

## Lærervejledning

# Fra halm til bioethanol

### Beskrivelse af undervisningsmateriale

Dette materiale tager udgangspunkt i den globale energi- og miljøproblematik i forhold til fossile brændsler og drivhuseffekt. Fra denne basis præsenteres biomasse og biobrændsler som alternative grønne energikilder; her med fokus på transportsektoren. Ved at præsentere den forskning som DONG Energy udfører indenfor udnyttelse af biomasser, introduceres eleverne til andengenerations bioethanol. Lignocellulose, og nedbrydning heraf, beskrives, og de nødvendige kemiske og mikrobiologiske processer til omdannelse af halm til bioethanol gennemgås.

Læringskomponenter	
Teori	X
Opgaver: teoretiske spørgsmål	
Forsøg	x
Det Virtuelle Laboratorium øvelser	
Undervisningsvideo	

### Niveau

Biologi A og/eller Kemi B/C

### Anvendelse

Projektet indeholder teori-afsnit der berører sammensætningen af lignocellulose, hvordan det nedbrydes, fermenteres og til sidst destilleres til bioethanol. Teori-afsnittet bør læses i sin helhed, før det eksperimentelle arbejde påbegyndes. Det estimeres at 5-8 elevtimer indgår, som lektier / forberedelse.

Øvelsen omhandler produktion af bioethanol fra halm, eller andre lignocellulosiske materialer. Halmen forbehandles med syre, efterfulgt af enzymatisk nedbrydelse. Undervejs foretages målinger der bruges til databehandling. Ud fra målingerne kan eleverne beregne udbyttet af bioethanol. Det estimeres at 8-10 timer klasses timer skal bruges, for at gennemføre projektet (timerne fordeles på klasseundervisning, og på tid i laboratoriet).

Spørgsmål og opgaver til teori-afsnittet og øvelsen er tilgængeligt.

**Dækket kernestof** – jf. [Læreplan "Bioteknologi A - stx 2017"](#)

- Organisk kemi: Opbygning af og relevante egenskaber for carbonhydrider
- Makromolekyler: opbygning, egenskaber og biologisk funktion af carbohydrater og enzymer
- Organiske reaktionstyper: hydrolyse
- Enzymer: Funktion af cellulaser og beta-glukosidaser
- Biokemiske processer: gæring

**Dækket supplerende stof** – jf. [Læreplan "Bioteknologi A - stx 2017"](#)

- Bæredygtig produktion af energi

## Indholdsbeskrivelse

- **Teori**

Dette afsnit beskriver den kemiske opbygning, og den biologiske funktion, af kulhydrater, lignocellulose, hemicellulose og lignin. Dernæst forklares hvordan lignocellulose kan nedbrydes industrielt, så fermenterbare sukre dannes. Der gennemgås to metoder: forbehandling med syre, og enzymatisk nedbrydelse ved brug af cellulase og beta-glucosidase. Teoriafsnittet afsluttes med to afsnit omhandlende dannelse af ethanol, ved brug af fermentering, og til sidst hvordan ethanol kan ekstraheres ved brug af destillation.

Teoriafsnittet bør læses i sin helhed før det eksperimentelle arbejde påbegyndes.

- **Forsøg**

Start med halm og slut med bioethanol. Alle trin, beskrevet i teoriafsnittet, gennemføres for en lille portion halm og på baggrund af koncentrationsmålinger og reaktionsskemaer foretages en databehandling. Koncentrationen af glukose hhv. ethanol mod tiden vises grafisk og udbyttet af ethanol beregnes. Et antal spørgsmål er tilgængelige, som kan hjælpe eleverne til at få mest muligt ud af det praktiske arbejde.

## Sikkerhed til laboratorieøvelsen

Brug beskyttelsesbriller og laboratoriekittel.

Forsøget **Fremstilling af bioethanol fra halm** inkluderer svovlsyre, citronsyre, natrium hydroxid,  $\beta$ -glycosidase og cellulase. Brug handsker når du håndterer disse. Skyld øjnene med øjenskyldervæske hvis disse kommer i øjnene. Vask omgående huden med vand og sæbe hvis disse kommer på huden. Vask efterfølgende huden med vand i få minutter.

Generelt almindelige laboratorieregler. De anvendte enzymer er begge mere eller mindre potente allergener. Derfor håndteres disse fornuftigt, hvilket vil sige at berøring med enzymopløsningerne og indånding af aerosoler herfra undgås. Dette gøres i praksis ved at anvende handsker under håndteringen og undgå unødvendig rystning af opløsningerne når disse er åbne. Hvis arbejdspladser med udsug haves skal disse anvendes. Luk alle flasker før rystning og fjern spild med fugtig engangsklud.

### **Observér følgende Risiko/Sikkerhedssætninger for de anvendte kemikalier.**

Ved brug af koncentreret svovlsyre er den det farligste kemikalie: Håndteres alene af læreren (Husk: Syre hældes i vand, ikke omvendt.).

Brug beskyttelsesbriller og syrefaste handsker!

De andre kemikalier: Undgå berøring eller indånding heraf.

Brug kittel og gerne beskyttelsesbriller og handsker.

Generelt gælder det at man ved spild på hud eller tøj skyller med rigelige mængder vand.

- **R34** Ætsningsfare
- **R35** Alvorlig ætsningsfare!
- **R36/38** Irriterer øjnene og huden
- **S24/25** Undgå kontakt med huden og øjnene
- **S26** Kommer stoffet i øjnene, skylles straks grundigt med vand og læge kontaktes.
- **S30** Hæld aldrig vand på eller i produktet.
- **S36** Brug særligt arbejdstøj (dvs. kittel, briller og handsker)
- **S37/39** Brug egnede beskytteshandsker og -briller/ ansigtsskærm under arbejdet.
- **S45** Ved ulykkestilfælde eller ved ildebefindende er omgående lægebehandling nødvendig; vis etiketten, hvis det er muligt.