



Titel: Lyssvækkelse			
Dokumenttype: Teknisk anvisning	TA nr.: M06	Version: 3	Oprettet: 05.09.2014
Forfattere: Stiig Markager og Henrik Fossing	Gyldig fra: 04.06.2015		
	Sider: 17		
	Sidst ændret: 04.06.2015		
TA henvisninger	M01 - M03 - M07		

Indhold

1 Indledning	1
2 Metode	2
2.1 Tid, sted og periode.....	3
2.2 Udstyr	3
2.3 Procedure.....	4
2.3.1 Brug af lysmåler/lyssensor	4
2.3.2 Brug af Secchi-skive	5
2.4 Vedligehold af lyssensorer	5
2.5 Særlige forholdsregler – faldgruber	6
2.5.1 Lysmåling.....	6
2.5.2 Secchi-skive	7
3 Databehandling	8
3.1 Beregning af lyssvækkelse og K_d ud fra lysmålinger i vandsøjlen	8
3.2 Beregning af K_d ud fra sigtdybdemåling med Secchi-skive	9
3.3 Data og koder.....	9
4 Kvalitetssikring	11
4.1 Kvalitetssikring af lysmåling	11
4.2 Kvalitetssikring ved brug af Secchi-skive	11
4.3 Kvalitetssikring af data og dataaflevering	12
5 Referencer	13
6 Bilag	14
6.1 Vurdering af lyssvækkelseskurver	14
7 Oversigt over versionsændringer	16

1 Indledning

Denne tekniske anvisning beskriver, hvordan lyssvækkelsen i en vandsøjle måles, og hvordan lyssvækkelseskoefficienten (K_d) beregnes ud fra observationer af lysintensiteten i en vandsøjle bestemt ved enten (1) at måle lyset i diskrete dybder med en lysmåler/ lyssensor eller (2) ved at måle vandets sigtdybde (z_s) ved hjælp af en Secchi-skive.

Lyssvækkelseskoefficienten er en vigtig overvågningsparameter, idet lyssvækkelsen er et integreret mål for, hvor påvirket et område er fx af afstrømning fra land og dermed den organiske stofkoncentration, resuspenderet bundmateriale og/eller opblomstring af fytoplankton.

Lysmålinger indgår også direkte i beregningen af primærproduktionen i vandsøjlen, for beregning af udbredelsen af den fotiske zone i vandsøjlen og ved beregning af den lysmængde, der er til rådighed for bundvegetationen.

Endelig er lyssvækkelseskoefficienten vigtig ved modellering af den biologiske omsætning i pelagiske økosystemer.

2 Metode

Den optimale beregning af lyssvækkelseskoefficienten (K_d) fås ud fra lysmålinger i diskrete dybder ved brug af en lysmåler, som sænkes ned gennem vandsøjlen (Fig. 1).

Lyssvækkelseskoefficienten kan også estimeres ud fra måling af vandets sigtdybde (z_s) ved brug af en Secchi-skive. Sigtdybden er den dybde, hvor Secchi-skiven netop er synlig. Herefter kan z_s omregnes til en omtrentlig lyssvækkelseskoefficient (se afsnit 3.1).

Ud fra K_d kan lyset i en given dybde beregnes relativt til overfladeindstrålingen, fx som procent af lyset ved overfladen.

Lysmålinger skal udføres med brug af lysmåler, hvor og når det er muligt. Secchi-skive skal kun benyttes (1) som en nødløsning i tilfælde af instrumentproblemer og (2) på stationer med lange tidsserier af sigtdybden, hvor måling med Secchi-skive forsættes sideløbende med lysmålinger med lysmåler.

Ved brug af Secchi-skive skal det bemærkes, at sigtdybdemålinger ikke giver megen information, når der er lys og dermed sigt til bunden. Den empiriske konstant for omregning fra z_s til K_d kan også variere betydeligt afhængig af vandtypen (se afsnit 2.5.2).

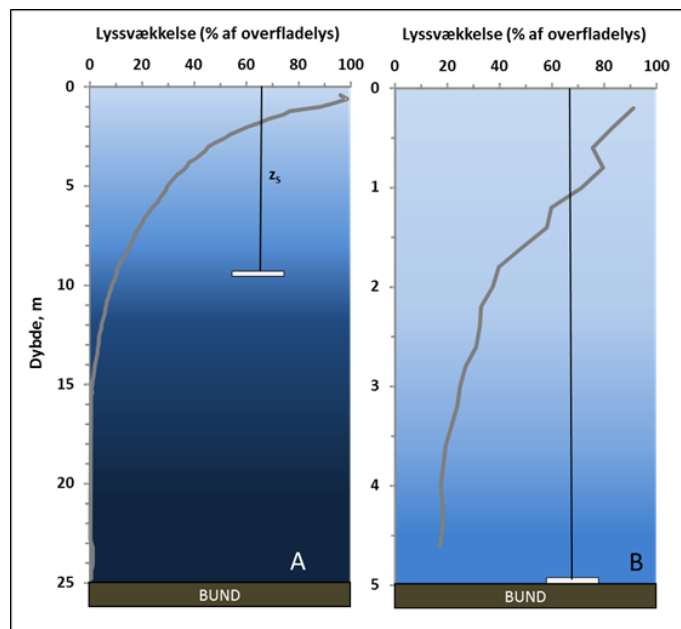


Fig. 1. Lysmåling i vandsøjle fra vandoverflade til bund (grå ubrudt profil) samt sigtdybde (z_s), hvor Secchi-skive er vist som hvidt rektangel. A: 25 m's vanddybde uden lys ved bunden og en sigtdybde på 9,2 m. B: 5 m's vanddybde med ca. 20 % af overfladelyset ved bunden, og hvor sigtdybde derfor ikke kan bestemmes.

