

# LÆRERVEJLEDNING CEMENT OG BETON A- OG B-NIVEAU



## Formål

At eleverne lærer om betons egenskaber og de kemiske elementer, der indgår i betonproduktion.

At eleverne bliver klogere på, hvordan forskellige betontyper fungerer, og udviklingen i retning af en bæredygtig fremstilling af beton.

## Fag

Kemi A og B

## Indhold

Forløbet omhandler følgende kernestof:

- Syre-basereaktioner, pH-beregninger
- Mængdeberegninger i relation til reaktionsskemaer og opløsninger og med inddragelse af gasser
- Kemiske ligevægte, herunder heterogene kemiske ligevægte
- Titration og vejeanalyse
- Termodynamiske tilstandsfunktioner, beregning af disse og af ligevægtskonstanter (A)
- Redoxreaktioner (B)

## Tidsforbrug

Ca. 8 moduler

## Materialer

Materialet indeholder teori og opgaver om emnerne.

## Besøg

Klassen skal besøge en fabrik, der enten producerer cement eller beton, hvor de vil opleve produktionsprocessen på nært hold.

## INDHOLD

|   |   |
|---|---|
| Kort om forløbet.....                     | 2 |
| Kort oversigt over undervisningsplan..... | 3 |
| Forslag til lektionsplan .....            | 4 |
| Faglige mål .....                         | 8 |

Materialet er udviklet af Sheela Kirpekar, KVUC og Åben Virksomhed.



## Kort om forløbet

Cement og beton er et undervisningsforløb, hvor en del af kemien, som involverer betonproduktion og betonens egenskaber behandles. Gennem undervisningsforløbet, der kan bruges på A- og B-niveau, ser eleverne, hvordan de faglige begreber fra kemi kan anvendes på en konkret case, og hvor der indgår et besøg på fabrik, der producerer cement eller beton. Samtidig indgår desuden syre-base kemi, heterogene ligevægte samt termodynamik som centrale dele af det faglige stof. I materialesamlingen er der inddraget teori, som er direkte knyttet til cement- og betonproduktion og anvendelse, men ikke lærebogsmateriale. Materialesamlingen kan derfor bruges uafhængigt af lærebogssystemer.

Undervisningsforløbet er udviklet af en kemilærer fra gymnasieverdenen, så undervisningen lever op til de faglige mål i lærerplanen. Undervisningsforløbet består af 4-6 moduler i klassen inden besøget på fabrikken, selve besøget på ca. 1,5 time og efterfølgende 2 moduler i klassen, hvor eleverne arbejder med en analyse af en prøve af beton eller cement, som de har fået med fra fabrikken.

I materialet her finder du en kort oversigt over undervisningsplanen og forslag til indholdet i de enkelte moduler. Du kan som lærer udvælge og tilpasse stoffet i materialesamlingen efter klassens niveau og den tid, der er til rådighed. Modul 1, som giver en introduktion til cement- og betonproduktionen er dog centralt. Antallet af moduler, der anvendes til forsøg kan varieres, udelades eller erstattes af andre eksperimenter eller udvides med flere. Det er dog en forudsætning, at eleverne har kendskab til emnerne inden besøget.

Bagerst kan du se en oversigt over kernestoffet og de faglige mål, som materialet bidrager til at opfylde.

**Inden du går i gang med forløbet, er det en god idé at kontakte virksomheden og få fastlagt en dato for besøget. Når besøget nærmer sig, kan I tales ved og forventningsafstemme besøgets indhold. Læs mere i arket *Forberedelse til virksomhedsbesøg*.**

## Kort oversigt over undervisningsplan

| Modul | Indhold   | Materialer                                     |
|-------|---|--|
| 1     | Introduktion til cement og beton.   | Materialesamling s. 2-10.                      |
| 2     | Eksperimentelt arbejde: Der kan evt. udføres disse forsøg.<br>1. Kalkbrænding, læskning af kalk og carbonatprøve<br>2. Opvarmning og omdannelse af gips<br>3. Calciumhydroxids opløselighed og opløselighedsprodukt | Materialesamling Bilag 1, s. 19-27.            |
| 3     | Betonfremstilling: Chlorider og sulfater i beton  | Materialesamling s. 11-17 + Bilag 2, s. 31-34. |
| 4+5   | Virksomhedsbesøg:   | Materialesamling s. 17.                        |
| 6     | Eksperimentelt arbejde: Evt. på prøve fået af virksomheden eller selvindkøbt cement. Der kan udføres dette forsøg.<br>4. Bestemmelse af chloridindholdet i beton.   | Materialesamling Bilag 1, s. 28                |
| 7     | Efterbehandling af virksomhedsbesøg og afrunding af forløbet.   | Materialesamling s. 18.                        |

