

HEIDI KRISTINE GRØNLIEN
LEIF RYVARDEN
CATO TANDBERG

Bi 2

GRUNNBOK BIOLOGI VG2



GYLDENDAL
UNDERVISNING

© Gyldendal Norsk Forlag AS 2008

1. utgave, 1. opplag

Læreboka er skrevet etter gjeldende læreplan i faget Biologi 2
– programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram

Printed in Norway by 07 Gruppen AS, 2008

ISBN: 978-82-05-38129-2

Redaktør: Ellen Semb

Bilderedaktør: Sissel Falck

Design: Johanna Figur Waddington

Layout: Johanna Figur Waddington og Monica Engebretsen

Omslagsdesign: Johanna Figur Waddington

Omslagsbilder: Scott Bauer/US Department of Agriculture/GV-Press og Chad Baker/
Getty Images

Illustratører John Arne Eidsmo, Anne Langdalen (kapitlene 9 og 10),
Gerd Eng Kielland/Willy Framnes (tabeller)

Det må ikke kopieres fra denne boka i strid med åndsverkloven eller avtaler om
kopiering inngått med KOPINOR, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.
Kopiering i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning,
og kan straffes med bøter eller fengsel.

Alle henvendelser om forlagets utgivelser kan rettes til:

Gyldendal Undervisning

Postboks 6860 St. Olavs plass

0130 Oslo

E-post: undervisning@gyldendal.no

www.gyldendal.no/undervisning

Forord

Bi 2 er et helt nytt læreverk som dekker læreplanen i programfaget biologi 2. Verket består av Grunnbok, Studiehefte og et nettsted, www.gyldendal.no/bi.

Biologi er et viktig fag for det samfunnet vi lever i og for framtida. Derfor har vi ønsket å skape ei bok som er faglig grundig, både på etablerte og nyere områder i faget. Med et grundig faglig ankerfeste, tror vi det kan bli enklere for deg å delta i dagens og morgendagens debatter knyttet til biologfaglige emner.

Undring er en flott kilde til kunnskap. Vi har søkt å få fram noe av den undringen som har drevet oss i arbeidet med elever og egne studier i biologifaget. For biologien er dynamisk, et fag i stadig fornyelse, noe vi har prøvd å få fram i denne boka. Tekstene som er rammet inn av et eikeblad, er tekster som ikke er direkte knyttet til kompetansemålene, men som vi mener vil øke din forståelse, og kanskje også gjøre deg litt nysgjerrig.

I biologifaget er kjemikunnskaper nødvendig. Vi har derfor valgt å ha et kapittel om grunnleggende kjemi helt først. Dette kapitlet er ment som et oppslagsverk for repetisjon og fordypning. Et lite oransje reagensglass ved siden av teksten marker at du vil finne mer informasjon om kjemien i kapittel 1.

Hvert kapittel har lik struktur med noen pedagogiske knagger. Den første er begreper som bør være kjent før du går videre i teksten. De er ment som en markør til deg som leser om hvilket nivå den videre teksten vil være på. Bak i boka kan du slå opp i en liste med ordforklaringer slik at du enkelt kan finne betydningen av fagord og jobbe inn fagtermene. Underveis i teksten er det sjekkpunkter. De er ment som en enkel test på om du er klar til å gå videre i teksten. De mer grundige, krevende og stimulerende oppgavene vil du finne i Studieheftet. Du finner et sammendrag over det viktigste lærestoffet til slutt i kapitlet. Etter å ha jobbet deg gjennom et kapittel vil det være lurt å gå fram til kapitlets startside og se på målene.

Illustrasjoner og bilder står sentralt i faget, og det er lagt stor vekt på dem i denne boka. Både illustrasjoner og bilder skal være en hjelp og støtte til å forstå teksten og komplekse biologiske prosesser.

Å skape en tekst er en lang prosess med mange deltakere. I prosessen med denne boka er det mange som fortjener en takk. Vi ønsker først og fremst å takke tidligere og nåværende elever, studenter og kollegaer for gode og krevende spørsmål som har hensatt både spørsmålsstiller og mottager i undring og ny ivrig søk etter kunnskap. En spesiell takk også til redaktøren, illustratørene og konsulentene.

Så minner vi bare om det gamle ordet fra Håvamål, strofe 10:

Betre byrdi
du ber 'kje i bakken
enn mannavit mykje.
D'er betre enn gull
i framand gard;
vit er vesalmanns trøyst.

Lykke til med biologifaget!

Oslo / Fredrikstad mai 2008

Heidi K. Grønlien

Leif Ryvarden

Cato Tandberg



Innhold



1 Grunnleggende kjemi i biologi 9

1.1 Atomer og molekyler 10

1.2 Viktige grunnstoffer i biologi 12

1.3 Bindingslære 12

Kovalente bindinger 12

Ionebindinger 14

Hydrogenbindinger 14

1.4 Organiske molekyler 15

Karbohydrater 18

Nukleinsyrer 20

Proteiner 22

Fett 23

1.5 Vann, syrer, baser og pH 26

pH 27

Syrer 28

Baser 28

1.6 Redoksreaksjoner 29

1.7 Energi- og elektronbærere 30

ATP – AdenosinTriFosfat 30

FAD – FlavinAdeninDinukleotid 31

NAD (P) – NiacinAdeninDinukleotid
(fosfat) 32

2 Generell økologi 35

2.1 Økologiske begreper 37

Art 37

Individ 37

Populasjon 38

Samfunn 38

Økosystem 38

Biosfæren 38

2.2 Økosystemets oppbygning 39

Abiotiske faktorer 39

Klima 40

Topografi 49

Berggrunn 50

Jordsmonn 51

Biotiske faktorer 52

Jakt og rov 53

Konkurranse 53

Parasittisme 54

Symbiose 54

2.3 Næringskjeder 54

Produsenter 55

Konsumenter 55

Nedbrytere 57

2.4 Livsstrategier 58

K- og r-seleksjon 58

Produsentene 59

Rov – spise eller bli spist 59

Nedbrytning – den enes død,
den andres brød 61

Parasittisme – økologisk risikosport 63

Symbiose – ekteskap med omkostninger 66

2.5 Suksesjon 68

2.6 Populasjonsøkologi 69

Populasjonens størrelse og reproduksjonsevne 72

Demografi 74

Dødeligheten 74

Tetthetsavhengige og tetthetsuavhengige
faktorer 75

Bæreevne 75

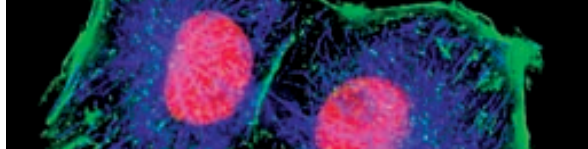
2.7 Stoffkretsløpene 78

Karbonets kretsløp 79

Nitrogenets kretsløp 82

Fosforets kretsløp 84

Vannets kretsløp 86



3 Cellens livssyklus 91

3.1 DNA-molekylet 92

DNA er en dobbeltspiral 93

Hva er et gen? 95

DNA-metylering 96

Organisering av DNA i kromosomer 97

3.2 Cellens livssyklus 100

Kontroll av cellens livssyklus 101

3.3 DNA-replikasjon 102

Korrekturlesing av nylaget DNA 104

3.4 Mitose – én celle blir til to 105

Celledifferensiering 105

3.5 Meiose – dannelsen av kjønnsceller 108

3.6 Sammenligning av mitose og meiose 112

3.7 Genetisk variasjon 114

Overkrysning 115



4 Proteiner– dannelse, utvikling og funksjon 119

4.1 Dannelsen av proteiner 120

Transkripsjon – fra DNA til RNA 121

RNA-spleising 122

Transport av RNA ut av cellekjernen til cytosol 124

Den genetiske koden 124

Translasjon – fra RNA til protein 125

Regulering av proteindannelsen 130

4.2 Utvikling av proteiner 135

Aminosyrer 135

Proteinenes strukturnivåer 137

Modifisering og transport av proteiner 139

4.3 Proteinenes funksjoner 142

Enzymer 142

Enzymgrupper 146

Regulering av enzymaktivitet 146

Navnsetting av enzymer 150

4.4 Mutasjoner 151

Punktmutasjon og substitusjon 151

Insersjon og delesjon 153



5 Fotosyntese 157

5.1 Energi 159

Lysenergi 159

5.2 Fotosyntesen 164

Kloroplaster 165

Fotodel av fotosyntesen 166

Syntesedelen av fotosyntesen 170

5.3 Ytre faktorerers påvirkning og tilpasninger 174

Karbondioksid, CO_2 175

Giftstoffer og herbicider 179

Hormoner 180

Aminosyrer 180

Stressfysiologi 181

5.4 Andre former for fotosyntese 184

Økologisk betydning av fotosyntetiserende bakterier 185



6 Celleånding 187

6.1 Katabolisme 188

Alt levende trenger en kilde for energi og karbon 188

Forholdet mellom fotosyntese og katabolismen 190

Mitokondriet 191

6.2 Nedbrytning av glukose 192

Glykolyse 193

Oksidasjon av pyruvat – nøkkelen inn i mitokondriets matriks 195

Krebssyklus 195

Oksidativ fosforylering 197

Energiutbyttet i form av dannet ATP per glukosemolekyl 200

6.3 Nedbrytning av glukose uten oksygen 201

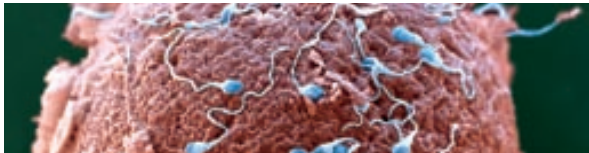
Dannelse av etanol ved anaerob nedbrytning 202