2.1 Tid, sted og periode

Lysmålinger foretages på vandkemistationer og oftest i forbindelse med CTD-profiler. For nærmere beskrivelse af CTD-udstyr og dets anvendelse henvises til *TA M01 Prøvetagning i felten* og *TA M03 CTD måling*.

Lysmålinger skal udføres med en god overfladeindstråling og kan derfor kun udføres i tidsrummet fra 1 time efter solopgang til 1 time før solnedgang, dvs. når solen står mere end 5° over horisonten (Fig. 2).

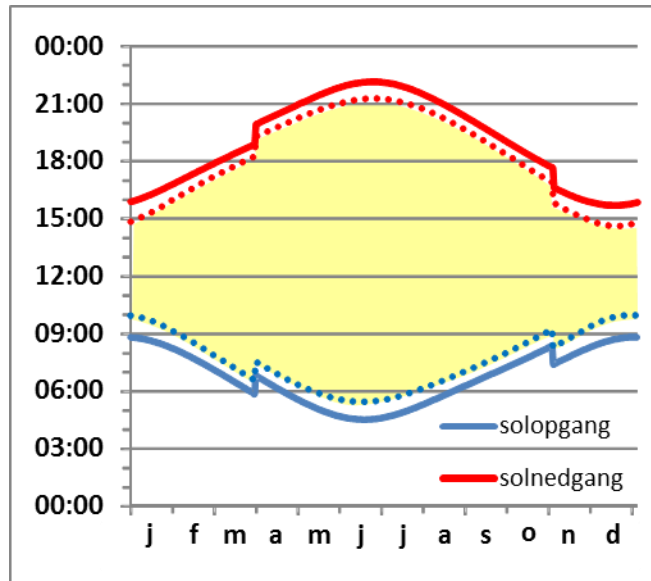


Fig. 2. Tidsvindue for lysmålinger, der kan udføres fra 1 time efter solopgang til 1 time før solnedgang (det gule område mellem de blå- og rødstiplede linjer, der markerer tidspunktet, hvor solen står 5° over horisonten). Sommertiden begynder sidste søndag i marts og slutter sidste søndag i oktober. Solop- og nedgangstider er vist for positionen 56°00'N/ 10°23'Ø (ca. 6 km vest for Issehoved, Samsø).

2.2 Udstyr

- 2 kvantum lyssensorer til hhv. luft og vand som måler mellem 400 og 700 nm
- evt. stang med 2 påmonterede kvantum undervandssensorer (anvendes på særligt lavt vand og ved høj lyssvækkelse)
- Secchi-skive (hvid, 30 cm diameter) med lod og line opmålt i 10-cm intervaller, der sikrer en nøjagtighed på bestemmelsen af Secchidybden på ± 10 cm.
- evt. vandkikkert til observation af Secchi-skive

De benyttede kvantum lyssensorer skal være enten flade eller sfæriske, hhv. en 2π -sensor (Fig. 3A) eller en 4π -sensor (Fig. 3B). Den lyssensor, som bruges som overfladereference (se afsnit 2.3.1), skal være en 2π -sensor eller en 4π -sensor, som er effektivt skærmet mod lys, der kommer nedefra. Dette kan fx gøres ved at montere en sort plade under sensoren.

Kvantumlysmåleren, der måler fotoner i $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$, responderer ens på alle bølgelængder. Ved beregningen af lyssvækkelseskoefficienten skal der måles fotosyntetisk aktivt lys i intervallet 400-700 nm også kaldet PAR (eng. photosynthetically active radiation).



Fig. 3. To typer af cosinus-korrigerede kvantum lyssensorer. A: 2π -sensor måler lys fra alle retninger over sensoren. B: 4π -sensor måler fra alle retninger omkring sensoren.

En 2π -sensor måler lys fra alle retninger over sensoren, mens en 4π -sensor måler fra alle retninger omkring sensoren, dog med en nedsat/manglende respons for lys, hvor sensoren er fastgjort. Forskellen i den målte lyssvækkelseskoefficient mellem 2π -sensor og en 4π -sensor vil være ubetydelig.

2.3 Procedure

2.3.1 Brug af lysmåler/lyssensor

Lyssensoren til brug i vandet monteres på CTD-instrumentet (se *TA M03 CTD måling*) eller på en ramme, således at sensoren peger opad (også i vandet) og ikke skygges af CTD'en eller rammen. Sensoren skal derfor sidde allerøverst på CTD'ens ramme.

