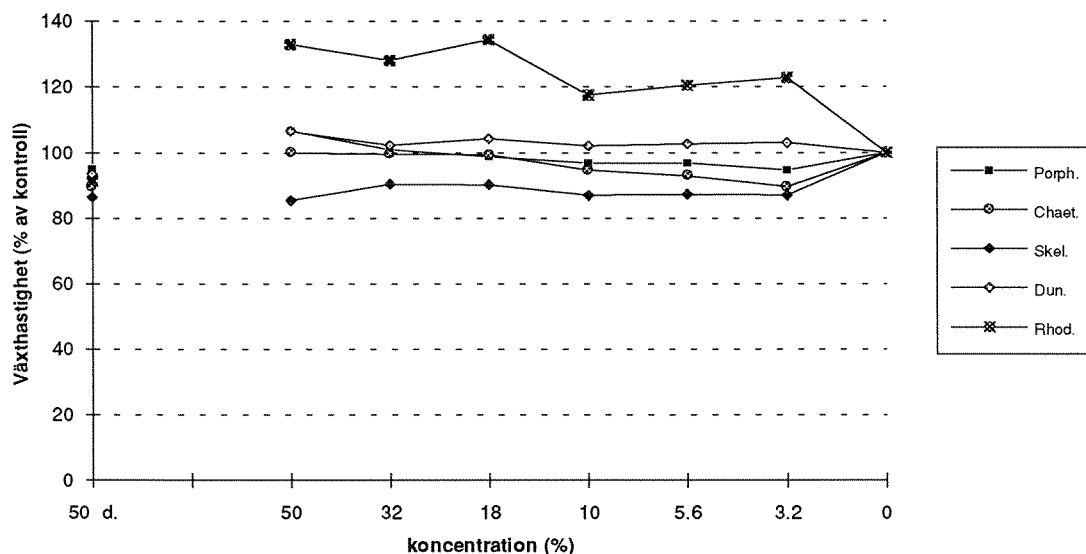


Fig 3b. Växthastighet (% av kontroll) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från Shell före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

Resultaten av testerna med provet efter biologisk nedbrytning visas i fig. 4a och 4b.

Borsett från *Emiliana huxleyi*, som troligen primärt hämmades av låg salthalt vid 50% koncentration, var effekterna av avloppsvattnet efter nedbrytning små för de flesta alger. *Skeletonema costatum* växte emellertid långsammare än i kontrollen vid koncentrationer över 10%. Växthämningen var ca. 50% vid 50% koncentration. Responserna är den samma som i provet från

OK och i ett prov av barlastvatten efter nedbrytning som testades samtidigt. Detta kan tyda på att förfarandet vid nedbrytbarhetstesten tillför en faktor som har växthämmande effekter på *Skeletonema* liknande det som tidigare påvisats i sötvattentester med *Selenastrum capricornutum* (Källqvist 1991).

Växthastigheter i de enskilda parallella kulturerna visas i fig. 11-14.

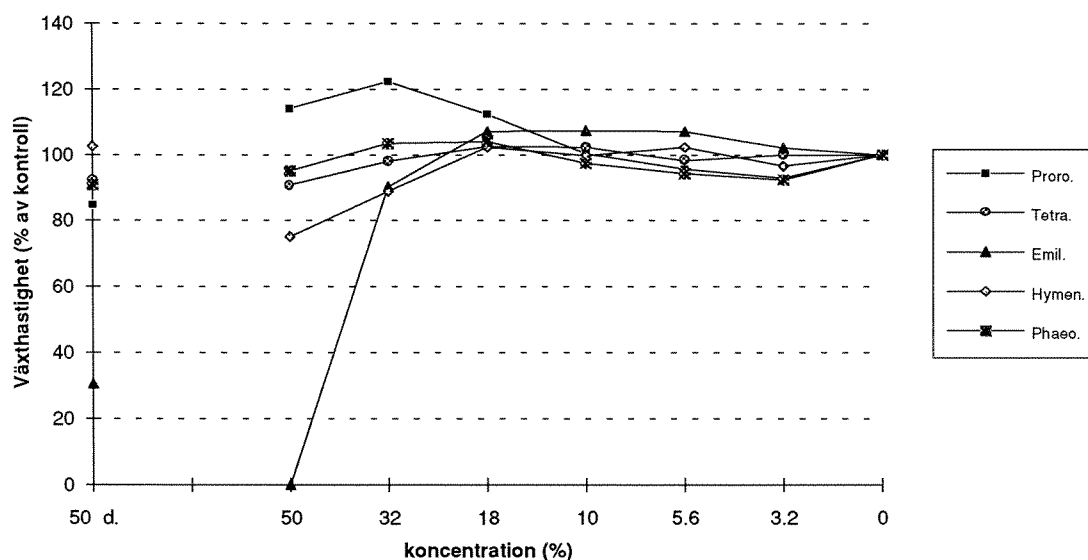


Fig 4a. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från Shell efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

