

PRIMÆRPRODUKTION I VADEHAVET

Vadehavscentret

INDLEDNING OG FORMÅL

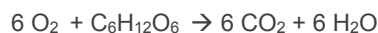
Vadehavets betydning som fødekammer for dyr som muslinger, orme, snegle, fisk, fugle og sæler er uvurderlig.

Årsagen til dette er den store primærproduktion i havbundens øverste millimeter. Her lever op til 16 millioner alger pr. cm^2 i løbet af et år - især kiselalger. Disse alger er primærproducenter og dermed starten på de fødekæder, der eksisterer i Vadehavet.

Størstedelen af primærproduktionen i Vadehavet foregår altså i havbundens øverste lag og ikke i vandsøjlen. Ved algernes fotosyntese omdannes uorganisk kulstof i form af CO_2 til organisk kulstof i form af glukose $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$:



Algerne bruger en del af det organiske stof ved respirationen:



På grund af netop kiselalgerne vigtige rolle i Vadehavets økosystem er det interessant at måle primærproduktionen. Udregning af selve dannelsen af glukose er dog utrolig omfattende og derfor benyttes oxygen-metoden. Her måler man i stedet hvor meget O_2 , der dannes. Når man ved, hvor mange mg O_2 , der er blevet dannet, kan man ved hjælp af støkiometrien i fotosynteseligningen også beregne hvor mange mg C, der dannes. Herefter kan man så beregne primærproduktionen som $\text{g C/m}^2/\text{døgn}$ eller $\text{g C/m}^2/\text{år}$.

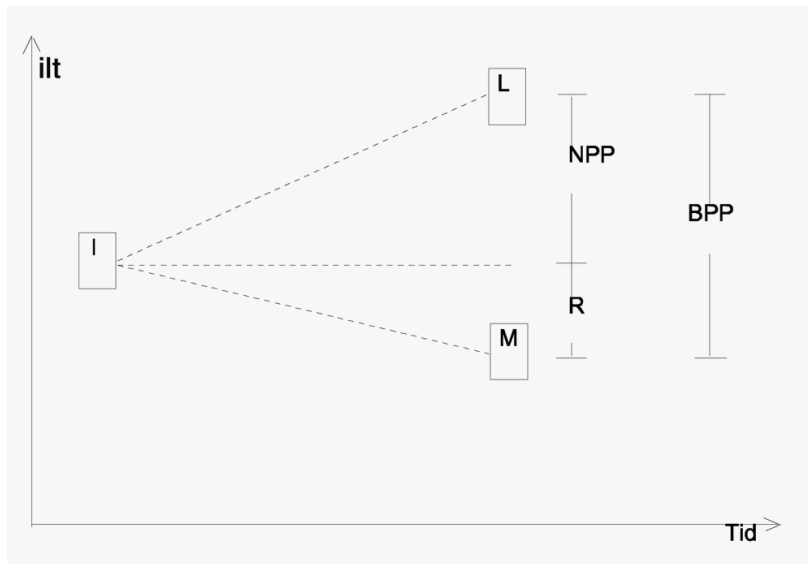
Forskning har vist en bruttoprimærproduktion (BPP, se nedenfor) i Vadehavet til ca. $100 \text{ g C/m}^2/\text{år}$, dog med stor variation fra år til år ($30\text{-}200 \text{ g C/m}^2/\text{år}$).

Oxygen metoden

Nedenstående er en simplificeret udgave af netop oxygen-metoden. I oxygen-metoden bestemmes følgende for at få et skøn over økosystemets produktion og omsætning:

- BPP (Bruttoprimærproduktion): Total mængde organisk kulstof, der bliver dannet ved fotosyntesen.
- R (Respiration): Mængden af organisk kulstof, der forbruges i respirationen.
- NPP (Nettoprimærproduktionen): Mængden af organisk kulstof, der er til rådighed til vækst ($\text{BPP} - \text{R}$).