Samtidig med lysmålingen i vandsøjlen skal lysindstrålingen mod vandoverfladen måles med en lyssensor, der er monteret øverst på skibet, hvor overbygning, master eller lignende ikke skygger for lysmåleren.

Lyssensoren sænkes lodret ned i vandet i solsiden så langt ude fra skibssiden som muligt, så skyggeeffekter fra skib eller båd undgås. Skyggeeffekter er mest kritiske i klart vejr med høj solhøjde, mens effekten er reduceret ved skyet vejr og/eller lav solhøjde, hvor lyset i vandet er mere diffust (se afsnit 2.5).

Lysmålingen begynder (ideelt set¹) lige under vandoverfladen og fortættes indtil lyset forsvinder (dvs. $<1\%$ af overfladelysindstrålingen) eller helt til bunden, hvis der er lys så langt ned (dvs. $>1\%$ af overfladelysindstrålingen). Ved hver måling aflæses lysmåleren i luft og vand samtidigt, så lyssvækkelsen kan beregnes. Der skal foretages mindst 10 målinger jævnt fordelt ned gennem den lyspåvirkede vandsøjle, dvs. indtil 1% af overfladelysindstrålingen nås. Hvis lyssensoren er monteret på CTD'en, opnås oftest en meget effektiv dataopsamling og højopløst opmåling af lyssvækkelsen i vandsøjlen.

¹Aflæsninger tæt på overfladen er ofte ubrugelige pga. bølgeaktivitet, og derfor anvendes måleværdierne først fra større dybde.

På lavvandede stationer og særligt ved høj lyssvækkelse og/eller i uroligt vand, kan det være umuligt at foretage 10 lysmålinger med præcis dybdebestemmelse. I sådanne situationer måles lyssvækkelsen derfor mellem to undervandssensorer med kendt afstand (to-punktsmåling) monteret på en stang. Afstanden mellem de to lyssensorer skal kunne justeres efter forholdene, idet afstanden skal være størst mulig – dog med mindst 1 % lys ved den nederste lysmåler.

Stangen holdes lodret i vandet, og lysmålerens signaler aflæses samtidigt. Lyssvækkelseskoefficienten kan herefter beregnes som beskrevet i afsnit 3.1.

2.3.2 Brug af Secchi-skive

Secchi-skiven sænkes ned gennem vandsøjlen 'med solen i ryggen' for at undgå reflekser fra havoverfladen. Loddet på undersiden skal være tungt nok til at holde linen strakt og Secchi-skiven vandret.

Secchi-skives sænkes til den ikke længere kan ses, og derefter trækkes den langsomt op indtil den netop igen er synlig. Sigtdybden (z_s) noteres.

Målingen kan foretages med eller uden vandkikkert. Bruges vandkikkert, bliver sigtdybden dybere. Den samme procedure (\pm vandkikkert) skal derfor bruges på en given station hver gang (fx ved lange tidsserier), og det skal angives i dataindberetningen, hvordan målingen er lavet, dvs. \pm vandkikkert.

2.4 Vedligehold af lyssensorer

Lyssensorerne (både i vand og luft) skal efter behov rengøres forsigtigt med fugtig klud og demineraliseret vand.

Såfremt producenten anbefaler en detergent til rengøring, skal denne anvendes. Man skal især være opmærksom på referencesensoren øverst på skibet, som kan tilsmudses af skibets udstødning, fugleklatter etc.

Lysmåleren skal kalibreres efter producentens anvisninger, idet lyssensorer kræver specielt udstyr for kalibrering, og 4π -sensor (oftest) kun kan kalibreres af producenten.

Det skal bemærkes, at beregningen af lyssvækkelseskoefficienten er uafhængig af lysmålerens kalibrering, idet det er den relative ændring i lysintensiteten (dvs. signalet) i forskellige dybder, der er grundlag for beregningen. Hvis sensorerne derfor kun bruges til målinger for beregning af K_d , kan man undlade at kalibrere så ofte, som producenten foreskriver.

En korrekt kalibrering af lysmålerne er dog nødvendig, hvis man ønsker absolute målinger, fx ved beregning af refleksionen fra vandoverfladen eller bestemmelse af overfladeindstrålingen.

2.5 Særlige forholdsregler – faldgruber

2.5.1 Lysmåling

Fejlagtig dybdemåling: Dybden for lysmålingerne registreres fejlagtig, hvis dybde og lysdata midles over et tidsrum (fx 5 sekunder), mens lyssensoren – sædvanligvis monteret på CTD'en – sænkes ned gennem vandsøjlen. Fejlen opstår pga. lysets eksponentielle svækkelse. Lysmålingen skal entydigt knyttes til én dybdemåling. En evt. udjævning af signalet kan foretages, i forbindelse med at lyssvækkelseskoefficienten beregnes (se afsnit 3.1).

Skyggeeffekter: Hvis båden skygger for lyssensoren, vil man se et knæk opad på lyssvækkelseskurven i den dybde, hvor sensoren kommer ud af skyggen (se Bilag 6.1, Fig. 5), og kun målingerne under denne dybde må bruges ved beregningen af lyssvækkelseskoefficienten (se afsnit 3.1).

