

Undervisningsforløb

- **Titel** : Hvad skaber bølger, og hvad nedbryder dem igen?
- **Fag**: Natur og teknik samt matematik
- **Klassetrin**: 3. – 6. klasse og 7. – 10. klasse
- **Årstid**: Forår, Sommer, Efterår, Vinter (alle)
- **Kort om forløbet**: Havet er fascinerende og i konstant forandring. Hvad er det egentlig som skaber bølger? Hvordan kan man beskrive bølger og sammenligne dem? Hvor store er de og hvad nedbryder dem igen?



- **Formål**: Er at prøve at beskrive og måle noget som varierer, og som findes ude i en natur som kan give udfordringer i form af vind, regn, solskin, kulde. For det ældre klasser også at indtaste en kompliceret formel i eksempelvis Excel.
- **Forberedelse**: Der i klassen være en indledende snak om hvad en "bølge" egentlig er.

Der er feks lydbølger fra en guitar, en højttaler, en stemme. En bølge er svingninger med toppe og dale. Nogle svingninger er regelmæssige med en top efterfulgt af en dal, andre uregelmæssige som stemmer i et musikband.

Bølger i havet defineres simplificeret som sinusbølger med en bølgetop efterfulgt af en bølgedal. Højdeforskellen mellem top og dal kaldes bølgehøjden, H . Tiden der går mellem to toppe passerer et givent sted kaldes bølgeperioden, T . Længden mellem to toppe kaldes bølgelængden, L .

Bølgerne dannes ved friktion mellem vinden og havoverfladen.



Bølgernes størrelse afhænger af:

1. Vindhastigheden U [m/s]
2. I hvor lang tid vinden har blæst med den hastighed. I de nedenstående formler antages i lang tid til at bølgerne er fuldt udviklede.
3. Det frie stræk F [m], dvs længden af den havoverflade vinden kan blæse over.
4. Vanddybden [m].

Bølgehøjden H kan beregnes som:

$$H = \frac{U^2}{g} * 0,283 * \tanh\left(0,530 * \left(\frac{g * d}{U^2}\right)^{3/4}\right) * \tanh\left(\frac{0,00565 * \left(\frac{g * F}{U^2}\right)^{1/2}}{\tanh\left(0,530 * \left(\frac{g * d}{U^2}\right)^{3/4}\right)}\right)$$

g er tyngdeaccelerationen $9,82 \text{ m/s}^2$

Bølgeperioden T kan beregnes som

$$T = \frac{U}{g} * 7,54 * \tanh\left(0,833 * \left(\frac{g * d}{U^2}\right)^{3/8}\right) * \tanh\left(\frac{0,0379 * \left(\frac{g * F}{U^2}\right)^{1/3}}{\tanh\left(0,833 * \left(\frac{g * d}{U^2}\right)^{3/8}\right)}\right)$$

Bølgelængden L kan beregnes som

$$L = \frac{g * T^2}{2 * \pi} * \sqrt{\tanh\left(\frac{4 * \pi^2 * d}{T^2 * g}\right)}$$

Bølgerne er på dybt vand cirkelbevægelser hvis diameter aftager nedad i vandsøjlen. Når vanddybden aftager og de nederste cirkelbevægelser mærker bunden bremser bølgen og cirkelbevægelserne bliver til ellipser. Når vanden bliver lavt nok bryder bølgen (hvidt skum) og mister højde og energi. Bølgen bryder når bølgehøjden er ca. 0,8 gange vanddybden



- **Hvordan skal læreren forberede sig selv og klassen:** Påklædning efter vejret er et must. Det er næsten altid koldere ved havet end man regner med, så vindtæt ydertøj er godt. Det er godt at gennemgå, hvad det er man skal måle og hvordan man gør hjemmefra. Det er varmere og nemmere.
- **Hvad skal du bruge:** Vindmåler/aneometer, kompas, stopur, papir til at notere på, blyanter.
- **Hvor lang tid tager undervisningsforløbet?** 1 time på stranden
- **Sådan gør du:** Find en kyst med pålandsvind. Mål vindhastigheden med et aneometer over en periode på 1 minut. Det gentages 5 gange. Mål hvilken retning vinden kommer fra. Mål kystlinjens retning (hav vandet på jeres venstre side). Skriv resultaterne ned, også gerne variationen i vinden.

Del eleverne op i grupper på 3-5. De skal fokusere på de samme sted et godt stykke ude i vandet og vurdere hvor høje bølgerne er over en periode på 1 minut. De beregner gennemsnittet af deres vurdering og skriver det ned. Det gentages 5 gange. Dernæst tager de tid på hvor lang tid der er mellem to bølgetoppe for et antal bølger i et minut. De beregner gennemsnittet af deres vurdering og skriver det ned. Det gentages 5 gange. Skriv resultaterne ned, også gerne variationen i bølgerne.

Beregn bølgehøjden H , bølgeperioden T og bølgelængden L og sammenlign med observationerne. Er der forskel og hvad betyder det hvis variationerne sættes ind istedet?

- **Baggrund:** De fleste bølger i Danmark er dannet lokalt af vinden og kaldes vindbølger. De er typisk med en kort periode og længde, mens højden kan blive stor. Efter en storm kan der være dønninger med længere periode og længde men med mindre højde. En Tsunami har eksempelvis en meget lav højde (0,5 m) på dybt vand, men er meget lang.

Bølgerne bryder når havbunden bliver lav, se eksempel på <http://www.youtube.com/watch?v=4VCfVOCfNFw>

- **Forslag til videre arbejde:** Find bølgehøjder og perioder forskellige steder i Danmark (<http://ocean.dmi.dk/anim/index.php>) sammenlign med vindhastighed, retning og det frie stræk. Se forskellene og diskuter dem, gerne over et helt skoleår

Prøv evt at finde ud af hvordan bølgerne kan forme kysten ved at følge undervisningsforløbet "Hvordan bevæger sandet sig på en kyst?" på www.skoven-i-skolen.dk . Se en storm på <http://www.youtube.com/watch?v=2J6-QxbxPeQ>

- **Forfatter:** Per Sørensen, Kystteknisk chef i Kystdirektoratet, ps@kyst.dk

Bilag

Måleskema

Orienter kompasset, så nord på kompasset er over den røde nordpil.

Hvordan vender kysten?

| | Vindhastighed m/s | Bemærkninger |
|---|-------------------|--------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

Gennemsnitlig vindhastighed: $1+2+3+4+5$ delt med 5 =

Vurder bølgenes højde i 1 minut

| | Bølgehøjde, vurdering | bemærkninger |
|------------|-----------------------|--------------|
| 1 minut | | |
| 2 minut | | |
| 3 minut | | |
| 4 minut | | |
| 5 minut | | |
| gennemsnit | | |

Vurder antallet af bølgetoppe i 1 minut

| | Antal bølgetoppe, vurdering | Bemærkninger |
|------------|-----------------------------|--------------|
| 1 minut | | |
| 2 minut | | |
| 3 minut | | |
| 4 minut | | |
| 5 minut | | |
| gennemsnit | | |

Gennemsnitslig bølgeperiode i sekunder = $60/\text{gennemsnit}$