Det gælder altså, at $\text{BPP} = \text{NPP} + \text{R}$ (se figur 1).



Figur 1

Udvikling af iltindhold i eksempelvis havvand over tid. Iltkoncentrationen stiger i lys fra en startværdi (I) til en slutværdi (L), mens den falder fra startværdien (I) til slutværdien (M) i mørke. Differencen mellem start- og slut-iltkoncentrationen er et udtryk for henholdsvis nettoprimærproduktion (NPP) og respiration (R). Summen af NPP og R er bruttoprimærproduktionen (BPP), som er den samlede mængde producerede ilt.

Materialer

4 plastic-bøtter (50 cl), ske, alufolie, iltmåler, ekstra bøtte/spand, salinitetsmåler.

Fremgangsmåde

For at undersøge BPP, NPP og R undersøger vi skrab af alger fra havbunden. Disse skrab skal i 2 af de 4 plastic-bøtter – **alle 4 bøtter efterfyldes derefter forsigtigt med vand**. Vi måler iltindholdet i vandet med en iltelektrode ved forsøgets start og slut.

De 4 bøtter benævnes:

- Lys-bøtten med Bundskrab (**LB**)
- Mørke-bøtten med Bundskrab (**MB**)
- Lys-bøtten uden bundskrab (**L**)
- Mørke-bøtten uden bundskrab (**M**)

1. Ude på vaden findes et tilfældigt sted, hvor skrabene skal foretages. Med bøttens plasticlåg (kendt areal) markeres 6 ringe på havbunden. Den/de øverste millimeter sand fra 3 af ringene skrabs op med skeen og lægges i LB. Den/de øverste millimeter sand fra de resterende 3 markeringer skrabs op med skeen og lægges i MB.

2. Alle 4 bøtter fyldes nu med havvand hældt i fra den ekstra bøtte/spand. VIGTIGT! Der skal fyldes helt til kanten, så der ikke er luftbobler i! Pas også på med at fylde så meget i, at det løber over – herved mistes alger. Gem lidt vand til at fylde efter med, når iltindholdet er målt (næste punkt)

3. Mørkebøtterne indpakkes nu i alu-folie, så intet lys trænger ind. Herefter måles iltindholdet i L-bøtten for at få startkoncentrationen af ilt i vandet. Vi skal som sådan ikke bruge startværdien til beregningerne, men den kan være nyttig i fortolkningen af resultaterne. Vær forsigtig med elektroden, så vandet ikke iltes. Dog omrøres der forsigtigt med iltelektroden under måling. Det antages, at startkoncentrationen er ens i alle bøtterne. Notér værdien i resultatskemaet (O_2 (start)). Fyld op til kanten med det ekstra vand og sæt låget på.

4. Noter tidspunktet. Nu skal alle bøtter stå i et par timer eller den tid, der er til rådighed. Ventetiden kan bruges på øvelsen "Kvalitativ undersøgelse af dyrelivet i en tidavandsrende" (er vedlagt). Husk at alle bøtter skal stå under de samme forhold, så som sol og skygge.

5. Når tiden er gået, måles iltindholdet i alle 4 bøtter. Værdierne noteres i resultatskemaet. Husk også at notere, hvor lang tid forsøget kørte.

Resultat-behandling (brug resultatskema)

1. Disse spørgsmål kan I svare på hjemme, inden I kommer på besøg:

- Hvorfor har vi 2 lysbøtter og 2 mørkebøtter?
- Er respiration den præcis modsatte reaktion af fotosyntese?
- Hvad forventer vi, der sker i bøtterne?