Inhomogen vandsøjle: Oftest er vandsøjlen ikke optisk homogen fx pga. springlagsdannelse eller varierende klorofylkoncentration. Lyssvækkelseskurven ændrer derfor ofte 'forløb' omkring springlaget, hvilket kommer tydeligst til udtryk ved en logaritmisk transformation af lyssvækkelseskurven (se Bilag 6.1, Fig. 6). Hvis der er en signifikant forskel på lyssvækkelseskurven hhv. over og under springlaget, beregnes lyssvækkelseskoefficienten kun ud fra data over springlaget (se afsnit 3.1).

Lysets spektrale sammensætning og spredning ændrer sig med vanddybden, og lyset kan spredes pga. partikler i vandet. Disse faktorer kan føre til 'forstyrrelser' på lyssvækkelseskurven, hvilket kommer tydeligst til udtryk ved en logaritmisk transformation af lyssvækkelseskurven, hvor der kan iagttages en ikke-lineær hældning (se Bilag 6.1, Fig. 5). I disse tilfælde kan det være nødvendigt at udelade lysmålinger fra den nederste del af vandsøjlen.

Variation på lysmålingerne: Lysmålingerne kan være mere eller mindre nøjagtigt bestemt:

- Særligt øverst i vandsøjlen kan bølger fokusere og sprede lyset, og skibets bevægelse i vandet kan føre til en unøjagtig bestemmelse af dybden. Disse påvirkninger er relativt set mest betydende tæt ved overfladen. Ved beregning af lyssvækkelseskoefficienten kan det være nødvendigt at se bort fra lysintensitetsmålingerne øverst i vandsøjlen (se Bilag 6.1, Fig. 6).
- Nederst i vandsøjlen kan sediment hvirvles op fra bunden og føre til markant lysdæmpning eller omvendt, lysdæmpningen nær bunden mindskes, fordi lys, som når bunden og reflekteres opad, påvirker målingen. Dette er specielt udtalt ved brug af en 4π -sensor. I disse

tilfælde vil det være nødvendigt at se bort fra lysintensitetsmålingerne nederst i vandsøjlen ved beregning af lyssvækkelseskoefficienten (se Bilag 6.1, Fig. 6).

- Ved en lysintensitet $< 10\%$ af overfladeindstrålingen kan sensorens signal af og til forekomme ustabil. Det skal derfor omhyggeligt vurderes, om lyssvækkelsesværdier $< 10\%$ skal indgå ved beregningen af lysdæmpningskoefficienten (se Bilag 6.1, Fig. 6).

Brug af kunstigt lys: Lysmålinger kan påvirkes af kunstigt lys, som har en anden spektralsammensætning end dagslys og kan resultere i en forket beregnet lyssvækkelseskoefficient. Derfor skal brug af fx projektørlys undgås.

2.5.2 Secchi-skive

Den empiriske omregningskonstant fra sigtdybde (z_s) til lyssvækkelseskoefficient (K_d) kan variere betydeligt afhængig af vandtypen.

I danske farvande varierer den empiriske omregningskonstant mellem 1,5 og 3,6, men kan være så lav som 0,6 i meget turbide systemer, hvor spredning af lyset spiller en stor rolle for lyssvækkelsen og op til 4,1 i vand, hvor opløste stoffer dominerer lyssvækkelsen (Koenings & Edmundson 1991). I praksis betyder en variation på omregningskonstanten mellem 1,5 og 3,6, at lyssvækkelsen i den dybde, hvortil sigtdybden er bestemt, vil variere mellem 3 % og 22 % (se afsnit 3.1). Erfaringsmæssigt (dvs. empirisk) sættes omregningskonstanten til 2,3 på grundlag af et meget stort antal observationer af K_d vs. z_s .

3 Databehandling

3.1 Beregning af lyssvækkelse og K_d ud fra lysmålinger i vand-søjlen

Lyssvækkelsen bestemmes ved at beregne en lyssvækkelseskoefficient (K_d ; enhed m^{-1}), og i vanddybden z udtrykke lysintensiteten (I_z) relativt til overfladeindstrålingen (I_0)

$$I_z = I_0 e^{-zK_d} \Rightarrow \frac{I_z}{I_0} = e^{-zK_d} \Rightarrow -\ln\left(\frac{I_z}{I_0}\right) = zK_d \quad (1)$$

Lyssvækkelseskoefficienten bestemmes som hældningen af den (teoretisk set) rette linje, der fremkommer ved at afbilde $-\ln\left(\frac{I_z}{I_0}\right)$ mod dybden z ved lineær regression (Fig. 4). Lysintensiteten ved overfladen ($z = 0$) er dog ikke nødvendigvis lig I_0 , som det også fremgår af Fig. 4, hvilket skyldes, at der sker en refleksion fra vandoverfladen, og de to sensorer vil i praksis også ofte give et lidt forskelligt signal. Lyssvækkelsen udtrykkes derfor ved

$$-\ln\left(\frac{I_z}{I_0}\right) = zK_d + c \quad (1a)$$

hvor c beskriver regressionslinjens skæring med y-aksen.