## Forslag til lektionsplan

I modul 2 er der lagt op til eksperimentelt arbejde, hvor der kan vælges mellem forskellige forsøg. Vejledninger til dette er lagt som bilag 1 fra side 19 og frem i materialesamlingen. Hvis du vælger at lave alle forsøgene, skal der nok afsættes to-tre moduler hertil inklusive databehandlingen. Af den grund er modulernes numre nogle gange angivet i parentes, og den samlede varighed af forløbet kan derved variere fra 6 moduler til 8-9 moduler.

Efter virksomhedsbesøget er der indlagt endnu et modul med eksperimentelt arbejde, som forudsætter, at man har fået en betonprøve med fra virksomheden i forbindelse med besøget. Det kan være en god idé at afklare dette med virksomheden på forhånd.

Bemærk, at længden af et modul varierer fra gymnasium til gymnasium. Her er den sat til ca. 90 minutter. Til nogle af modulerne skal eleverne forberede sig forud for undervisningen i klassen.

| Modul 1: Introduktion til cement og beton   | Materialer   |
|---|--|
| <p>Dette modul indeholder en introduktion til cement og beton. Teksten, som knytter sig til forløbet, er indeholdt i materialesamlingen.</p> <p><b>Kernestof: Mængdeberegninger inklusive mængdeberegninger med gasser, syre-base-kemi (mest C-niveau), ligevægtskemi, samt på A-niveau ligeledes termodynamik.</b></p> <p>Sekvenser i modulet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduktion ca. 20-30 min, hvor eleverne går ”på jagt” efter beton i deres omgivelser.</li> <li>• Opsamling på ca. 15 minutter, hvor eleverne præsenterer deres ”fund”</li> <li>• Opgaver og opsamling på opgaver ca. 45 min.</li> <li>• Opgave 1 og hele 3 kan laves på både B og A niveau såfremt heterogene ligevægte er gennemgået</li> <li>• Opgave 2 og 4 omhandler termodynamik og er derfor til A-niveau</li> </ul> | <p>Materialesamling s. 2-10.</p> <p>Der kan eventuelt suppleres med kapitel 1 i betonhåndbogen:</p> <p><a href="https://beton-haandbogen.dk/bogen-i-kapitler">https://beton-haandbogen.dk/bogen-i-kapitler</a></p> |