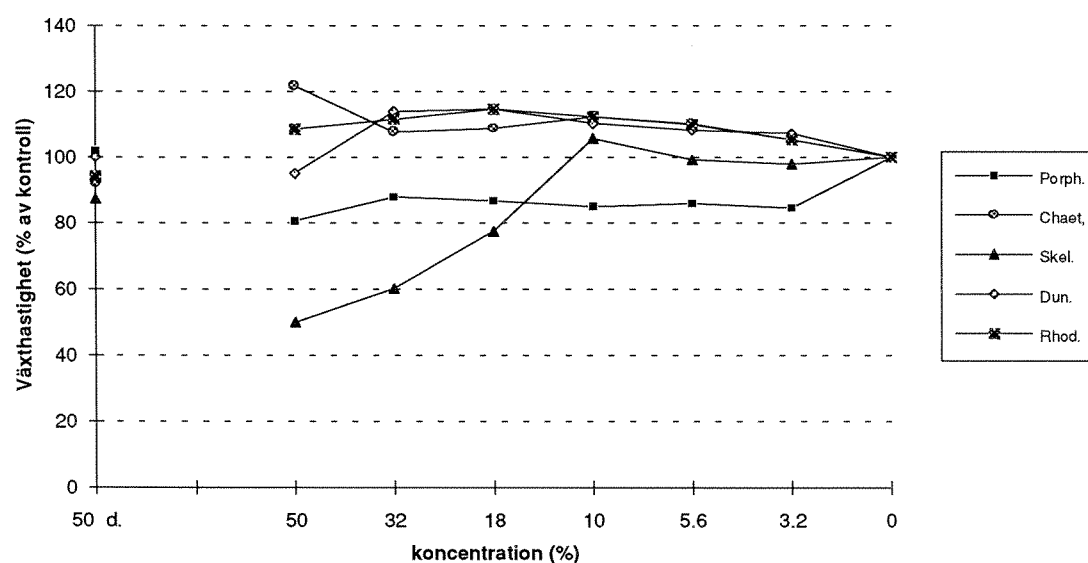


Fig 4b. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av avloppsvatten från Shell efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll)

3. Ballastvatten

Växthastigheten, uttryckt som procent av kontrollkultureernas växthastighet, vid olika koncentrationer av ballastvatten före nedbrytning (medelvärden av paralleller) och för de olika algerna visas i figur 5a och 5b. Längst till vänster i diagrammen visas växthastigheten i salinitetskontrollerna med 50% destillerat vatten.

Responskurvorna visar att pansarflagellaten *Prorocentrum minimum* var mest känslig för ballastvattnet. Växthastigheten hos denna alg reducerades med över 60% redan vid koncentrationen 5.6% och inhiberades helt vid 10%. För tre alger, *Emiliana huxleyi*, *Hymenomonas carterae* och *Dunaliella tertiolecta* observerades växthämning vid koncentrationen 32% och närmast fullständig inhibition vid 50%. *Skeletonema costatum* växte något långsammare än kontrollen vid samtliga testade koncentrationer av ballastvatten. Eftersom växthämningen inte ökade med koncentrationen är det emellertid osäkert om detta kan tolkas som en gifteffekt. En annan kiselalg, *Chaetoceros socialis* visade ett liknande responsmönster, men växthämningen ökade mer vid den högsta koncentrationen, vilket tyder på gifteffekt från ballastvattnet i detta fall.

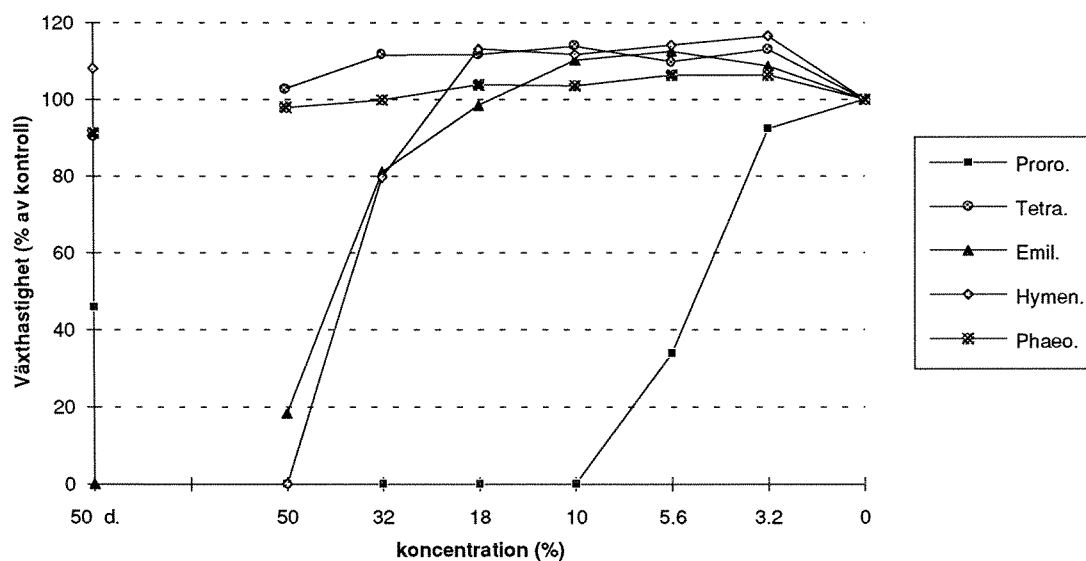


Fig 5a. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av ballastvatten före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten .

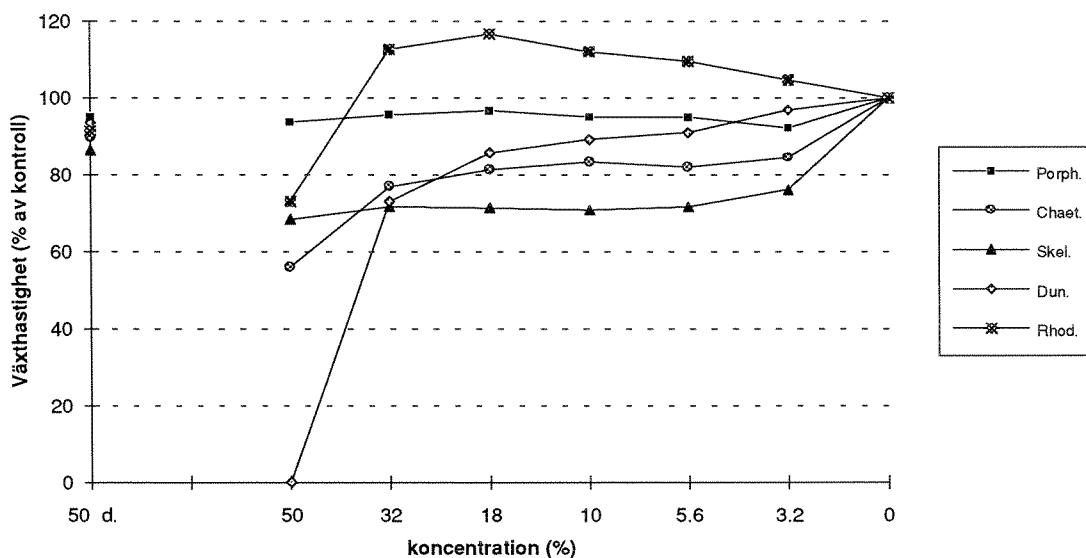


Fig 5b. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av ballastvatten före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten.

Resultaten av testerna med provet efter biologisk nedbrytning visas i fig. 6a och 6b. Också i detta prov registrerades växthämning av *Prorocentrum minimum*, men effekten var något svagare än före nedbrytning. Vid koncentrationen 10% var hämningen ca. 50% i förhållande till kontrollkulturena. För *Hymenomonas carterae* var gifteffekten oförändrad efter nedbrytning, d.v.s svag växthämning vid 32% och fullständig inhibition vid 50%. Växten av *Skeletonema costatum* reducerades vid koncentrationer över 10%, och hämningen var som mest 58% vid koncentrationen 50%. För *Emiliania huxleyi* minskade hämningen vid 50% koncentration fra ca. 80% före nedbrytning till ca. 45% i det stabiliserade provet.

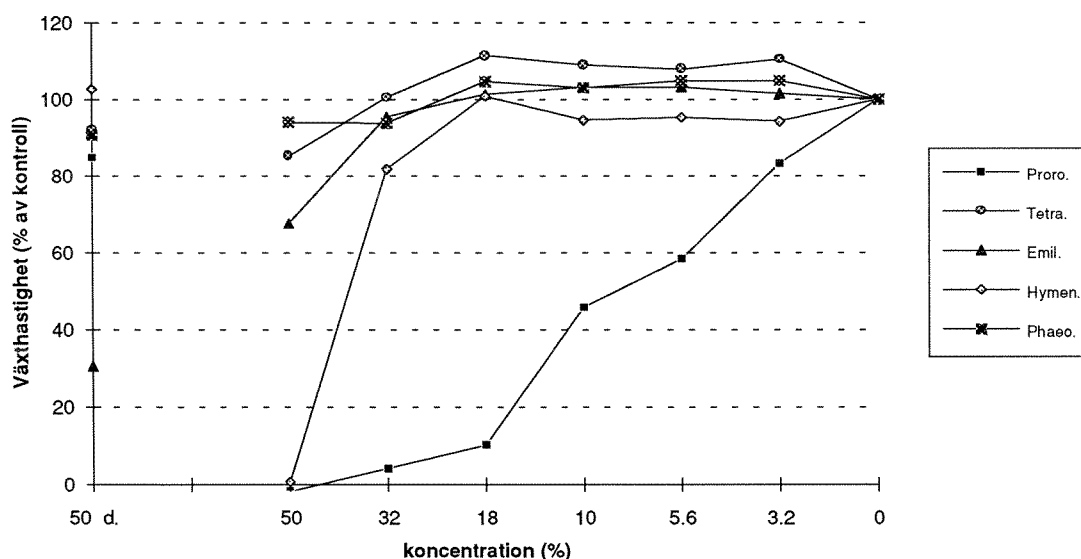


Fig 6a. Växthastighet (% av kontroller) för fem alger vid olika koncentrationer av ballastvatten efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten.

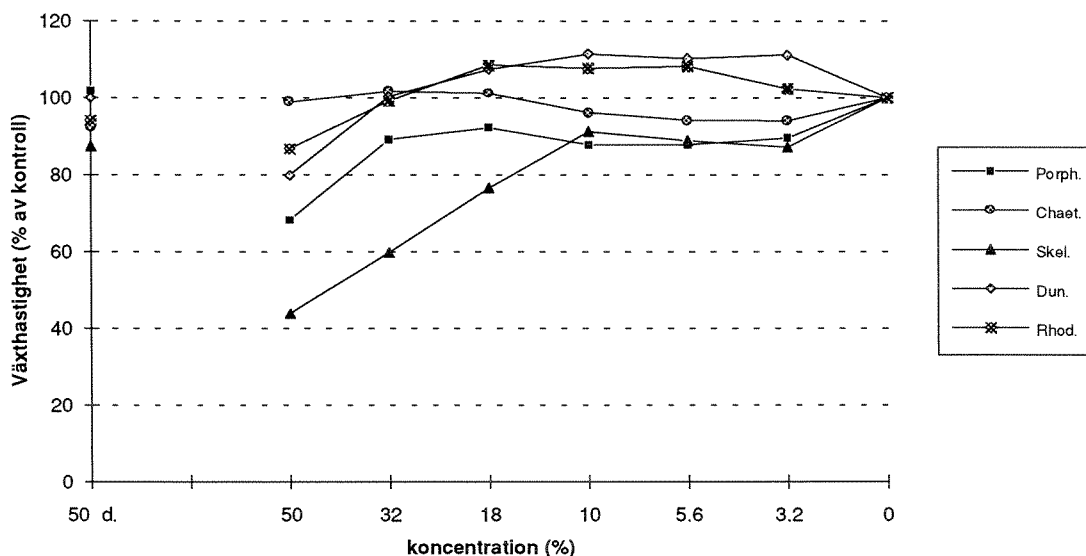


Fig 6b. Växthastighet (% av kontroll) för fem alger vid olika koncentrationer av ballastvatten efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten.