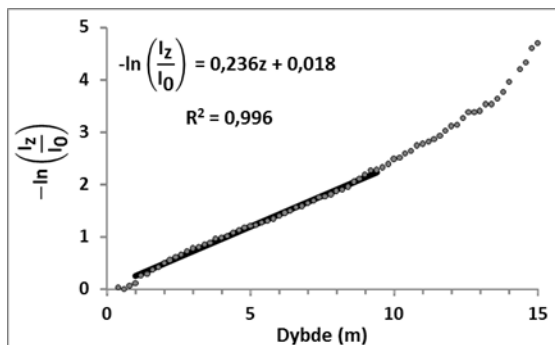


Fig. 4. Den logaritmetransformerede lyssvækkelse vist mod vanddybden (grå punkter). Lyssvækkelseskoefficienten K_d beregnet til $0,236 m^{-1}$ ved lineær regression (fuldt optrukne linje) fra $1,0 m$ under vandoverfladen og ned til dybden $9,4 m$, hvor $\frac{I_z}{I_0} = 0,1$ eller 10% af lysindstrålingen ved overfladen. Beregnet ud fra lyssvækkelsen vist på Fig. 1A.

I praksis vil der ofte forekomme en række afvigelser fra en ret linje som beskrevet i afsnit 2.5, og det kan derfor ofte være nødvendigt at udelade en del af målingerne fra beregningerne (se Bilag 6.1). Der kan ikke gives præcise anvisninger til denne procedure, da 'sorteringen' af data beror på erfaring med måling af lyssvækkelse og nøje kendskab til de forhold, hvorunder målingerne er gennemført.

Hvis lysmålingen er foretaget som en to-punktsmåling, altså kun målt mellem to undervandsensorer monteret på en lodret holdt stang, beregnes K_d ud fra lyssvækkelsen mellem de to dybder

$$K_d = -\ln\left(\frac{I_{z_2}}{I_{z_1}}\right) \times \frac{1}{z_2 - z_1} \quad (2)$$

hvor I_{z_1} og I_{z_2} er lysintensiteten i hhv. dybden z_1 og z_2 , og $(z_2 - z_1)$ derfor er afstanden mellem sensorerne målt i meter.

3.2 Beregning af K_d ud fra sigtddybdemåling med Secchi-skive

Bestemmes vandets gennemsigtighed ved hjælp af en Secchi-skive, angives transparensen som sigtddybden. Sigtdybden kan omregnes til K_d med de forhold for den empiriske konstant, der er beskrevet i afsnit 2.5.2

$$K_d = \frac{2,3}{z_s} \quad (3)$$

hvor 2,3 er en empirisk konstant og z_s er sigtdybden (i meter). K_d -målinger, som er fremkommet på denne måde, må ikke indrapporteres til databasen som K_d -værdier, men kun som sigtdybde-værdier.

3.3 Data og koder

Følgende parametre fra lysmålingen skal rapporteres:

K_d	den beregnede lyssvækkelseskoefficient (enhed: m^{-1})
n-pkt	antal punkter (dybder) brugt i regressionen
z-min	øverste dybde som er anvendt
z-max	nederst dybde som er anvendt
std	beregnet standardafvigelse for K_d
r^2	r^2 -værdi for regressionslinjen
s-kode	sensor-kode (1 = 2π -undervandssensor og 2 = 4π -undervandssensor)
b-kode	kode for beregningsmetode (1 = lineær regression på $\ln(I_z/I_0)$ versus z plot; 2 = to-punktsmåling; 3 = andet)
tid	tidspunkt for observationen
v-kode	vejrkode (se TA M01Prøvetagning i felten)
bølge	bølgehøjde i meter
OL	gennemsnitlig overfladelysindstråling under måling (enhed: $\mu\text{mol fotoner } m^{-2} \text{ sek}^{-1}$). Gælder kun under forudsætning af at målesonden kan generere disse data, hvilket fx ikke er tilfældet for sonder af typen Arop
z	vanddybde (enhed: m)
I	lysværdi i vandsøjlen i procent af overfladeindstråling

Hvis der anvendes CTD, indberettes lysmålingerne sammen med CTD-målingerne, med et dybdeinterval på 0,2 m.

Hvis målingerne udføres manuelt, indberettes sammenhørende værdier af lys og dybde.