Dannelse av melkesyre ved anaerob nedbrytning 202

6.4 Kontrollmekanismer i celleåndingen 204
Enzymer som virker inn på glykolysen og
Krebszyklus 204

6.5 Næringsstoffer i kostholdet 206
Fett 207
Proteiner 207
Karbohydrater 209

6.6 Evolusjon av metabolisme 210



7 Genetikk 213

7.1 Genetiske begreper 214
Dominante og recessive genvarianter 216

7.2 Monohybrid arv 217
Skala av dominans 219
Multiple gener 222

7.3 Dihybrid arv 223
Mendels arvelover 225

7.4 Kjønnbundet arv 226

7.5 Andre arveformer 229
Samvirkende gener 229
Ensvirkende gener 231
Letale og pleiotrope gener 232
Nedarving av kvantitative egenskaper 233
Imprinting 234

7.6 Koblede gener og overkrysning 235

7.7 Avl og stamtavler 238

7.8 Genetiske sykdommer 240
Mekanismer for genetiske sykdommer 240
Recessive genetiske sykdommer 240
Dominante genetiske sykdommer 244
Kjønnbundne genetiske sykdommer 245
Kromosomavvik 247
Sykdomsdisposisjon – samspill mellom
arv og miljø 249



8 Bioteknologi 255

8.1 Hva er bioteknologi? 256

8.2 Bioteknologiske metoder 257
Restriksjonsenzymer 257
Gelelektroforese 262
Polymerasekjedereaksjon, PCR 263
Genetisk fingeravtrykk 266
Kloning 268
Andre metoder for overføring av
genmaterialet 271

8.3 Transgene organismer 274
Bananflue, *Drosophila melanogaster* 276
Vårskrinneblom, *Arabidopsis thaliana* 277
Bruk av transgene planter 277
Bruk av transgene dyr 281

8.4 Stamceller 286
Reproduktiv kloning 290
Terapeutisk kloning 291
Stamceller uten bruk av eggceller? 293

8.5 Human genom-prosjektet, HUGO 294

8.6 Anvendelse av kunnskapen, etikk 296
Assistert befruktning 297
Preimplantasjonsdiagnostikk, PGD 298
Genterapi 299
Bioteknologi og kreft 300
Bioterror 302
DNA-chip og gentesting 302

8.7 Lovgivning 304

8.8 Bioinformatikk 306



9 Evolusjon 311

9.1 Hva er evolusjon? 312

9.2 Mekanismer i evolusjonen 314

- Reproduksjon i overflod 314
- Arv med variasjon 315
- Seleksjon og overlevelse 316
- Evolusjon – betyr om og om igjen ... 317
- Former for naturlig seleksjon 318
- Koevolusjon 324
- Mimikry 324

9.3 Populasjonsgenetikk 326

- Mutasjoner 326
- Genetisk drift i små populasjoner 326
- Flaskehalseffekten og grunnlegger-effekten 327
- Genflyt og isolerte populasjoner 328
- Hardy-Weinbergs likevekt 328
- En populasjon er nesten aldri i genetisk likevekt 331

9.4 Dannelse av en ny art 332

- Barrierer for reproduksjon 334
- Artsdannelse ved polyploidi 335
- Eksempler fra forskningen som underbygger evolusjonsteorien 337

9.5 Evolusjonen av mennesket 340

- Menneskets utvikling 341
- Genetisk analyse – hva betyr det for anslåtte slektskap og evolusjon 343

9.6 Milepæler i evolusjonen 346

- Selvreplikerende molekyler → Grupper av komplekse molekyler 347
- Uavhengige replikatorer → Sammenhengende gentråd 348
- RNA som både gen og enzym → Gener av DNA og enzymer dannet av proteiner 348
- Prokaryote celler → Eukaryote celler 349
- Ukjønnet formering → Kjønnnet formering 352
- Encellede organismer → Dyr, planter og sopp 353
- Enkeltindivider → Kolonier med sterile kaster 354
- Primatsamfunn → Menneskesamfunn og dannelse av språk 354

9.7 Evolusjon av språk og kultur 356

9.8 Evolusjon og samfunn 358



10 Mennesket og naturen 365

10.1 Skogen ryddes 366

10.2 Avskogning i tropene 368

10.3 Landbruk 369

10.4 Kjemisk forurensning 370

10.5 Sur nedbør 372

10.6 Radioaktivitet 373

10.7 Overfiske 373

10.8 Global oppvarming 374

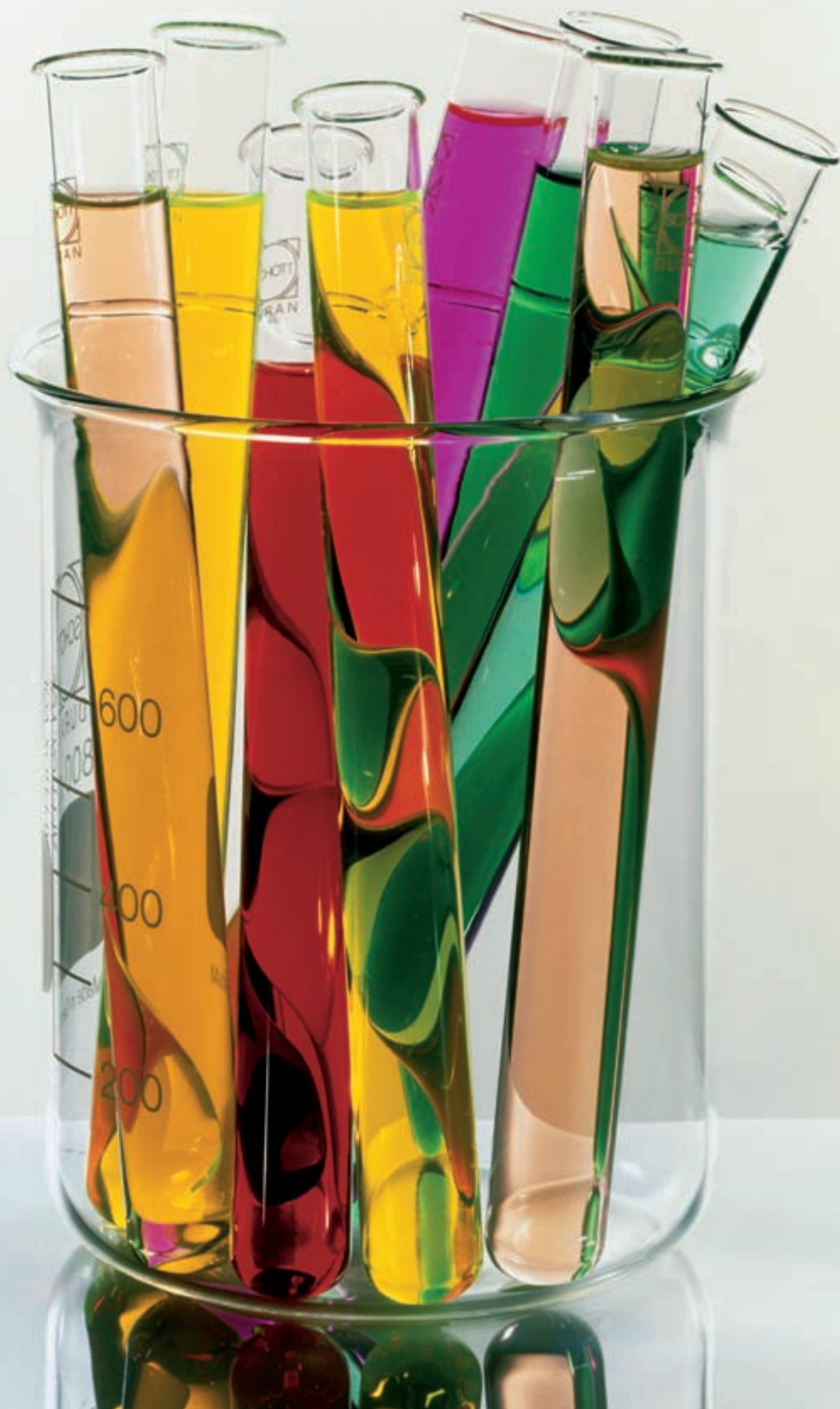
10.9 Framtiden 375



Vekke interesse og stimulere nysgjerrigheten



Henviser til kapittel i Grunnleggende kjemi i biologi





Grunnleggende kjemi i biologi

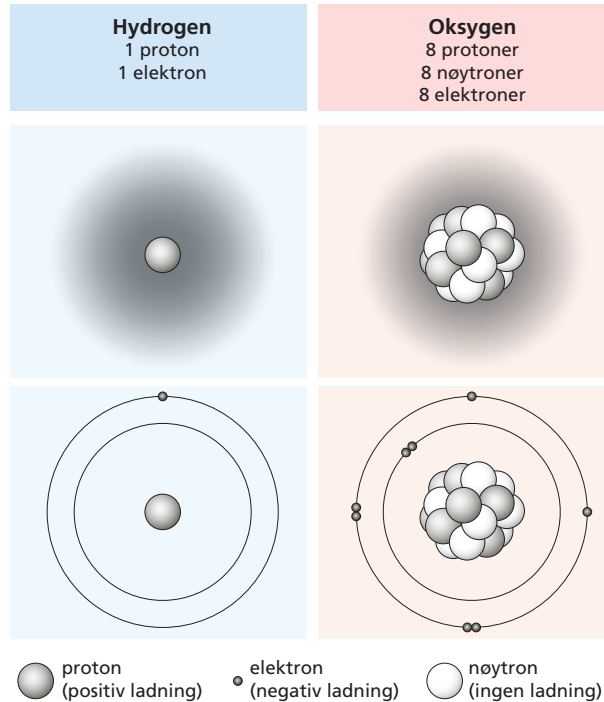
I biologien studerer vi det levende både på mikro- og makronivå.

Både for å gjøre dette og for bedre å forstå det som observeres, trenger vi som biologer å anvende en del grunnleggende fysikk og kjemi. I dette kapitlet vil vi ta for oss de mest sentrale delene av kjemien slik du vil møte den i Bi 2.