Växthastigheter i de enskilda parallella kultureorna visas i fig. 15-18.

DISKUSION

Testerna visar att båda proverna av avloppsvatten från oljeraffinaderier är lite giftiga för marina planktonalger. Den växthämning som kunde påvisas för en av testalgerna vid koncentrationen 50%, kan inte tillskrivas giftiga komponenter i avloppsvattnet utan är troligen ett resultat av den låga salthalten vid denna koncentration. Bägge avloppsvattnen hade en växtstimulerande effekt på två av algerna.

Responsmönstret hos algerna ändrades lite efter att proverna genomgått biologisk nedbrytning, med undantag för kiselalgen *Skeletonema costatum*, som uppvisade ökande växthämning vid koncentrationer över 10% i bägge proverna. Orsaken till detta kan ligga i förfarandet vid själva nedbrytbarhetstesten och kan inte med säkerhet härledas till komponenter med ursprung i avloppsvattnet.

Ballastvattnet uppvisade något större giftighet än raffinaderiavloppen, och EC_{50} -värden, d.v.s. de koncentrationer som ger 50% reduktion av växthastigheten i förhållande till kontrollkultureorna kunde beräknas för några av algerna. Dessa har sammanställts i tabell 1.

Tabell 1. Beräknade EC₅₀ -värden för testalgerna i ballastvatten före och efter biologisk nedbrytning.

Alg	EC ₅₀ före nedbrytning	EC ₅₀ efter nedbrytning
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	37	>50
<i>Tetraselmis sp.</i>	>50	>50
<i>Emiliana huxleyi</i>	40	>50
<i>Hymenomonas carterae</i>	38	38
<i>Prorocentrum minimum</i>	5	8
<i>Rhodomonas baltica</i>	>50	>50
<i>Porphyridium cruentum</i>	>50	>50
<i>Skeletonema costatum</i>	>50	40
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	>50	>50
<i>Chaetoceros socialis</i>	>50	>50

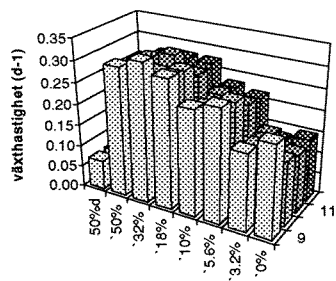
Som framgår av tabellen uppnåddes 50% växthämning i provet före nedbrytning bara för fyra av testalgerna. EC₅₀ -värdena för dessa var 5-40%. Gifteffekten på tre av dessa alger minskade något vid nedbrytningen, men för *Hymenomonas carterae* var EC₅₀ -värdet oförändrat.

För en av algerna, *Skeletonema costatum*, registrerades en ökning av den växthämmande effekten efter nedbrytning på samma sätt som i avloppsvattnen från oljeterminalerna. Detta kan tyda på att förfarandet vid nedbrytbarhetstesten tillför en faktor som har växthämmande effekter på *Skeletonema* liknande det som tidigare påvisats i sötvattentester med *Selenastrum capricornutum* (Källqvist 1991).

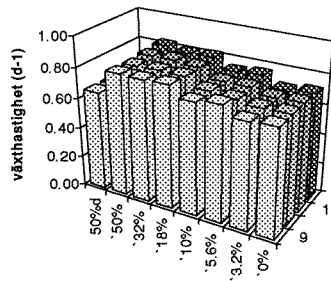
De tre beräknade EC₅₀ -värdena efter nedbrytning var 8-40%. Reduktionen av de växthämmande effekterna hos ballastvattnet vid biologisk nedbrytning var således svag.

På grund av den låga toxiciteten kunde skillnader i känslighet hos olika arter för avloppsvattnen från raffinaderierna inte påvisas. Ballastvattnet verkade däremot växthämmande på den mest känsliga algen (*Prorocentrum minimum*) ned till koncentrationen 3.2%, medan de flesta algerna påverkades lite upp till 50% koncentration. Skillnaden i toxicitet mellan ballastvattnet och raffinaderiavloppen skulle alltså inte kunna påvisats med hjälp av tester med de vanliga standardorganismerna *Skeletonema costatum* eller *Phaeodactylum tricornutum*.

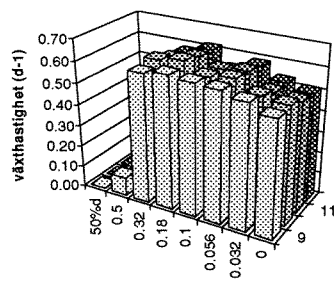
Tester av avloppsvatten med låg salthalt på marina alger försvåras av att algernas växt hämmas av låg salthalt vid höga koncentrationer av avloppsvatten. Av de alger som användes i denna undersökningen var *Emiliana huxleyi* och *Prorocentrum minimum* mest känsliga för låg salthalt och hämmades starkt vid salthalten 17 g/l (50% koncentration). Detta problemet kan möjligen undvikas genom att tillsätta salt till avloppsvattnet. I praktiken är det emellertid oftast av mindre betydning om toxiska effekter uppstår först vid 50% koncentration av ett avloppsvatten, och testerna kan begränsas till koncentrationer under 20%.