2. Udfra de målte værdier, kan vi finde BPP, NPP og R.

NPP har vi i lysbøtten LB. Eftersom vi udelukkende er interesserede i NPP fra algerne i bunden, skal vi fratække NPP for de alger, der evt. måtte være i havvandet. NPP for algerne i vandet har vi i L-bøtten. NPP for algerne i bundskrabet kan derfor findes ved differencen mellem de to værdier. Bemærk, at NPP udtrykker en produktion af ilt. Når vi opstiller udregningen på følgende måde, forventer vi altså en positiv værdi for NPP:

$$\text{NPP} = O_{LB}(\text{slut}) - O_L(\text{slut})$$

Respirationen findes i mørkebøtten MB. Her er værdien den samlede respiration for algerne i bundskrabet og algerne i vandsøjlen. Respirationen er altså forhøjet i forhold til den værdi, vi ønsker at finde, nemlig bundalgerne respiration. Vi kender dog respirationen i vandsøjlen – den kan vi finde i M-bøtten. Respirationen for algerne i bundskrabet kan derfor findes ved differencen mellem de to værdier. Bemærk, at R udtrykker et forbrug af ilt. Når vi opstiller udregningen på følgende måde, forventer vi altså en positiv værdi for R:

$$R = O_M(\text{slut}) - O_{MB}(\text{slut})$$

3. Disse målinger kan igen omregnes til produktion pr. tidsenhed (pr. døgn). BEMÆRK: Vi sætter et soldøgn til 12 lyse timer. Hvornår på døgnet foregår fotosyntesen? Hvornår på døgnet foregår respirationen?

Nu kan **BPP** for algerne i bundskrabet beregnes, da $BPP = NPP + R$. Udregn NPP, respirationen og BPP i $\text{mgO}_2/\text{l/døgn}$ og notér det i resultatskemaet.

4. BPP omregnes til $\text{mg O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$. Vi kender arealet fra sedimentet A (m^2) og volumen V (l) af flaskerne.

Omregning fra $\text{mg O}_2/\text{l}$ til $\text{mg O}_2/\text{m}^2$:

$$\frac{\text{mgO}_2/\text{l} * V}{A}$$

Omregn herefter fra $\text{mg O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$ til $\text{g O}_2/\text{m}^2/\text{døgn}$, dvs. fra milligram til gram. Denne værdi for BPP noteres i resultatskemaet.

5. Nu kan vi beregne BPP i g C/m²/døgn. Ved hjælp af fotosyntese-ligningen kan vi finde ud af, hvor mange g C der dannes for hvert g O₂. Vi ved fra fotosyntesen, at der dannes 6 C atomer, når der dannes 12 O atomer. Altså er forholdet mellem C : O = 1 : 2.

Ud fra sammenhængen mellem molarmassen M (g/mol), massen m (g) og stofmængden n (mol), kan man finde massen af carbon m(C). Det gælder, at:

$$n(\text{mol}) = \frac{m(\text{g})}{M(\text{g/mol})}$$

Bemærk: I forsøget her er den målte masse af iltmolekyler (pr. vol.) den samme som massen af iltatomer (pr. vol.) - hvorfor er den det? Molarmassen M(C) er 12 g/mol og M(O) er 16 g/mol. Man kan nu ud fra den dannede masse af O₂ (se punkt 4) beregne den dannede masse af C ved at bruge følgende:

$$1. \quad n(\text{O}) = \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})}$$

$$2. \quad n(\text{C}) = \frac{n(\text{O})}{2}$$

$$3. \quad m(\text{C}) = n(\text{C}) \times M(\text{C})$$

Værdien noteres i resultatskemaet.

6. Hvad bliver den årlige BPP? Er der rimeligt at beregne den årlige BPP som 365 x BPP/døgn? Sammenlign evt. med værdierne fra tidligere studier.