1.1 Atomer og molekyler

[atomos (gr.) → udelelig]

Stoff er alt som har masse, og som krever plass. Alt stoff består av atomer. Atomene ble lenge ansett som den minste delen alt bestod av, men dette stemmer ikke lenger. Atomer er igjen bygd opp av *elementærpartikler* (elektroner, protoner, nøytroner og kvarker).



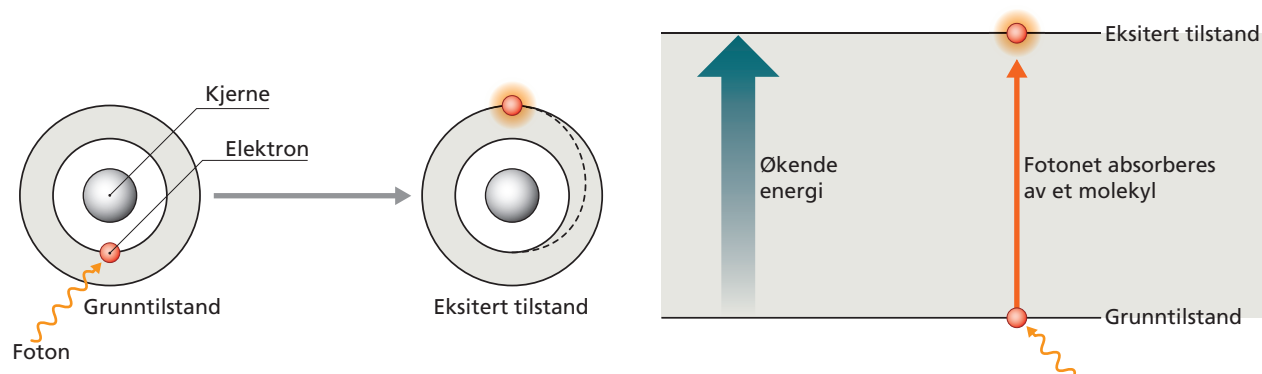
Atomets struktur.

Alle atomer har en kjerne som består av protoner og nøytroner, bortsett fra hydrogen, det minste atomet, som ofte bare har ett proton i kjernen.

Et atom består av en kjerne som er tyngdepunktet i atomet. Rundt denne er det *elektronskall* med negativt ladde *elektroner* i. Elektronene har minimal masse sammenlignet med kjernen, som består av *protoner* og *nøytroner*. Protoner har positiv ladning, og nøytronene har ingen ladning. På grunn av forskjellene i ladning mellom kjernen og elektronene vil elektronene bevege seg rundt kjernen.

Dersom atomet blir tilført energi, kan det føre til at elektroner «spretter ut» av et elektronskall, se figuren. Det dannes da et eksitert elektron.

Et slikt atom er ustabilt og tenderer til å reagere slik at situasjonen blir normalisert. Det kan atomet gjøre ved å sette i gang en ny reaksjon, som ellers ikke ville ha skjedd. Dette skjer for eksempel i fotosyntesens fotoreaksjon, se side 163. Ofte faller bare elektronene tilbake til sin opprinnelige plass og sender ut et *foton*, en energimengde.



Et grunnstoff består av kun én type atomer. Det vil si at grunnstoffet karbon utelukkende består av karbonatomer. Det finnes i verden i dag 118 grunnstoffer, men kun 92 av dem er naturlige. Grunnstoffene er organisert i et periodisk system, se side 33.

Eksitering av elektroner.

Når et elektron blir eksitert, brukes den overførte energien til å frakte elektronet ut i et skall lenger ut enn det opprinnelige.

Atomer er altså en enhet bestående av elementærpartikler, mens et molekyl er en samling atomer bundet sammen.

NOEN GRUNNSTOFFER ER OGSÅ MOLEKYLER, FOR EKSEMPEL ER DET SVÆRT SJELDEN MED FRITT OKSYGEN. OKSYGEN FOREKOMMER SOM REGEL SAMMEN MED ET ANNET OKSYGENATOM, O_2 .



Antallet elektroner og fordelingen av dem rundt kjernen er avgjørende for hvor stabilt et atom er. Når et atom er ustabilt, vil det tendere til å reagere med andre atomer, like eller ulike. Da avgir eller tar atomet opp elektroner. Hvor mange og hvordan dette gjøres, varierer, men det er dette som er fundamentet for de forskjellige typene av bindinger som kan eksistere mellom atomer, og mellom molekyler. Det er de elektronene som er lengst fra kjernen, *valenselektroner*, som lettest deltar i slike reaksjoner.

1.2 Viktige grunnstoffer i biologi

Omtrent 98 % av massen til en levende organisme er satt sammen av de seks ulike grunnstoffene: karbon (C), hydrogen (H), nitrogen (N), oksygen (O), fosfor (P) og svovel (S). Dette er altså stoffer som du kommer til å møte ofte i boka, og du vil lære om hvordan de sirkulerer på kloden, se side 79. Særlig sentralt står karbohydratene, som er molekyler som kun består av karbon, oksygen og hydrogen, se organiske molekyler.

1.3 Bindingslære

► Kapittel 3, 4, 7

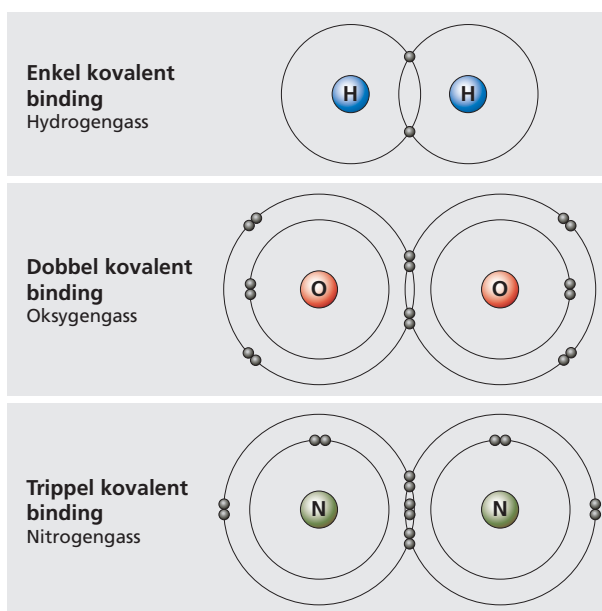
[okta (gr.) → åtte]

For å danne molekyler må atomene binde seg sammen, og i den reaksjonen er valenselektronene sentrale. For å få et så stabilt atom/molekyl som mulig må det ytterste skallet være fullt. Dette skallet kan som hovedregel ha åtte elektroner, og regelen om fullt ytterste skall kalles derfor oktettreglen. Men dette gjelder ikke for det innerste skallet. Det blir fullt allerede ved to elektroner, og derfor har helium (He) fullt ytre skall bare med to elektroner. For å endre antallet elektroner må et atom enten få, ta, eller dele elektroner. Vi vil her se nærmere på *kovalente bindinger*, *ionebindinger* og *hydrogenbindinger*.

Kovalente bindinger

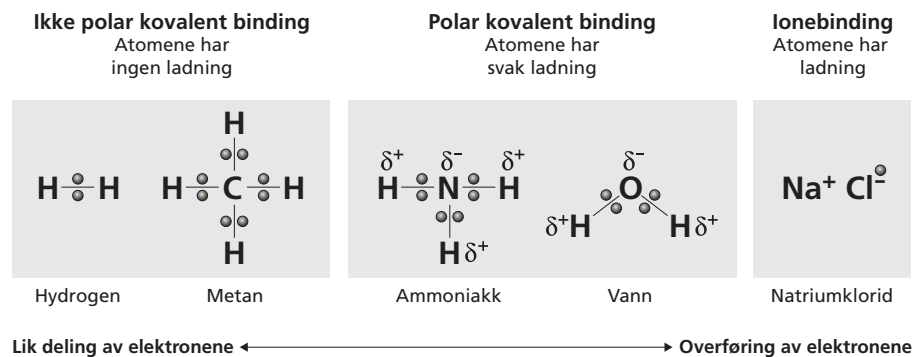
[cum (lat.) → sammen
valere (lat.) → være sterk,
være verdt]

Kovalente bindinger er bindinger der atomer deler elektronpar. Dersom det er flere elektronpar som deles, sier vi at det er en dobbel kovalent (ved to elektronpar) og trippel kovalent dersom det er tre elektronpar som deles, se figuren på neste side.



Kovalente bindinger. I en kovalent binding deler atomene på elektronparet. Kovalente bindinger kan være a) enkle b) doble eller c) triple.

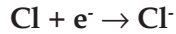
Dersom det ene atomet trekker mer på de delte elektronene enn det andre, har vi en polar kovalent binding. Dette har vi for eksempel i vann.



Elektronpar. Graden av deling på elektronparene kan tenkes som en linje fra lik deling av elektronene i en ikke-polar elektronpdeling hos H_2 til ingen deling av elektroner i en ionebinding.

Ionebindinger

I en ionebinding avgis og tas det opp elektroner. Når et atom avgir eller tar opp elektroner, sier vi at det dannes et ion.



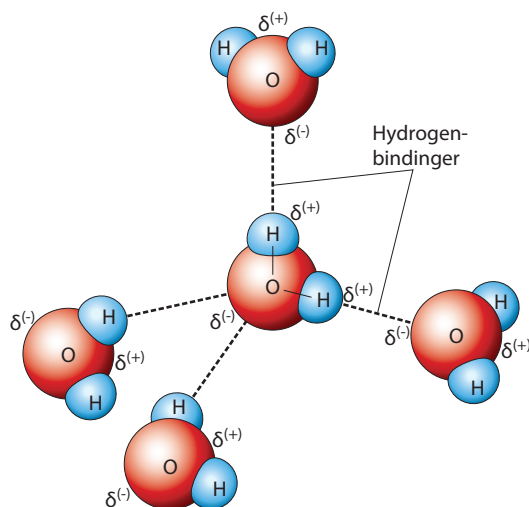
Dette gir ionene motsatt ladning, og denne ladningen tiltrekker ionene slik at det dannes en binding. Produktet av en ionebinding kalles et salt. Salter er ofte løselige i vann.