| <b>Modul 2 (og evt. 3): Kalkbrænding og forsøg med brændt kalk og evt. omdannelse af gips og calciumhydroxids opløselighedsprodukt.</b>  | <b>Materialer</b>  |
|--|--|
| <p>Dette modul er eksperimentelt med efterfølgende databehandling. I bilag 1 er der samlet vejledninger til tre forsøg, som er velegnede på dette tidspunkt i forløbet:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. "Kalkbrænding, læskning af kalk og carbonatprøve. (Hvis skolen ikke har en ovn til rådighed, er det svært at lave en fuldstændig kalkbrænding. Der kan, som en illustration, laves en delvis kalkbrænding, hvor en digel opvarmes med en bunsenbrænder med en kendt masse af calciumcarbonat og man løbende undersøger massetabet. Temperaturen her er tilstrækkelig høj, men processen tager mindst 8 timer).</li> <li>2. "Opvarmning og omdannelse af gips" Her kræves temperaturer på 95-110°C for at omdanne calciumsulfat-dihydrat til hemihydratet og ved temperaturer over 150°C starter omdannelsen til anhydritet.</li> <li>3. "Calciumhydroxids opløselighedsprodukt". I denne version er der ligeledes inkluderet fælles ioneffekten, hvor <math>\text{Ca}(\text{OH})_2</math> opløses i en vandig opløsning af calciumchlorid.</li> </ol> <p><b>Kernestof: Mængdeberegninger, syre-basekemi og ligevægtskemi</b><br/>Som det fremgår af ovenstående, kan modul 2 sagtens udvides til to moduler afhængigt af den tid, der er til rådighed.</p> <p><b>Sekvenser i modulet - afhængigt af valg af eksperimentelt arbejde.</b><br/><b>(kalkbrænding, og omdannelse af gips)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduktion til det eksperimentelle arbejde og sikkerhedsforhold ca. 5 minutter</li> <li>• Udførelse af forsøg og oprydning ca. 40 min. Hvis kalkbrændingen laves i en ovn, kan man færdiggøre afvejninger og databehandling i modul 3.</li> <li>• Forsøget med opvarmning og omdannelse af gips foregår ligesom kalkbrændingen i omgange. Man kan i løbet af et modul fint lave den første del inklusive de teoretiske beregninger.</li> <li>• Databehandling og opsamling 45 minutter</li> </ul> <p><b>(Calciumhydroxids opløselighedsprodukt)</b><br/>Dag 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduktion til det eksperimentelle arbejde og sikkerhedsforhold ca. 5 minutter</li> <li>• Opstart på forsøg, fremstilling af opløsninger ca. 20 minutter</li> </ul> <p>Dag 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtrering og titrering og oprydning: ca. 60 minutter</li> <li>• Databehandling: ca. 20 minutter</li> </ul> <p><b>Lektie til næste modul: Eleverne skal læse afsnit 3: Materialer til betonfremstilling og afsnit 4: Betonens armering...</b></p> | <p>Materialiesamling<br/>Bilag 1, forsøg 1,2 og 3, s. 19-27.</p> <p>Der kan eventuelt suppleres med kapitel 1 i betonhåndbogen:<br/><a href="https://betonhaandbogen.dk/bogen-i-kapitler">https://betonhaandbogen.dk/bogen-i-kapitler</a></p> <p>Materialiesamling s. 11-15.</p> |

| Modul 3 (og/eller4): Eventuel færdiggørelse af forsøg og betonfremstilling   | Materialer  |
|--|---|
| <p>Dette modul omhandler dels betonfremstillingen generelt, dels er der lavet et par nedslag i betonkemien; sulfats betydning for størkningen (afhærdningen) af beton, samt chloridindholdet i beton og armeringen af beton. Der er forslag til 2 forskellige sekvenser afhængig af, hvor langt I har nået med forsøg og brug af evt. ekstra moduler.</p> <p><b>Kernestof: Redoxreaktioner og opløselighed, herunder heterogene ligevægte, samt på A-niveau termodynamik; Van't Hoff's lov.</b></p> <p>Der er lagt op til, at eleverne hovedsageligt selv arbejder med stoffet - gennem en CL-aktivitet (SvarBazar), som findes i bilag 2 og ved opgaverne i materialesamlingen. Til sidst i modulet kan man lave en fælles opsamling.</p> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SvarBazar (se bilag 2 i materialesamlingen) eventuelt suppleret med gennemgang</li> <li>• Opgaver: opgave 5-8 kan regnes på både B- og A-niveau, hvis opløselighedsprodukt er gennemgået. Hvis ikke det er tilfældet, udelades opgave 5 og de sidste spørgsmål i opgave 6.</li> <li>• Alle opgaver skønnes at tage mindst et helt modul.</li> <li>• Opsamling ca. 20 min</li> </ul> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Afslutning af forsøg ca. 30 minutter med databehandling. Længden af denne sekvens afhænger af valget af forsøg. Hvis man har afsluttet det eksperimentelle arbejde i modul 2 (3), kan hovedvægten lægges på dataopsamling.</li> <li>• SvarBazar: 25-30 min</li> <li>• Opgaver og opsamling: 30 minutter.</li> </ul> | <p>Materialesamling s. 11-17 + Bilag 2, s. 31-34.</p> |

| Modul 4-5 (5-6). Forberedelse af virksomhedsbesøg og besøg   | Materialer                     |
|--|--------------------------------|
| <p>Disse to moduler er centreret om virksomhedsbesøget. Eleverne kan på forhånd have sat sig ind i den virksomhed, der besøges. Spørgsmålene i materialesamlingen er generiske og er blot tænkt som et oplæg til det eleverne kan spørge til. Der er lagt op til et besøg på to timers varighed. Dertil skal lægges transporttid.</p> <p><b>HUSK EVT. AT FÅ EN BETONPRØVE MED HJEM</b></p> | <p>Materialesamling s. 17.</p> |