7. Nævn mulige fejlkilder.

Resultatskema

Mål	Ittkoncentration i bøtter	Enhed
Ittindhold, start: O_{start} Måles i L-bøtten. Det antages, at værdien er ens for alle bøtter		mg O_2/l
O_L (slut)		mg O_2/l
O_{LB} (slut)		mg O_2/l
O_M (slut)		mg O_2/l
O_{MB} (slut)		mg O_2/l
Beregn	Ittkoncentration	Enhed
NPP		mg O_2/l
R		mg O_2/l
NPP pr. døgn		mg $O_2/l/døgn$
R pr. døgn		mg $O_2/l/døgn$
BPP pr. døgn		mg $O_2/l/døgn$
BPP pr. døgn		g $O_2/m^2/døgn$
Beregn	Organisk kulstof	Enhed
BPP pr. døgn		g $C/m^2/døgn$
BPP pr. år		g $C/m^2/år$
Nyttige data		Enhed
Volumen af vandbøtte	0,55	liter
Areal af låg – Ø6,5 cm		cm ²
Areal af skrab (3 x lågets areal)		m ²
Forsøg start kl.: Forsøg slut kl.: Forsøgstid		timer

KVALITATIV UNDERSØGELSE AF DYRELIVET I EN TIDEVANDSRENDE

Vadehavscentret

INDLEDNING OG FORMÅL

For at kunne bevare og beskytte naturen omkring os, er det vigtigt at få en forståelse for dynamikken, fødekæder og biodiversiteten i et område.

Vadehavet er et meget produktivt område med enorme mængder af dyr, små som store. Disse organismer indgår i fødekæder, hvor de hver især har deres vigtige plads. I Vadehavet er specielt bunddyrsproduktionen stor, og hver kvadratmeter havbund (vade) rummer tusindvis af orme, muslinger, snegle og krebsdyr. Disse bunddyr er sammen med algevæksten på vaden en vigtig fødekilde for de pelagiske dyr, dvs. de dyr, der lever frit i vandsøjlen (eksempelvis fisk og rejer). Biodiversiteten kan beskrives enten *kvalitativt* eller *kvantitativt*.

Den **kvalitative** undersøgelse beskriver hvilke dyr, der er til stede på en given lokalitet, men ikke hvor mange der er af hver art. Det giver et billede af, om der er forsvundet arter eller kommet nye til, men ikke om der er sket ændringer i de enkelte populationsstørrelser.

Den **kvantitative** undersøgelse beskriver antallet af individer af en given art, og vil således kunne fortælle, om der er sket ændringer i populationsstørrelsen over tid.

Vi vil i denne øvelse lave en kvalitativ undersøgelse af dyrelivet i en tidevandsrende. Ved lavvande foretages der stryg med rejehov. Vi får et overblik over antal forskellige arter, og hvis øvelsen eksempelvis gentages på forskellige tidspunkter, kan man således observere ændringer i antal forskellige arter hen over året eller over en årrække.

Materialer

I felten: Rejehov, en eller to spande, greb

I laboratoriet eller i felten: Hvid bakke, pincet, sprøjteflaske, petri-skåle, felthåndbog, stereolup (kun i laboratoriet) blyant, faunaskema

Fremgangsmåde:

Hver gruppe udstyres med et rejehov. Brugen af rejehov illustreres på dagen. Herefter skal der laves stryg i tidevandsrenden i ca. 20 minutter. Fangsten opbevares i den ene spand - husk vand. Undlad at få mudder/slik med i spanden, det er meget lettere at finde og identificere dyrene i så rent vand som muligt. Fang mindst to stk af hver art.

Grav et par huller i vaden, og opbevar de fundne orme og andet i den anden spand.

Resultat-behandling (brug faunaskema)

Tilbage på Vadehavscentret (eller i felten, hvis vejret tillader det) hældes dyrene over i en hvid bakke og undersøges nærmere.

Dyrene sorteres nu efter art og antal arter optælles. Resultaterne noteres på det udleverede faunaskema.

Til hjælp ved artsbestemmelse af dyrene kan felthåndbogen "Havets dyr og planter" med fordel bruges.

Faunaskema

Art (dansk navn)	Art (videnskabeligt navn)	Evt.

-