Bindingen i et molekyl bestemmer dets form, mens bindingen mellom molekyler gir stoffet egenskaper som for eksempel dets koke- og smeltepunkt.

Hydrogenbindinger

Hydrogenbindinger er svake bindinger mellom molekyler, der hydrogenatomet er bundet til et *elektronegativt atom*. Elektronegative atomer er atomer som vil trekke mer på elektronene i en binding enn det andre atomet. Elektronene er da oftere rundt det elektronegative atomet som får et overskudd av negativ ladning. Derfor vil slike molekyler ha en svak positiv og en svak negativ ladning i seg. Mellom slike molekyler vil det kunne dannes hydrogenbindinger.

Hydrogenbindinger. Det oppstår hydrogenbindinger mellom vannmolekylene fordi vannmolekylet er svakt positivt ladet (δ^+) ved hydrogenatomene og svakt negativt ladet (δ^-) ved oksygenatomet.



Hydrogenbindinger er svært viktige i biologi fordi mange sentrale molekyler har dem. Det er for eksempel hydrogenbindingene mellom nitrogenbasene i DNA-tråden som holder denne sammen, men som også gjør det mulig å åpne den uten å bruke for mye energi. Det er også hydrogenbindingene mellom vannmolekylene som gir vann mange av dets helt unike egenskaper.

SJEKKPUNKTER

- Hva er en elementærpartikkel, og har den ladning?
- Deler atomene på elektronene i en ionebinding?
- Gi eksempler på stoffer som inneholder hydrogenbindinger.
- Hva er et valenselektron?
- Hva er et eksitert elektron?

1.4 Organiske molekyler

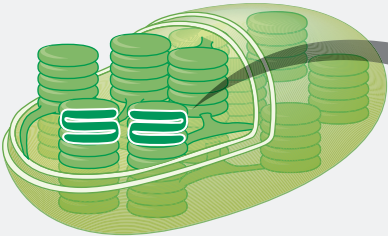
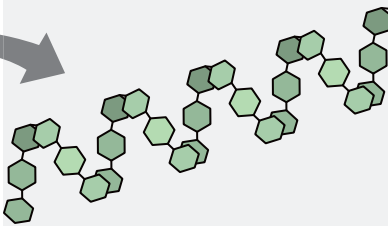
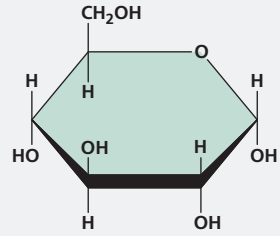
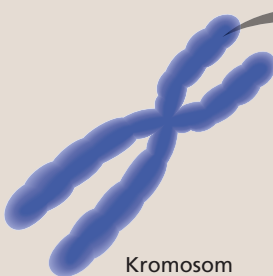
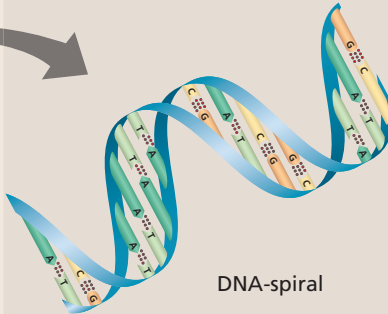
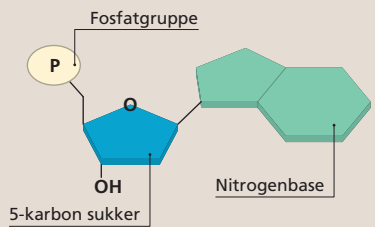
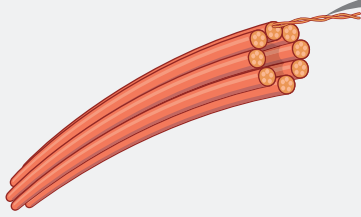
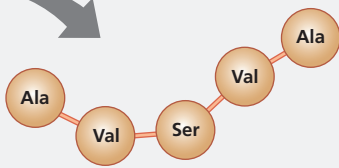
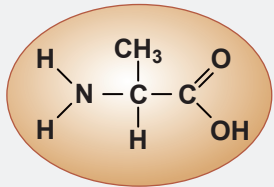
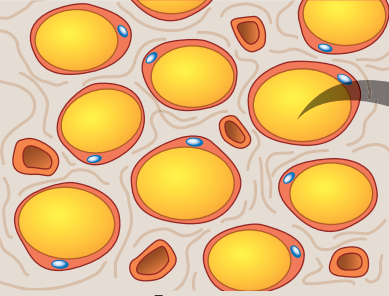
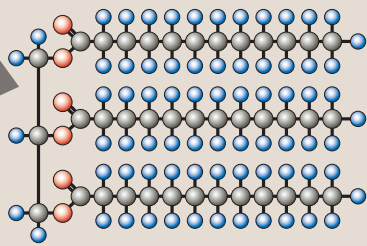
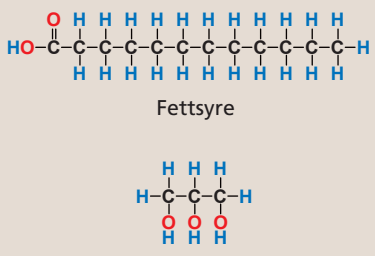
I cellen foregår det mange forskjellige reaksjoner. Du vil stifte bekjentskap med en del av dem, og disse har noe felles; de bygger enten opp polymerer, eller river polymerene fra hverandre. En *polymer* er mange enheter satt sammen i en lang kjede. En enhet kalles en *monomer*.

Vi vil videre ta for oss karbohydrater, nukleinsyrer, proteiner og fett og deres polymerer og monomerer.

▶ Kapittel 3, 4, 5, 6

[poly (gr.) → mange
mono (gr.) → én]

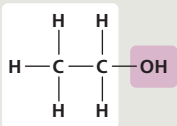
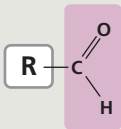
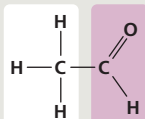

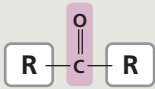
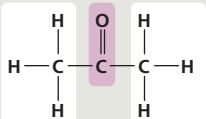
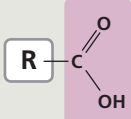
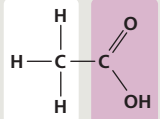
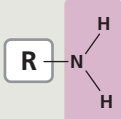
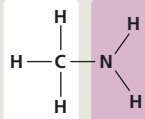
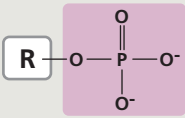
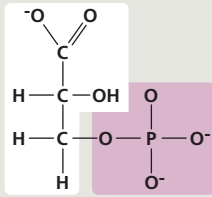
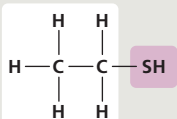
Det er molekylenes funksjonelle grupper som gir dem deres egenskaper. På neste side ser du en tabell med de funksjonelle gruppene i de organiske molekylene du vil møte i Bi 2.

	Cellestruktur	Polymer	Monomer
Karbohydrat	 Stivelseskorn i kloroplast	 Stivelse	 Monosakkarid
Nukleinsyre	 Kromosom	 DNA-spiral	 Nukleotid
Protein	 Filament	 Polypeptid	 Aminosyre
Fett	 Fettvev	 Triglyserid	 Fettsyre Glycerol

Polymere makromolekyler. Fire makromolekyler og deres monomerer. Karbohydrater, nukleinsyrer og proteiner er vist med de monomerene de er bygget opp av. Fett er derimot bygget opp av glyserol og fettsyrer.

Tabell som viser de følgende funksjonelle gruppene:

Hydroksyl, aldehyd, ketoner, karboksyl, amino, fosfat og sulfhydryl.

Funksjonell gruppe	Molekyl-navn	Struktur-formel	Eksempel
—OH eller HO Hydroksyl	Alkoholer	R—OH	 Etanol
—CHO Aldehyd	Aldehyder		 Acetaldehyd
 Keto	Ketoner		 Aceton
—COOH Karboksyl	Karboksyl-syrer		 Etansyre
—NH_2 Amino	Aminer		 Glycin
—OPO_3^{2-} Fosfat	Organiske fosfater		 3-fosfoglyserat
—SH Sulfhydryl	Tioler	R—SH	 Merkaptoetanol

Karbohydrater

Karbohydrater finnes i alle levende organismer og er viktige deler av for eksempel celleveggen. Cellulose, som er det mest utbredte organiske stoffet på kloden, er et karbohydrat. Karbohydrater er molekyler som inneholder karbon- og oksygenatomer samt hydroksylgrupper (-OH). Karbohydratene har to hovedfunksjoner:

- 1 Energikilde
- 2 De fungerer som byggeklosser av karbon ved å være et karbonskjelett som cellen kan bruke til nye forbindelser som inneholder karbon

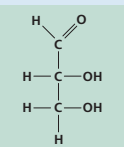
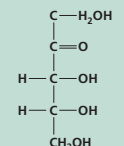
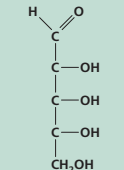
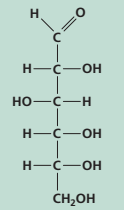
Det er vanlig å dele inn karbohydratene i fire grupper etter hvor mange enheter de består av:

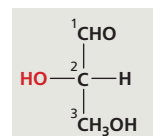
Karbohydrater

Navn	Antall enheter	Eksempel
Monosakkarider	1	Glukose, fruktose
Disakkarid	2	Sukrose (vanlig sukker) laktose
Oligosakkarider	3-10	
Polysakkarider	Mange	Stivelse, cellulose, glykogen

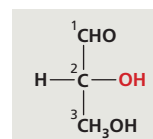
di (gr.) → to
 oligo (gr.) → flere
 saccharide (gr.) → sukker

Karbohydratene får navn som ender på *-ose*. Monosakkaridene deles inn etter hvor mange C-atomer de har, og får et felles navn etter dette. For eksempel heter alle monosakkaridene som har seks karbonatomer, heksoser. Når monosakkaridet får fem eller flere karbonatomer (de kan maksimum ha ni karbonatomer), danner de ofte ringstrukturer, se figuren på neste side.