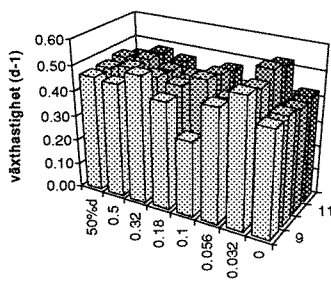
Prorocentrum minimum



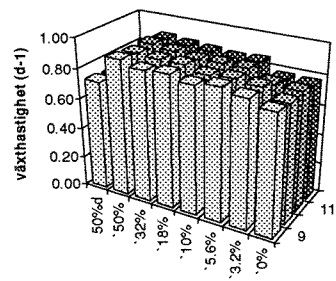
Tetraselmis sp



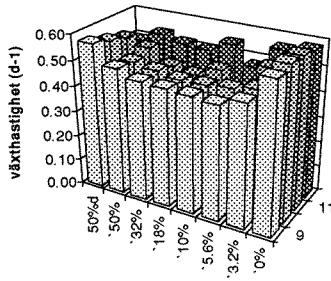
Emiliania huxleyi



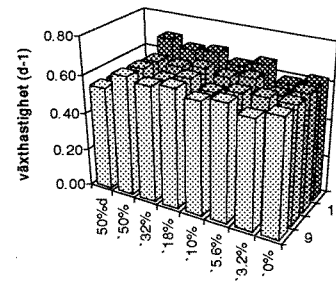
Hymenomonas carterae



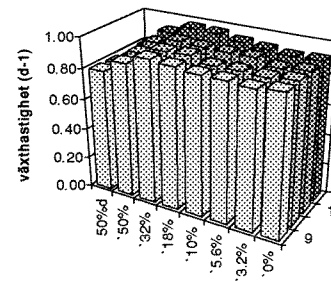
Phaeodactylum tricornutum



Porfyridium cruentum

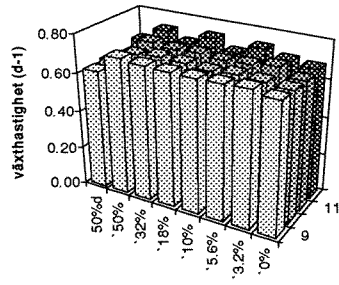


Chaetoceros socialis

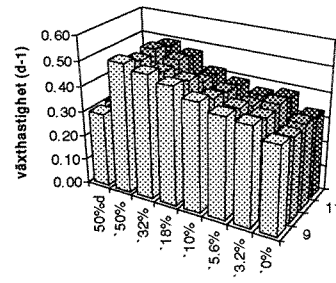


Skeletonema costatum

Fig. 7. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från OK före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

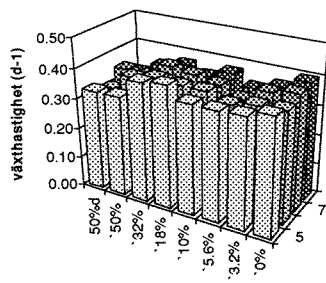


Dunaliella tertiolecta

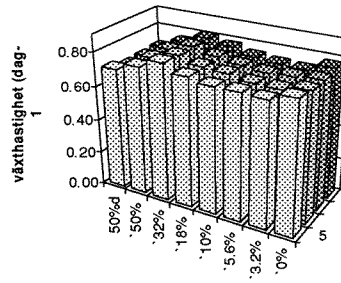


Rhodomonas baltica

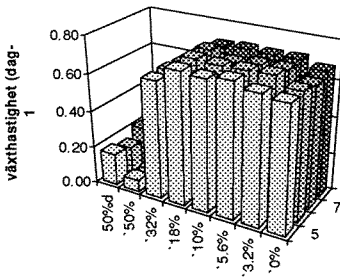
Fig. 8. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från OK före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll)



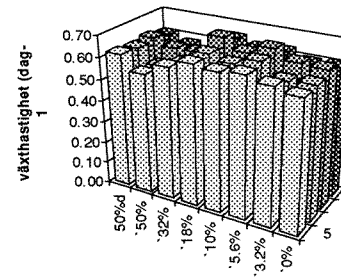
Prorocentrum micans



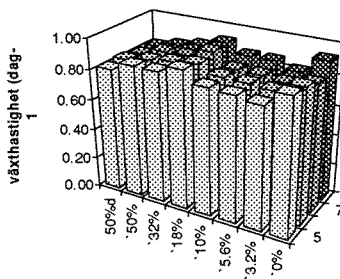
Tetraselmis sp.



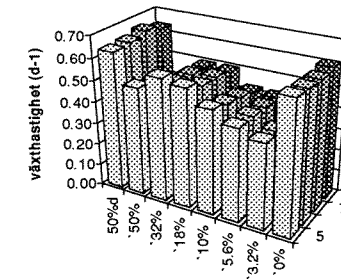
Emiliania huxleyi



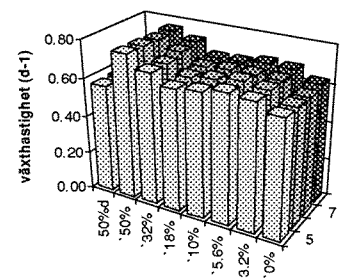
Hymenomonas carterae



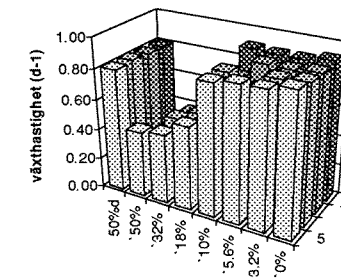
Phaeodactylum tricornutum



Porphyridium cruentum

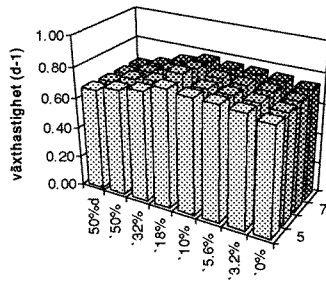


Chaetoceros socialis

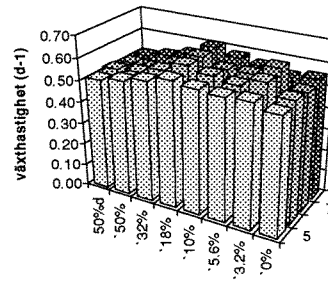


Skeletonema costatum

Fig. 9. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från OK efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll)