| Modul 6 (7): Eksperimentelt arbejde; Bestemmelse af chloridindholdet i beton   | Materialer  |
|--|---|
| <p>Eksperimentelt arbejde; Bestemmelse af chloridindholdet i cement eller beton. Bemærk, at beton eller cementprøven ideelt set skal forberedes. Tørringen kan udelades, hvis der er tidsmangel. Det giver dog mindre pålidelige resultater. Muligvis er det allerede gjort på virksomheden - aftal det i god tid før besøget, så virksomheden kan sætte tid af til det.</p> <p><b>Kernestof: Saltes opløselighed, mængdeberegninger med koncentrationer.</b></p> <p>Hele forsøget fra start tager nok lidt mere end et modul, men kan afkortes ved at prøven er forberedt evt. i et modul før.</p> <p>Sekvenser i modulet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduktion til forsøg ca. 10 minutter (fortæl) om de enkelte trin</li> <li>• Forsøget udføres 60 minutter</li> <li>• Databehandling introduceres og resten som hjemmearbejde (ca. 20 min). Der afleveres en journal eller en rapport.</li> </ul> | <p>Materialiesamling: Bilag 1, forsøg 4, s. 28.</p> |

| Modul 7 (8): Efterbehandling af virksomhedsbesøg og afrunding af forløb.   | Materialer                     |
|--|--------------------------------|
| <p>I disse moduler afrundes forløbet med et mindre elevprodukt. Produktionen af videoen, posteren eller andet kan fungere som repetition.</p> <p><b>Sekvenser i modulet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 min: Grupperne vælger eller tildeles et emne og en evt. en produktform</li> <li>• 100-120 min: arbejde med produkt (evt. dele af dette som hjemmearbejde).</li> <li>• 40-50 minutter: fremlæggelse i matrixgrupper.</li> </ul> | <p>Materialiesamling s. 30</p> |



## Faglige mål

Den faglige baggrundsviden, opgaveløsningen og virksomhedsbesøget bidrager til opfyldelse af en del af kernestoffet (se de enkelte moduler) og de faglige mål i læreplanen for kemi på A- og B-niveau og understøtter samtidig karrierelæring. Nedenfor er indsat de faglige mål fra læreplanen for kemi, som undervisningsforløbet bidrager til. Undervisningsforløbet kan sagtens benyttes af andre gymnasiale uddannelser, men for at begrænse omfanget af denne guide har vi valgt kun at vise læreplanen for STX 2017.

### A-niveau

#### Faglige mål

- anvende fagbegreber, fagsprog og metoder til at beskrive simple kemiske problemstillinger
- relatere iagttagelser, modeller og symbolsprog til hinanden ved anvendelse af kemisk fagsprog
- gennemføre kvalitativt og kvantitativt eksperimentelt arbejde med simpelt laboratorieudstyr under hensyntagen til laboratoriesikkerhed
- indsamle og efterbehandle iagttagelser og resultater fra eksperimentelt arbejde
- dokumentere eksperimentelt arbejde mundtligt og skriftligt, herunder forklare simple sammenhænge mellem det eksperimentelle arbejde og den tilknyttede teori
- gennemføre enkle kemiske beregninger

### B-niveau

#### Faglige mål

- anvende fagbegreber, fagsprog, modeller og metoder til at beskrive, analysere og vurdere kemiske problemstillinger
- relatere iagttagelser, modeller og symbolsprog til hinanden ved anvendelse af kemisk fagsprog
- gennemføre kvalitativt og kvantitativt eksperimentelt arbejde under hensyntagen til laboratoriesikkerhed, herunder tilrettelægge simple kemiske eksperimenter
- indsamle, efterbehandle, analysere og vurdere iagttagelser og resultater fra eksperimentelt arbejde
- dokumentere eksperimentelt arbejde mundtligt og skriftligt, herunder sammenknytte teori og eksperimenter

## Karrierelæring

Eleverne opnår gennem undervisningen viden om og erfaringer med fagets anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og træffe valg om egen fremtid i et studie-/karrierespørgsmål samt et personligt perspektiv. På den måde bidrager forløbet også til deres karrierelæring, som skal indgå i undervisningen i gymnasiet.