Navn	Antall C-atomer	Eksempel	Figur
Triose	3	Glyceraldehyd	 Glyceraldehyd
Tetrose	4	Ribulose	
Pentose	5	Ribose	
heksoser	6	Glukose, fruktose, galaktose	 Glukose



L-glyseraldehyd



D-glyseraldehyd

L- og D-form av triosen glyceraldehyd.

Figuren viser L-formen og D-formen av glyceraldehyd.

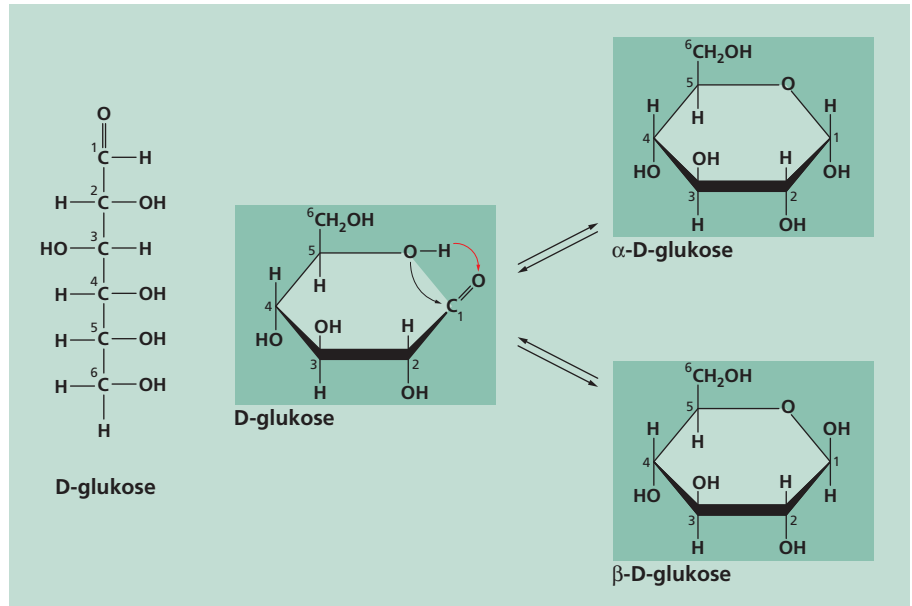
Det er svært stor variasjon i karbohydrater. Noe av grunnen til dette er at monosakkaridene kan fungere på forskjellige måter, til tross for at de har like mange C-atomer. De finnes i ulike *isomerer*, som åpne molekyler og som molekyler med ringstruktur. Ringstrukturen kan være i α - og β -form.

En isomer form av et molekyl er den formen som er speilbilde av den første. Isomeri er ikke uvanlig, og det kan gi molekylet ulike funksjoner. De to ulike formene kalles for D (dexter) og L (lævus) former av et stoff.

[dexter (lat.) → høyre
lævus (lat.) → venstre]

Viser fire former av

D-glukose. D-glukose kan forekomme på fire ulike former. Enten som et lineært molekyl eller som et molekyl med ringstruktur. Ringstrukturen kan igjen være på α - eller β -form. Forskjellen mellom disse to formene ligger i hvordan OH-gruppen er organisert på det første karbonatomet, angitt som 1 på figuren.



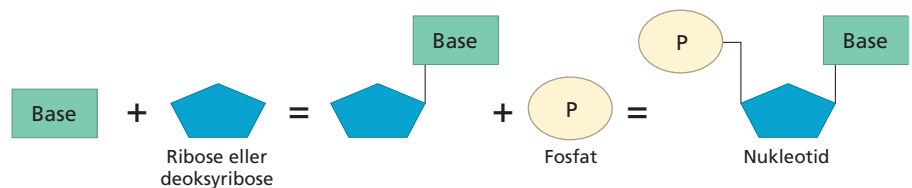
Med åpen struktur på et monosakkarid menes den strukturen som er vist lengst til venstre i figuren over, og ringstrukturen er vist i midten. Når for eksempel heksosen glukose danner en ringstruktur, vil det bli forandringer fra den åpne strukturen for karbonatom 1 og 5, se figuren. Noen ganger kommer OH-gruppen opp på karbonatom 1, og da er det en β -form av glukosemolekylet. Dersom OH-gruppen kommer ned på det første karbonatomet, er det dannet en α -form. Monosakkaridene veksler mellom disse tre formene, men glukosemolekylet har en fastere ringstruktur enn mange av de andre monosakkaridene, så denne er mer i α - eller β -form.

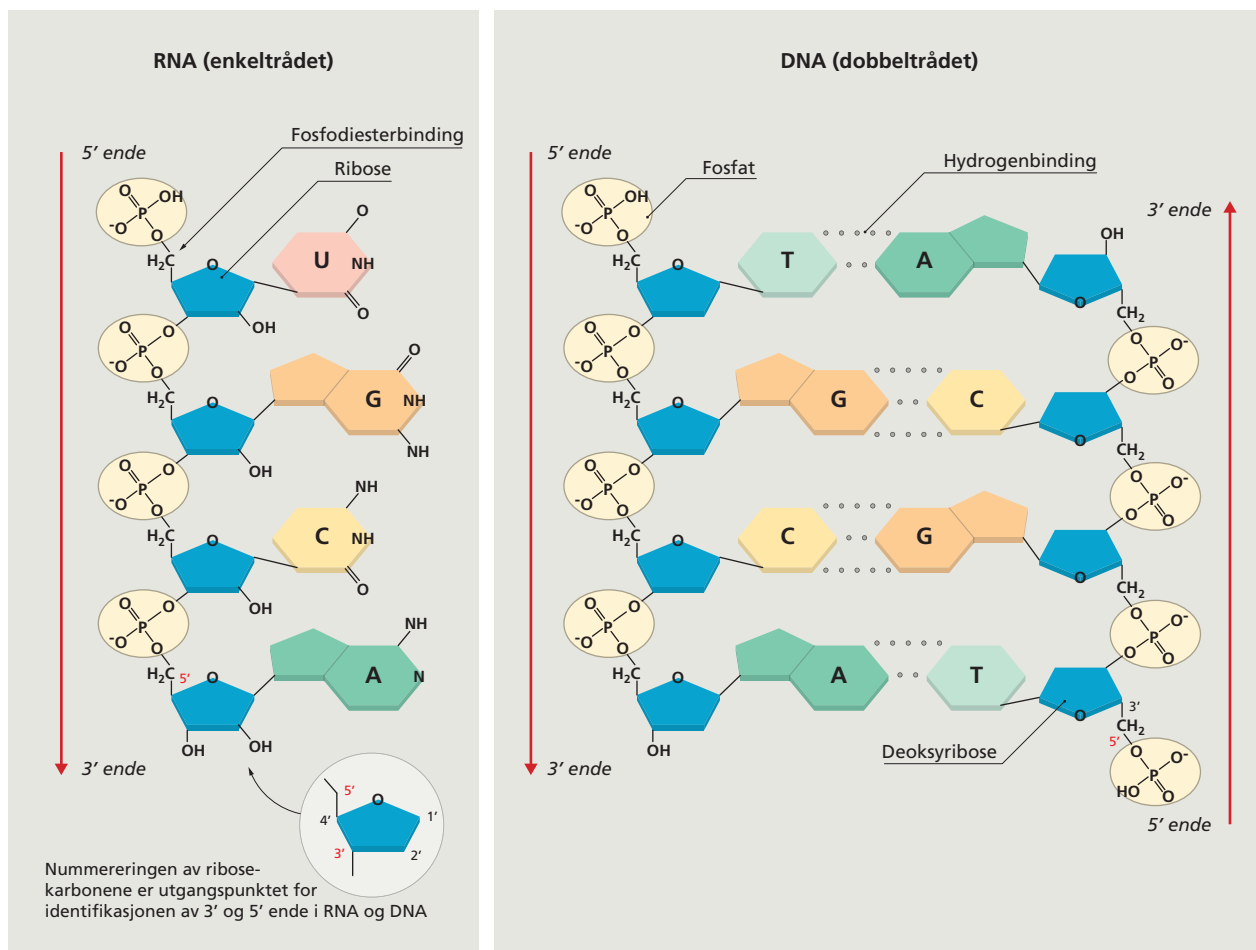
Nukleinsyrer

Nukleinsyrer er polymerer som er spesialiserte for å lagre, overføre og bruke genetisk informasjon. Det er to typer nukleinsyrer, DNA (deoksyribonukleinsyre) og RNA (ribonukleinsyre). Den genetiske informasjonsflyten i en celle går fra DNA til RNA og så til proteiner.

En nukleinsyre er bygget opp av *nukleotider* som består av en pentose, en organisk base og en fosfatgruppe.

Nukleotid: Et nukleotid består av tre enheter, en fosfatgruppe, en pentose og en base.





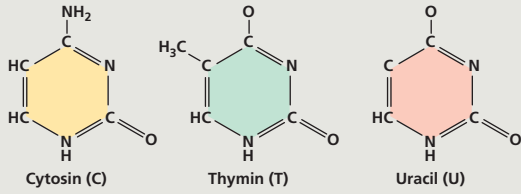
Ryggen på en nukleinsyre består av en binding mellom en fosfatgruppe og neste pentose. Denne bindingen er en fosfodiesterbinding, og denne skjer mellom det 5. karbonatomet i en pentose og det 3. karbonatomet i neste pentose. Derfor kan vi også angi retningen på en nukleinsyre, fordi den enden som ikke har en fosfatgruppe på karbonatom 3 (men derimot en OH-gruppe) er 3'enden. Den andre enden blir 5'ende, se figuren på denne siden.