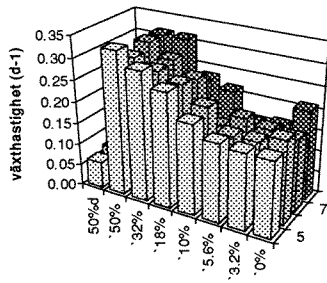


Dunaliella tertiolecta

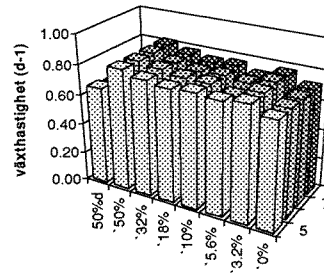


Rhodomonas baltica

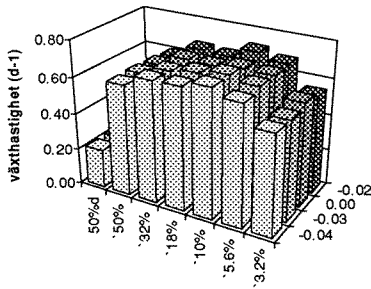
Fig. 10. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från OK efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).



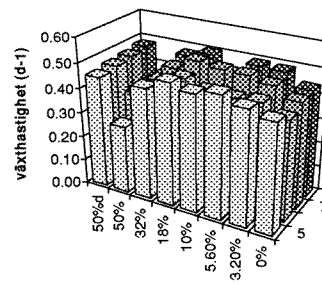
Prorocentrum minimum



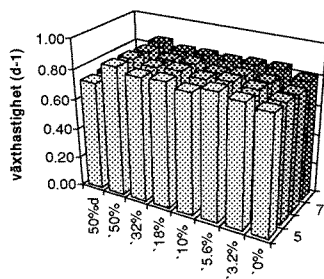
Tetraselmis sp.



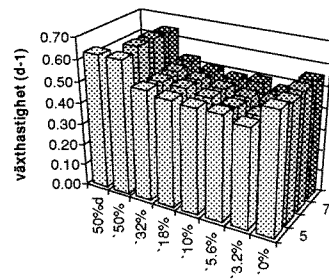
Emiliania huxleyi



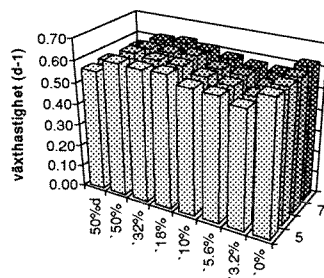
Hymenomonas carterae



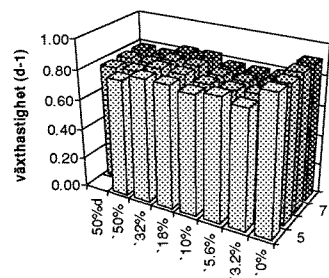
Phaeodactylum tricornutum



Porphyridium cruentum

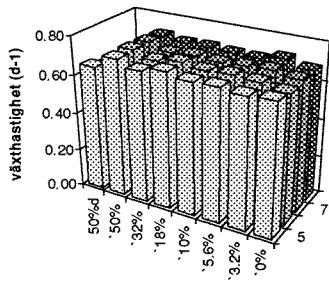


Chaetoceros socialis

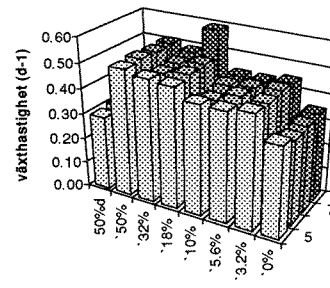


Skeletonema costatum

Fig. 11. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från Shell före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).

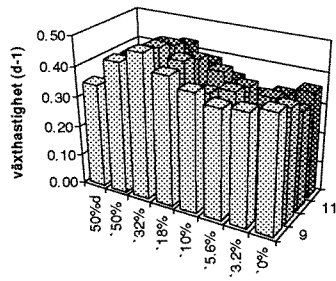


Dunaliella tertiolecta

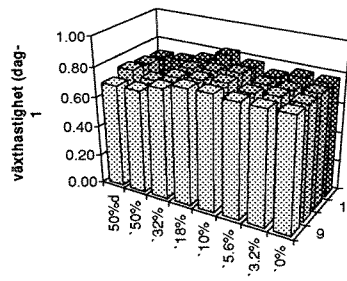


Rhodomonas baltica

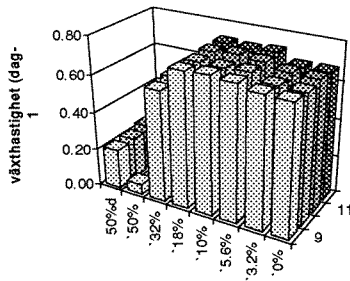
Fig. 12. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från Shell före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll)



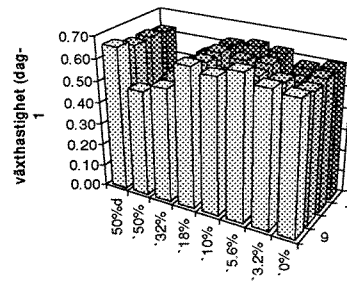
Prorocentrum minimum



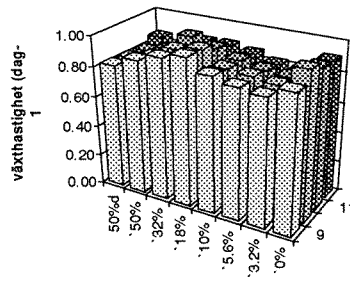
Tetraselmis sp.