Følgende parametre fra sigtdybdemålingen skal rapporteres:

Z_s	sigtdybden med 2 betydende cifre (enhed: m). Hvis der er sigt til bunden, rapporteres sigtdybden som 99. Der må <u>ikke</u> indberettes en beregnet sigtdybde ud fra K_d
tid	tidspunkt for observationen
o-kode	observationskode (1 = uden vandkikkert, 2 = med vandkikkert)
v-kode	vejrkode (se TA M01 Prøvetagning i felten)
h	observatørens højde over vandoverfladen (enhed: m)
b	bølgernes bevægelse op og ned ad linen, dvs. bølgevandring (enhed: m)

4 Kvalitetssikring

4.1 Kvalitetssikring af lysmåling

Den beskrevne måleprocedure skal overholdes; men det kan være forbundet med praktiske problemer pga. skibets bevægelser i forhold til solen (\pm skygge) og søgang, blæst (drift af skib), og undervandsstrøm kan gøre det vanskeligt at holde wiren lodret i vandet under lysmålingen. Kvaliteten af målingerne kan derfor forbedres ved at tage gennemsnit af flere målinger i samme dybde. Nogle loggere beregner middelværdi over en periode, som derfor kan forøges fx fra 1 til 5 sek. i hver dybde.

Plottet for $-\ln\left(\frac{I_z}{I_0}\right)$ versus z (se afsnit 3.1) skal vurderes omhyggeligt af en medarbejder, der har erfaring med lysmåling og tolkning af tilhørende data. Det er afgørende at finde det dybdeinterval, hvor punkterne ligger på en ret linje, hvilket i nogle tilfælde kun er tilnærmelsesvis muligt, fx hvis vandsøjlen er optisk inhomogen, hvis stationen er lavvandet, eller hvis der ligger en pyknoklin højt i vandsøjlen (se Bilag 6.1).

4.2 Kvalitetssikring ved brug af Secchi-skive

Fejlkilder ved sigtdybde målinger kan opdeles i tre kategorier

- udstyr
- observationsforhold
- observatørens vurdering af sigtdybden

Udstyr: Secchi-skiven skal være ren, blank og hvid. Loddet under skiven skal være tilstrækkelig tungt til altid at holde linen strakt og lodret. Linen skal have en let aflæselig inddeling på 10 cm-intervaller (markeret med fx vandfast tape eller strips), så det er muligt at aflæse det gennemsnitlige sted på linen, hvor denne skærer vandoverfladen, med ± 10 cm nøjagtighed, mens linen er i vandet. Linen må ikke strække sig under brug. Vær og så opmærksom på, at en ny line oftest kryber omkring 10 % første gang, den bliver våd og derfor skal gøres våd og tørres flere gange, før linen mærkes op og anvendes. Opmærkningen skal kontrolleres mindst en gang om året.

Observationsforhold omhandler lysforhold og bølgepåvirkning. Sigtdybden måles mest nøjagtigt 'med solen i ryggen' og om muligt midt på dagen, hvor solen 'står højt på himlen'. Målingen af sigtdybden påvirkes også af bølgegang, idet bølgenes vandring op og ned ad linen kan vanskeliggøre en præcis aflæsning af sigtdybden. Brug af vandkikkert kan dog mindske effekten af disse observationsforhold.

Observatørens vurdering af sigtdybden er subjektiv, men erfaringen viser, at de fleste vurderer sigtdybden ens inden for ± 10 cm. Det er dog af stor vigtighed, at forskellige observatørers vurdering sammenlignes regelmæs-

sigt, især når der sker udskiftninger i personalet. Ved sammenlignende målinger af sigtdybden er det vigtigt, at observationerne er uafhængige, dvs. at resultaterne først sammenlignes, når alle har lavet deres observation.

Observatørens højde over overfladen påvirker også målingen, og derfor skal observatørens højde over vandoverfladen være den samme, hver gang der måles sigtdybde på den pågældende station.

4.3 Kvalitetssikring af data og dataaflevering

En udførlig beskrivelse af datakvalitetssikringen vil blive udarbejdet i en separat datateknisk anvisning knyttet til denne tekniske anvisning.

5 Referencer

Koenings, J.P. & Edmundson, J.A. 1991: Secchi disk and photometer estimates of light regimes in Alaskan lakes - effects of yellow colour and turbidity. - *Limnology and Oceanography* 36: 91-105.

6 Bilag

6.1 Vurdering af lyssvækkelseskurver

Eksempel 1:

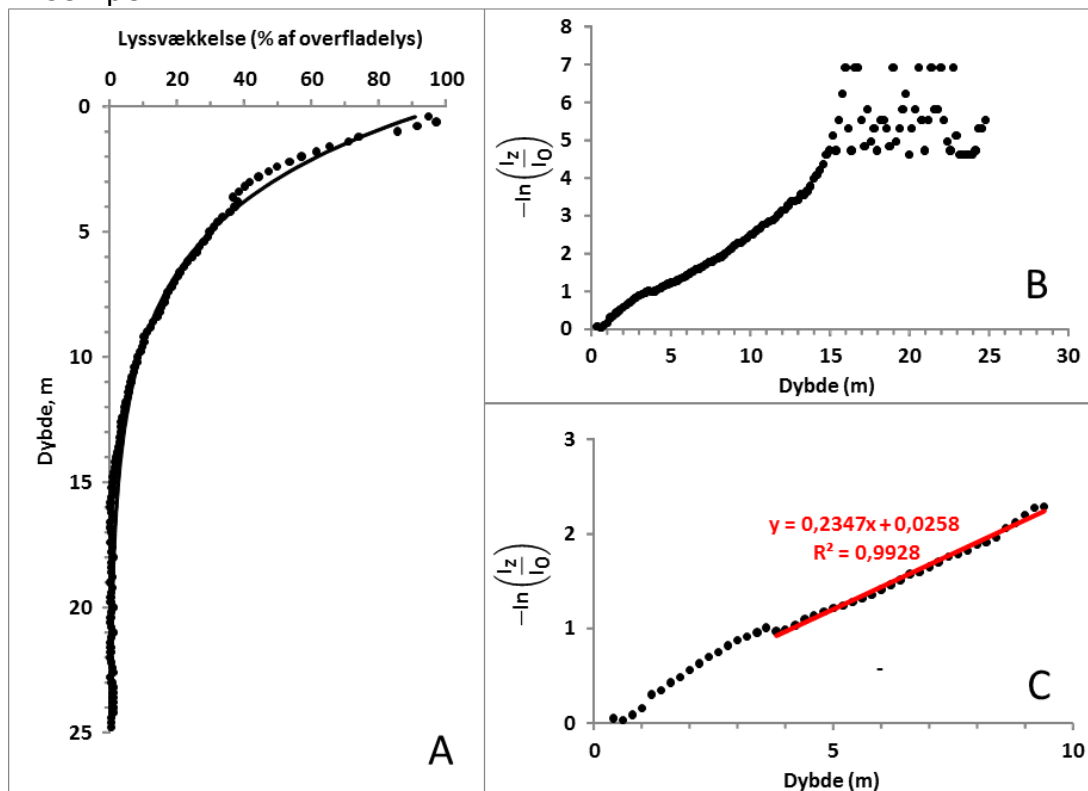


Fig. 5. Lyssvækkelseskurve (A) og den logaritmetransformerede lyssvækkelse (B og C) vist mod vanddybden. A: Lyssvækkelsen (i % af overfladelys) på 25 m's vanddybde målt mellem 0,2 m og 24,8 m i 0,2 m intervaller (sorte punkter). Den beregnede lyssvækkelse beregnet fra K_d er vist ved den fuldt optrukne linje. B: Lyssvækkelseskurven på Fig. A logaritmetransformeret. C: Lyssvækkelseskurven på Fig. A logaritmetransformeret i intervallet 0,2 - 9,8 m. Den røde regressionsline er beregnet for intervallet 3,8 - 9,4 m og resulterer i $K_d = 0,2347 \text{ m}^{-1}$.

Der iagttages 'et ændret forløb' af lyssvækkelsesmålingerne omkring 4 m's dybde (Fig. 5A), hvilket kan tyde på, at den øverste del af vandsøjlen har ligget i skygge ved målingen. Målingerne i denne del af vandsøjlen skal derfor ikke bruges ved beregningen af lyssvækkelseskoefficienten. Der ses 'støj' på lysmålingen fra 15 meters dybde og ned mod bunden (Fig. 5B), hvilket forklares ved det meget lave signal i denne dybde, hvor lyset er (næsten) forsvundet. Fra ca. 12 m - 15 m fremstår den logaritmetransformerede lyssvækkelseskurve ikke lineær, men krummer opad, hvilket kan skyldes ændringer i lysets spektrale sammensætning.

Efter denne vurdering af lyssvækkelsesmålingen besluttes det at beregne K_d ud fra lysmålingerne i intervallet 3,8 m – 9,8 m, dvs. i lysintensitetsintervallet 96 % - 10 % (Fig. 5C).

Eksempel 2:

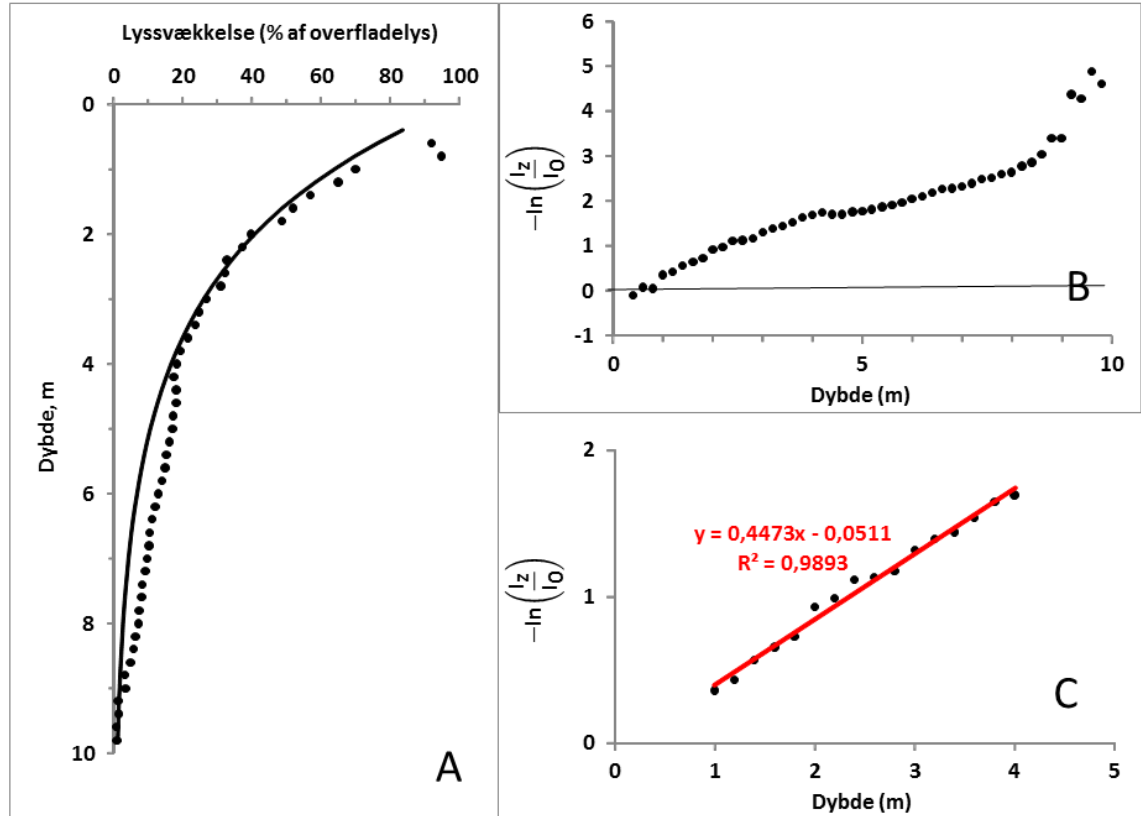


Fig. 6. Lyssvækkelseskurve (A) og den logaritmetransformerede lyssvækkelse (B og C) vist mod vanddybden. A: Lyssvækkelsen (i % af overfladelyset) på 10 m's vanddybde målt mellem 0,2 m og 9,8 m i 0,2 m intervaller (sorte punkter). Den beregnede lyssvækkelse beregnet fra K_d er vist ved den fuldt optrukne linje. B: Lyssvækkelseskurven på Fig. A logaritmetransformeret. C: Lyssvækkelseskurven på Fig. A logaritmetransformeret i intervallet 1,0 – 4,0 m, hvor den røde regressionsline resulterer i $K_d = 0,4473 \text{ m}^{-1}$.

Der ses 'et ændret forløb' af lyssvækkelsesmålingerne fra omkring 4 m's dybde og nedefter (Fig. 5A og B), hvilket kan tyde på en inhomogen vandsøjle fx pga. et springlag i denne vanddybde. Endvidere falder lysintensiteten brat ca. 1 m over bunden fra ca. 5 % til 1 %, måske pga. ophvirvlet sediment. I den øverste meter af vandsøjlen er lysintensiteten også dårligt bestemt, og der skal derfor også ses bort fra disse målinger ved beregningen af K_d .

Efter denne vurdering af lyssvækkelsesmålingen besluttes det at beregne K_d ud fra lysmålingerne i intervallet 1,0 m – 4,0 m, dvs. i lysintensitetsintervallet 70 % - 18 % (Fig. 5C).

7 Oversigt over versionsændringer

Version	Dato	Emne:	Ændring:
2	04.04.2015	2.2 Udstyr	Diameter (30 cm) på Secchi-skive anført.
3	04.06.2015	2.2 Udstyr	<p>Secchi-skive (hvid, 30 cm diameter) med lod og line opmålt i 10-cm intervaller.</p> <p>ÆNDRET TIL: Secchi-skive (hvid, 30 cm diameter) med lod og line opmålt i 10-cm intervaller, der sikrer en nøjagtighed på bestemmelsen af Secchidybden på ± 10 cm.</p>
3	04.06.2015	2.4 Vedligehold af lyssensorer	<p>Lyssensorerne (både i vand og luft) skal rengøres med demineraliseret vand efter hver profilmåling. Selv små rester af saltvand på sensorerne efterlader ved indtørring saltkrystaller, der påvirker det efterfølgende måleresultat.</p> <p>ÆNDRET TIL: Lyssensorerne (både i vand og luft) skal efter behov rengøres forsigtigt med fugtig klud og demineraliseret vand.</p>
3	04.06.2015	4.2 Kvalitets sikring ved brug af Secchi-skive	<p>Udstyr: Secchi-skiven skal være ren, blank og hvid. Loddet under skiven skal være tilstrækkelig tungt til altid at holde linen strakt og lodret. Linen skal have en let aflæselig inddeling på fx 10 cm-intervaller, så det er muligt at aflæse det gennemsnitlige sted på linen, hvor denne skærer vandoverfladen, mens linen er i vandet.</p> <p>ÆNDRET TIL: Udstyr: Secchi-skiven skal være ren, blank og hvid. Loddet under skiven skal være tilstrækkelig tungt til altid at holde linen strakt og <u>lodret</u>. Linen skal have en let aflæselig inddeling på 10 cm-intervaller (markeret med fx vandfast tape eller strips), så det er muligt at aflæse det gennemsnitli-</p>

			ge sted på linen, hvor denne skærer vandoverfladen, med ± 10 cm nøjagtighed, <u>mens linen er i vandet.</u>