Det er fem organiske baser som kan knyttes til pentosen. Disse organiske basene skilles i to grupper, *pyrimidiner* og *puriner* (se figuren på forrige side). Det er også faste regler for hvilke baser som parer med hverandre.

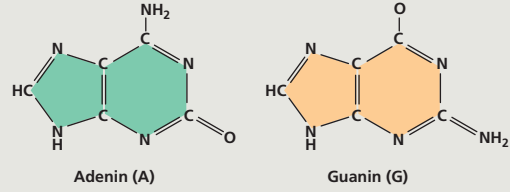
Guanin (G) baseparer alltid med cytosin (C), mens adenin (A) alltid i en DNA-tråd baseparer med tymin (T), mens i en RNA-tråd blir dette alltid med en uracil (U).

DNA- og RNA-molekyler er nukleinsyrer. I DNA er basene festet til deoksyribose. Det er en pyrimidinbase som er unik for DNA, og det er T. Hydrogenbindinger mellom pyrimidiner og purinene holder de to DNA-trådene sammen. Det er tre hydrogenbindinger mellom C og G, mens det er to mellom A og T. I RNA er basene festet til ribose. RNA har pyrimidinen U der hvor det i DNA ville vært pyrimidinen T.

Pyrimidiner



Puriner



Pyrimidiner og puriner. De fem ulike organiske basene er delt i to grupper; pyrimidiner og puriner.

Forskjellen mellom RNA og DNA er summert opp i tabellen nedenfor.

Nukleinsyre	Pentose	Organisk base	Dobbeltrådet
DNA	Deoksyribose	Adenin, Cytosin, Guanin, Tymin	Ja, som oftest
RNA	Ribose	Adenin, Cytosin, Guanin, Uracil	Nei, sjelden

De aller fleste DNA-molekylene foreligger som dobbeltrådet helikser, men DNA kan også forekomme som enkeltrådet. Trådene holdes sammen av hydrogenbindinger, og trådene som ligger motsatt vei, er antiparallelle. Det vil si at 3' enden alltid vil basepare med en 5' ende, se figuren.

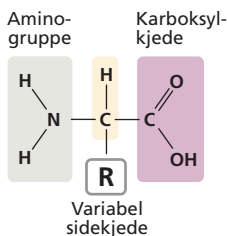
ATP (adenosin trifosfat) er en nukleotide, men har helt andre oppgaver. Den er en energibærer, se side 30.

Proteiner

Proteinenes funksjon er mangfoldig og ofte svært spesialisert. Nettopp derfor har vi viet dem et helt kapittel, se side 119, og du vil lære mer om funksjonen og dannelsen av proteiner der.

Aminosyrer bygger opp proteiner via proteinsyntesen. Det er 20 forskjellige aminosyrer, og det er sidegruppene, markert med R i figuren, som gir dem ulike funksjoner.

Hvilke aminosyrer som skal bygge opp et protein, og i hvilken rekkefølge de skal komme, ligger bestemt i genene våre og blir uttrykt gjennom proteinsyntesen.

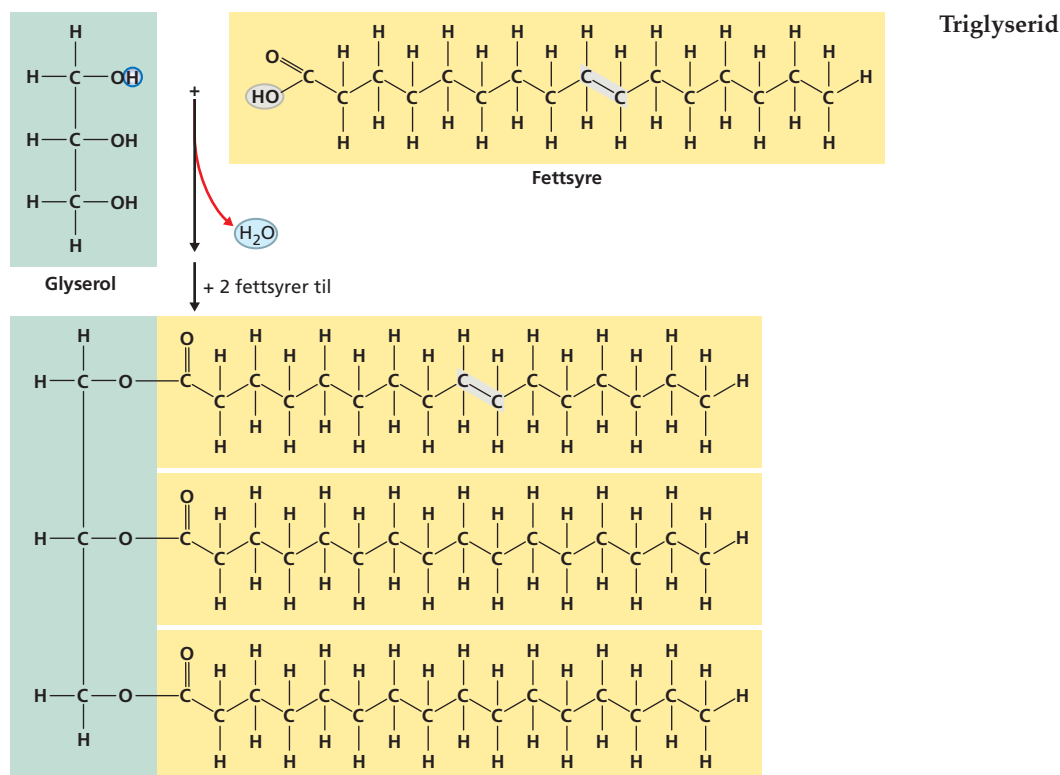


Generell aminosyre. Det er den kjemiske gruppen som er festet til R på figuren som avgjør hvilken aminosyre det er. Resten er felles for alle aminosyrer.

Fett

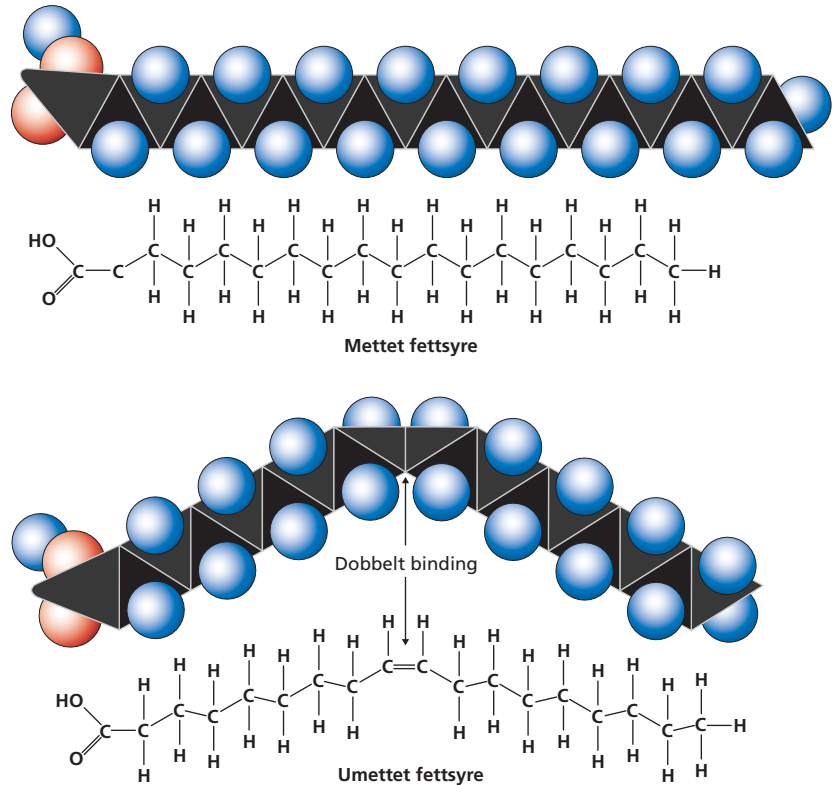
Fett (lipider) er en stor og divers gruppe organiske molekyler. Det molekylene derimot har felles, er at de ikke er løselige i vann på grunn av de mange upolare kovalente bindingene. Derfor kaller vi dem hydrofobe stoffer.

Polymeren til mange fettstoffer er triglyserid, en forbindelse med tre fettsyrer som har reagert med den treverdige alkoholen glyserol. En binding mellom en alkohol og en fettsyre kalles en *esterbinding*. En fettsyre består av lange upolare kjeder med en polar karboksylsyregruppe, se figuren.



Fett og oljer kan bestå av enkle og doble bindinger i de lange fettkjedene. De fettkjedene som utelukkende har enkeltbindinger, er mettede fettsyrer. Fettkjeder med én eller flere dobbeltbindinger er umettete eller flerumettete. Oljer er fettstoffer som er væsker ved romtemperatur.

Mettet og umettet fettsyre



I tabellen på neste side er noen av hovedgruppene av lipider og deres funksjoner presentert kort. Det er i hovedsak fettsyrer og glyserolbundne vannuløselige stoffer vi tenker på med lipider. Vitaminene i tabellen er fettløselige.