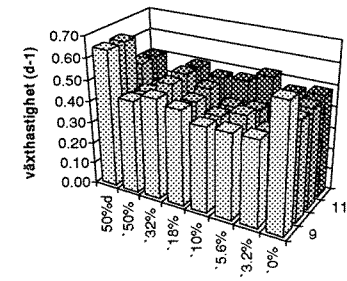
Emiliania huxleyi



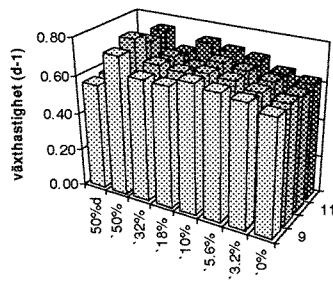
Hymenomonas carterae



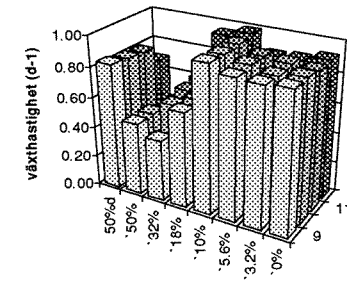
Phaeodactylum tricornutum



Porphyridium cruentum

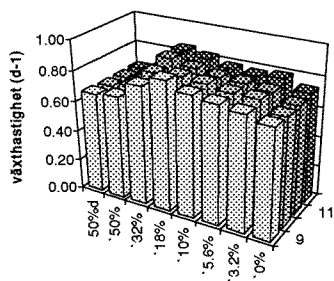


Chaetoceros socialis

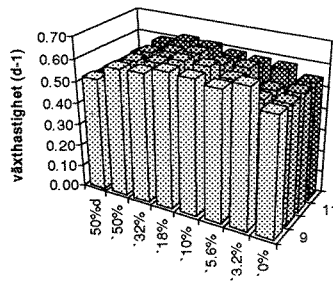


Skeletonema costatum

Fig. 13. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från Shell efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll)

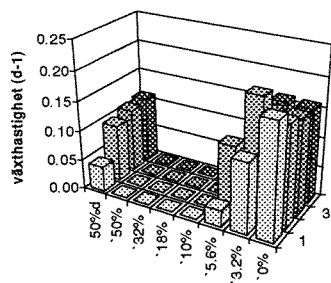


Dunaliella tertiolecta

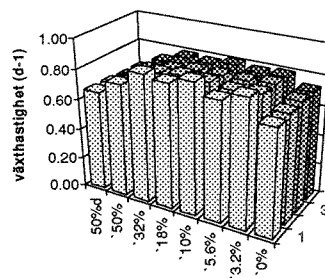


Rhodomonas baltica

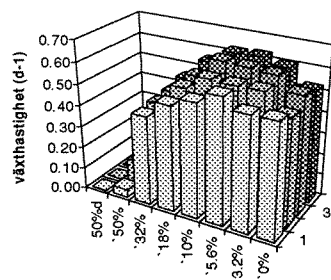
Fig. 14. Växthastigheter uppmätta i tester av avloppsvatten från Shell efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten (salinitetskontroll).



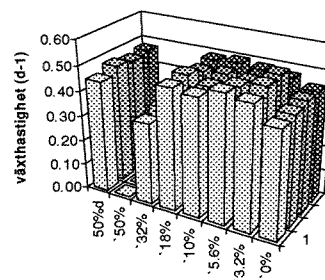
Prorocentrum minimum



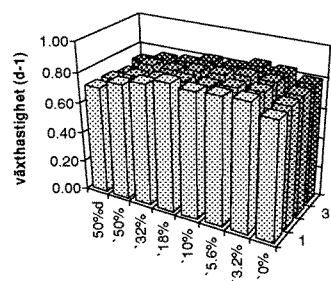
Tetraselmis sp.



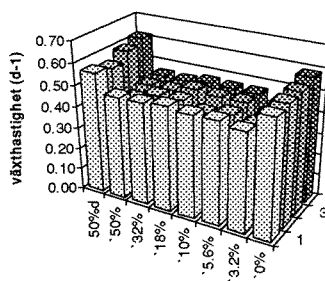
Emiliania huxleyi



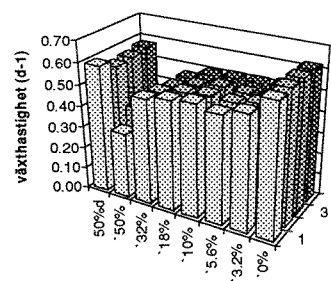
Hymenomonas carterae



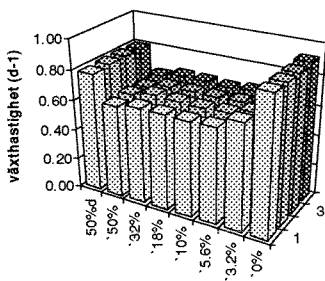
Phaeodactylum tricornerum



Porphyridium cruentum

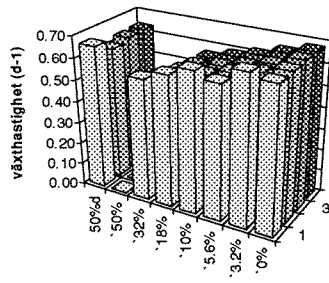


Chaetoceros socialis

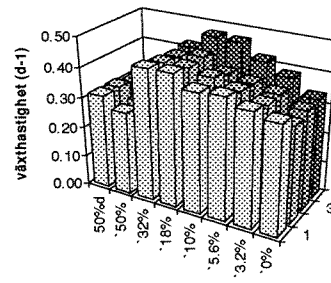


Skeletonema costatum

Fig. 15. Växthastigheter uppmätta i tester av ballastvatten före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten .

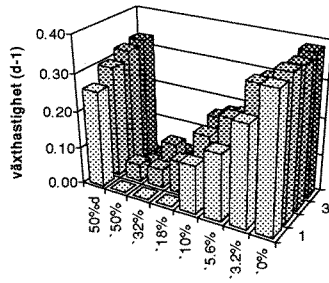


Dunaliella tertiolecta

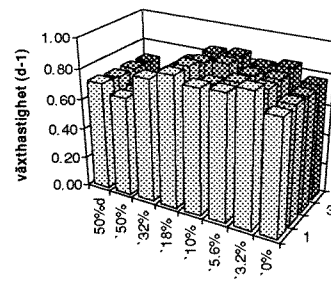


Rhodomonas baltica

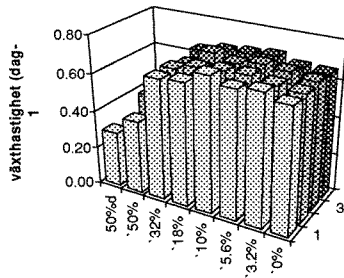
Fig. 16. Växthastigheter uppmätta i tester av ballastvatten före nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten



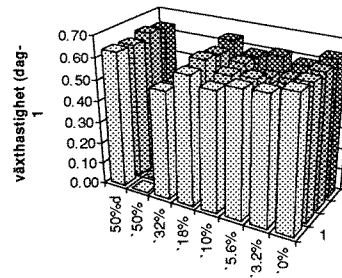
Prorocentrum minimum



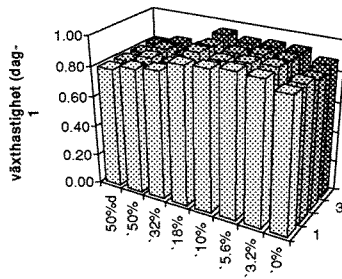
Tetraselmis sp.



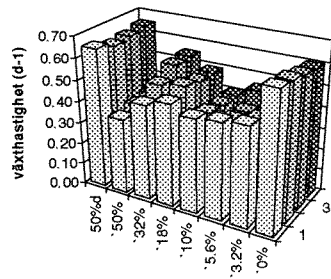
Emiliana huxleyi



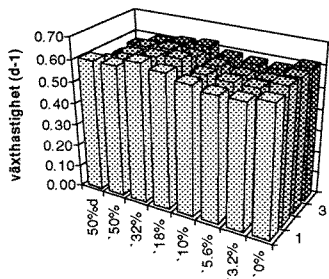
Hymenomonas carterae



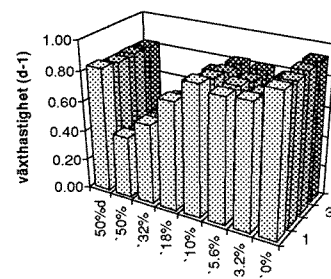
Phaeodactylum tricornutum



Porphyridium cruentum

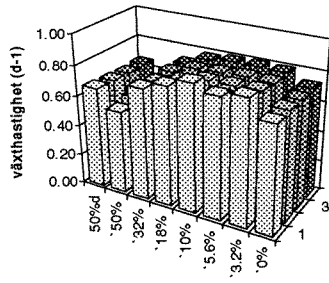


Chaetoceros socialis

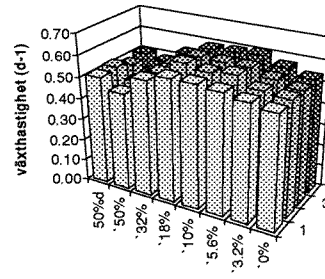


Skeletonema costatum

Fig. 17. Växthastigheter uppmätta i tester av ballastvatten efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten



Dunaliella tertiolecta



Rhodomonas baltica

Fig. 18. Växthastigheter uppmätta i tester av ballastvatten efter biologisk nedbrytning. 50d, längst till vänster i figuren betecknar växthastigheterna vid tillsättning av 50% destillerat vatten .

REFERANSER

Blaise, C., R. Legault, N. Bermingham, R. van Coillie and P. Vasseur 1986: A simple microplate algal assay technique for aquatic toxicity assessment. *Toxicity Assessment* Vol. 1, pp. 261-281.

Blanck, H & B. Björnsäter 1989: The algal microtest battery. Kemi Report No. 3/89. Kemikalieinspektionen 27 s.

Granmo, Å 1986: Delprojekt vatten. Slutrapport, MUST, Miljöutredningen för Stenungsund. Rapport nr. 36. Statens Naturvårdsverk rapport 3200.

Källqvist, T. 1984 a: Biotester. I Vennerød, K. (red.): *Vassdragsundersøkelser, en metodebok i limnologi*. Norsk Limnologforening. Universitetsforlaget. s. 252-267.

Källqvist 1991a: Karakterisering av avloppsvatten från Berol Nobel Stenungsund. NIVA rapport 2589, 112 pp.

Källqvist, T. 1991b: Undersökning av växthämmande effekter på alger i ISO nedbrytbarhetstestmedium. NIVA rapport E-88427 nr. F-531, 12s.

St.-Laurent, D., C. Blaise, P. MacQuarrie, R. Scroggins and B. Trotter 1992: Comparative assessment of herbicide phytotoxicity to *Selenastrum capricornutum* using microplate and flask bioassay procedures. *Environmental Toxicology and Water Quality* Vol. 7, pp. 35-48.

Wängberg, S.-Å., S. Molander & H. Blanck 1984: Inverkan av åtta industriella avloppsvatten på tillväxt av arton marina mikroalger. I Granmo, Å.: *Delprojekt Vatten, MUST rapport nr. 1*. SNV PM 1845.



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2421-1