Type lipid	Funksjon	Eksempel
Fett og olje	Næring (gir omtrent tre ganger så mye energi per enhet som sukker og proteiner), isolasjon mot støt og kulde	Olivenolje, margarin
Fosfolipider	Danner barrierer mot vann i cellemembranen og lager biologiske membraner. Er utgangspunkt for syntese av flere signalmolekyler i kroppen	Fosfolipider i cellemembranen, DAG og IP3
Karotenoider	Lysfangende pigmenter, gir farge og er forløper til dannelsen av vitamin A hos mennesker	β -karoten er et av hjelpepigmentene i det lysfangende komplekset i fotosyntesen.
Steroider	Hormoner, forløper til vitamin D ₂ og gallesalter	Kolesterol og testosteron
Myelin	Fettlag som bidrar til å øke hastigheten på en nerveimpuls	
Voks	Forsvar mot uttørring og angrep fra sopp og bakterier. «Honycombs»	Kutikula på blader, utskilles av voks på hår/fjærdrakt
Vitaminer	Viktige for synsfunksjonen, blodlevring, absorpsjon av Ca ²⁺ og PO ₄ ²⁻ , antioksidanter	Vitaminene A, D, E og K er fettløselige.

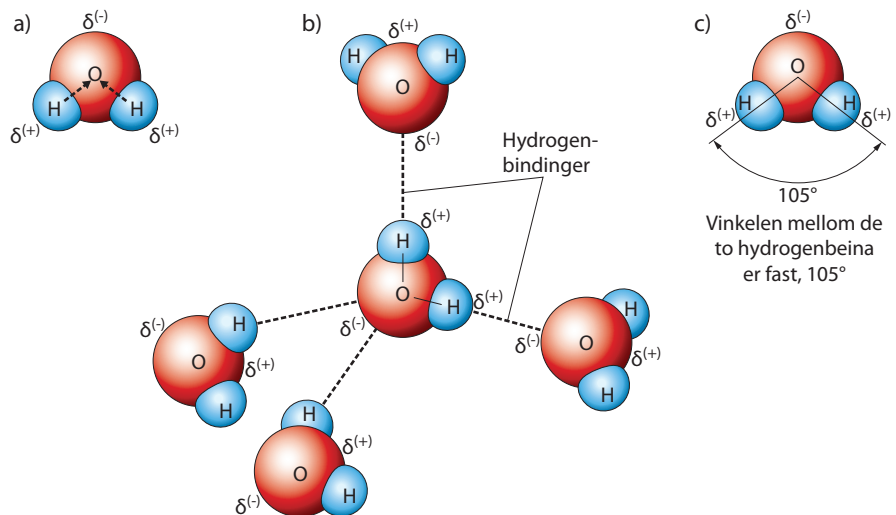
1.5 Vann, syrer, baser og pH

Vann er et svært viktig stoff for alt levende, og det levende har oppstått i vann. Livet utviklet seg i vann i over 3 milliarder år før det ble liv på land. Alle organismer trenger vann, enten inni eller rundt seg for å vokse og å reproducere seg.



OMNE VIVIVM EX AQUA – INTET LIV UTEN VANN

Mennesket består av ca. 70 % vann, og vi merker fort om vi får for lite av dette stoffet. Mange av de unike egenskapene til vann ligger i den måten molekylet er bundet sammen på.



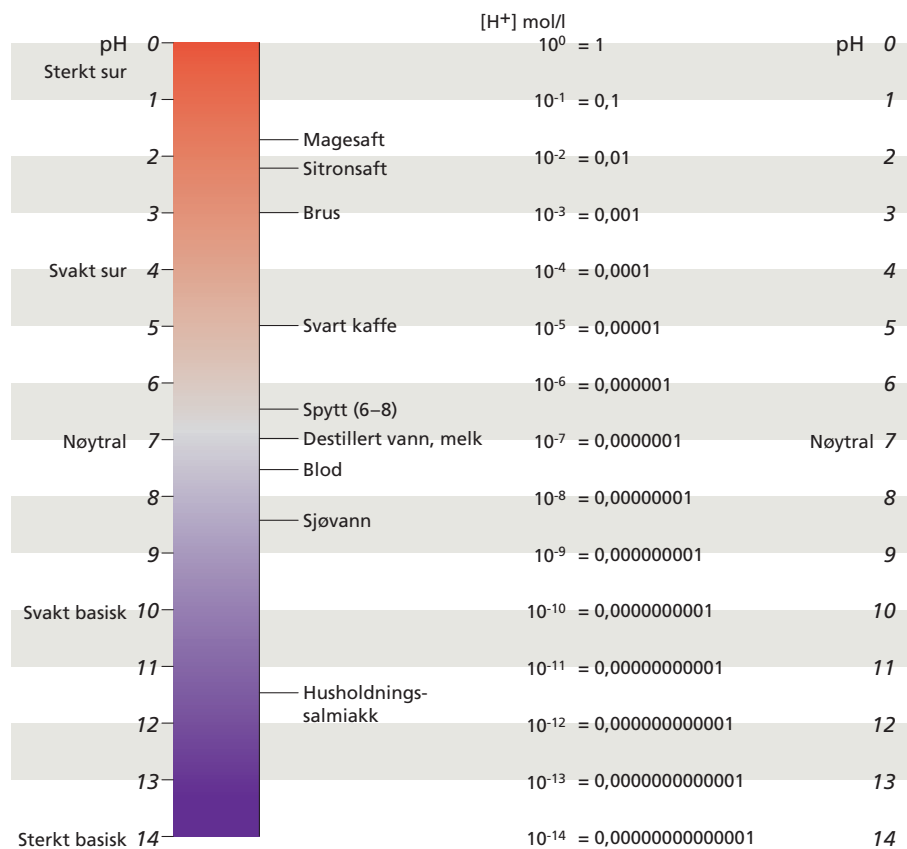
Vannmolekylets struktur er viktig. a) Ett enkelt vannmolekyl har to svakt positive ladninger og en svakt negativ ladning. På grunn av disse kreftene vil det være en fast vinkel mellom hydrogenbeina (c) i molekylet. b) På grunn av ladningsforskjellen vil det oppstå hydrogenbindinger mellom vannmolekylene.

Vann er altså et polart og lite molekyl. Det kan forekomme i tre faser: fast, væske og som gass. Mellom vannmolekylene dannes det hydrogenbindinger, og disse er med på å gi vann mange av dets egenskaper.

pH

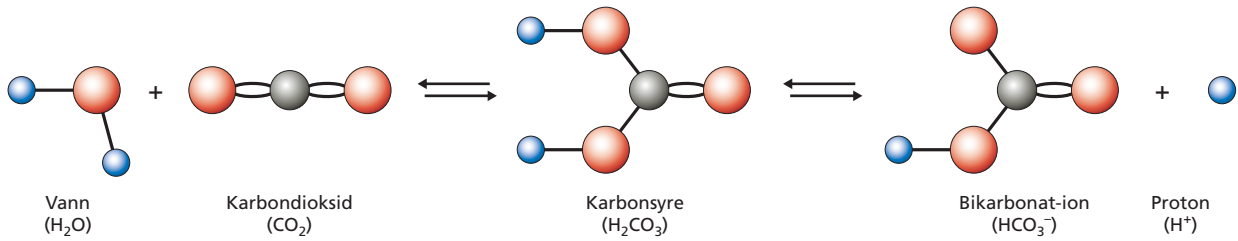
pH potenz Hydrogen (ty)
styrken til hydrogen

Om et stoff er surt eller ikke, kan uttrykkes ved hvilken pH det har, eller hvor på pH-skalaen det ligger. Denne skalaen er logaritmisk, og går fra 0 til 14. Når en løsning er nøytral, befinner den seg rundt 7 (rent vann), mens pH under 7 betraktes som surt, og over 7 som basisk. Det at skalaen er logaritmisk, betyr at for eksempel sjøvann er 10 ganger mer basisk enn rent vann, se figuren.



pH-skala. Figuren viser pH til en del vanlige produkter og konsentrasjonen av H⁺ ved ulike pH.

De aller fleste organismer er svært følsomme for variasjoner i pH. Dette løses ved å bruke ulike stoffer som *buffere*. Buffer er en løsning som kan reagere med både en syre og en base. Dermed vil pH ikke endre seg noe særlig i en slik løsning. Hos mennesker brukes for eksempel bikarbonat og karbonsyre som buffer og transportører av CO₂, se figuren på neste side.



Bikarbonat som buffer. Når CO₂ reagerer med vann, dannes karbonsyre (H₂CO₃). Denne spaltes lett til bikarbonat (HCO₃⁻) og frigjør H⁺. Reaksjonen kan også gå motsatt vei.

Syrer

Syrer er stoffer som kan avgi protoner, H⁺. I en sur løsning vil det derfor være flere H⁺ enn i rent vann. I magesekken hos mennesket skiller vi ut hydrogenklorid HCl (saltsyre), som er en sterk syre og årsaken til at pH i magesekken ligger på rundt 2.

Baser

Baser er stoffer som har evnen til å ta opp H⁺. I en basisk løsning vil det derfor være færre H⁺ enn i rent vann. I fordøyelsen hos mennesket må pH heves når magesekken tømmer seg gradvis ut i tolvfingertarmen. Tolvfingertarmen fungerer som en buffersone, og her skiller det ut blant annet bikarbonat, HCO₃⁻, som fungerer ved å ta opp H⁺ og blir til karbonsyre, H₂CO₃.

SJEKKPUNKTER

- Hva er en monomer?
- Hvordan kan jeg vite at en pentose er et sukker som består av fem karbonatomer?
- Hva er forskjellen på en α-ringstruktur og en β-ringstruktur av glukose?
- Hva er forskjellen mellom umettet og mettet fett?
- Hvorfor har is mindre tetthet enn vann ved romtemperatur?
- Hvilke kjemiske egenskaper må en syre ha?
- Hvilke forskjeller er det mellom RNA og DNA rent kjemisk?

1.6 Redoksreaksjoner

Reduksjonsreaksjoner og oksidasjonsreaksjoner kalles ofte samlet for redoksreaksjoner. Det er en gruppe av kjemiske reaksjoner som innebærer opptak og/eller avgivelse av elektroner.

► Kapittel 5, 6

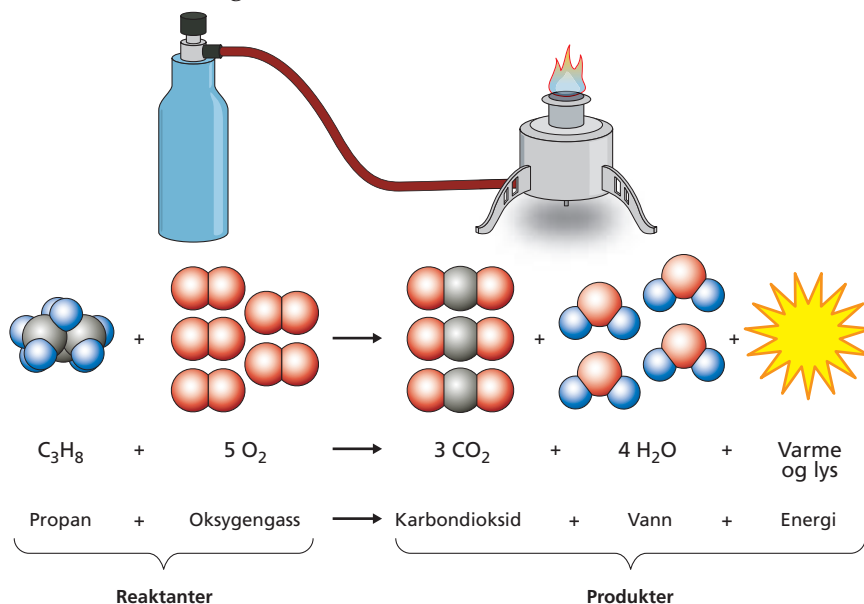
- Reduksjonsreaksjoner er reaksjoner hvor et atom får elektroner og blir redusert
 $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
- En oksidasjonsreaksjon er en reaksjon hvor et atom avgir elektroner og blir oksidert
 $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
- Sum: $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{Cu} + \text{energi}$.

Disse reaksjonene er knyttet til hverandre. Et stoff blir ikke oksidert om det ikke er en elektronmottaker der. Noen ganger er det også en redoksreaksjon selv om elektronene bare skifter posisjon i et atom.

DERSOM VI HAR REDUKSJONSPROSESSEN ET ANNET STED ENN OKSIDASJONSPROSESSEN, KAN VI FÅ EN PÆRE TIL Å LYSE. DET ER DETTE SOM ER PRINSIPPET I ET BATTERI.



Samlet kan vi da tenke på redoksreaksjoner som reaksjoner som har en elektrondonor og en elektronmottaker.



Forbrenning av propan – Redoksreaksjon er avgivelse og opptak av elektroner.
 Karbon «avgir» elektroner og blir oksidert til karbondioksid. Oksygen «får» elektroner og blir redusert til vann.

Under redoksreaksjoner i cellen (elektrontransportkjedene i fotosyntesen og celleåndingen) er ofte elektroner overført fra et atom i ett molekyl til et atom i et annet molekyl. Når dette skjer, følger det ofte med et H^+ . I biologiske systemer innebærer derfor ofte reduksjon å legge til H^+ og oksidasjon å fjerne H^+ . Når disse skjer samtidig, kan man få til det geniale at H^+ transporteres inn i en membran uten nevneverdig bruk av energi og nydannelse av «transportmolekylet». Et eksempel er $NAD^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow NADH + H^+$ i celleåndingen, mens det i fotosyntesen er $NADP^+ + 2e^- + 2H^+ \rightarrow NADPH + H^+$

1.7 Energi- og elektronbærere

► Kapittel 2, 4, 7

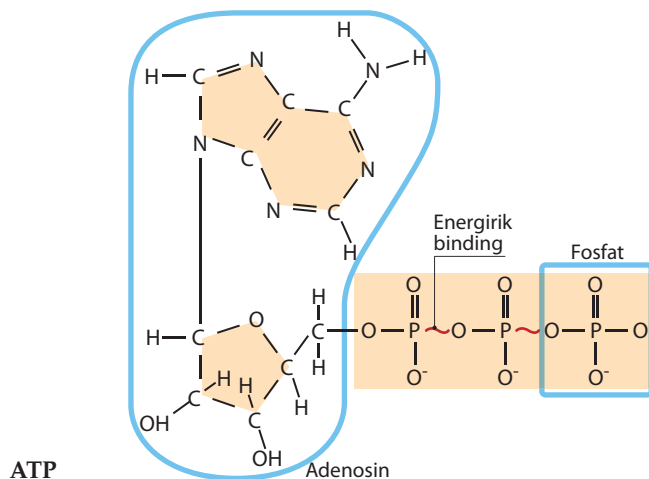
Det er mange stoffer som bidrar til å drive de mange kjemiske reaksjonene som omformer energi i organismer. Du vil her møte noen av dem som står sentralt i biologi, særlig innenfor emner som fotosyntese og celleånding.

ATP – AdenosinTriFosfat

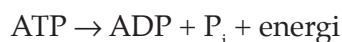
[ATP–AdeninTriFosfat]

ATP er et molekyl som cellen bruker til å lagre energi, og det gir energi til energikrevende reaksjoner og prosesser. ATP er bygget opp som en enhet satt sammen av tre forbindelser;

- 1 Et nukleotid, adenin
- 2 En pentose, ribose
- 3 Tre fosfatgrupper



Bindingene mellom de to ytterste fosfatgruppene er ustabile og har mye energi. Dette er angitt på figuren med en krøll (~). Det kreves mye mindre energi å bryte dem enn det de selv frigjør. Derfor sier vi at ATP lagrer energi, og at den gir fra seg energi når det spaltes av en fosfatgruppe. ATP lagrer energi på kort sikt. Når en organisme skal lagre energi over lengre tid, vil den lagre energien i form av fett eller stivelse.



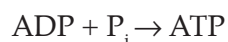
ADP – Adenin**Di**Fosfat
AMP – Adenin**Mono**Fosfat

Disse to reaksjonene kan også gå motsatt vei, slik at det lagres energi. P_i står for uorganisk fosfat (aniondelen av fosforsyre).

Cellen danner ATP på to forskjellige måter:

- 1 Direkte fosforylering
- 2 Ved hjelp av en skapt protongradient, via fotofosforylering og oksidativ fosforylering (fotosyntesen og celleåndingen)

Ved en direkte fosforylering er det enzymer i cytosol som overfører en fosfatgruppe fra et energirikt organisk molekyl til ADP og det dannes ATP.

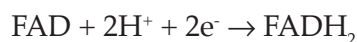


Ved å skape en protongradient over en ikke-gjennomtrengelig membran kan celler bruke den energien som ligger i den skapte spenningsforskjellen. Dette gjøres i fotosyntesen og i celleåndingen, se. Protonene går gjennom et proteinkompleks som er enzymet ATP-syntase.

ATP brukes til syntese av nye stoffer i cellen, til bevegelse og transport av stoffer.

FAD – FlavinAdeninDinukleotid

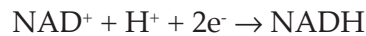
FAD er et *koenzym* som kan motta eller avgi to protoner og to elektroner når det er fullstendig redusert. Denne egenskapen brukes for eksempel i Krebszyklusen.



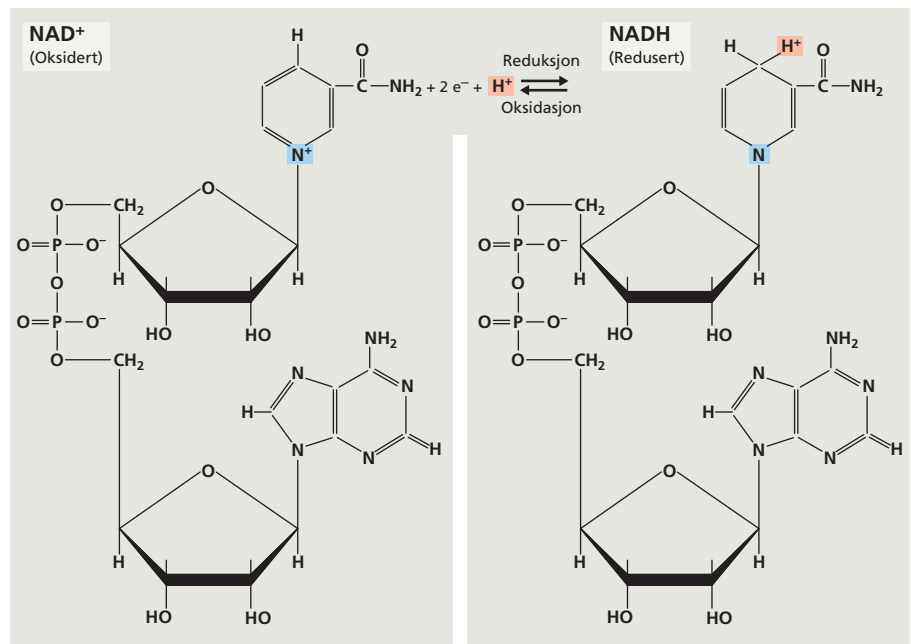
FAD er bygget opp av to nukleotider. Den ene er adenosinfosfat, og den andre er ribotol. Til ribotol er det knyttet en nitrogenholdig base, og disse to enhetene til sammen kalles riboflavin. Dette stoffet kan vi ikke danne selv, men vi får det i oss som et vitamin, nemlig B₂-vitaminet.

NAD (P) – NiacinAdeninDinukleotid (fosfat)

NAD er et koenzym som kan motta eller avgi to elektroner og ett proton når det er redusert. Denne egenskapen brukes for eksempel i celleåndingen.



NAD⁺ inneholder to riboser, adenin og en niacinamid / niacin. NADP har kun en ekstra fosfatgruppe, se figuren i forhold til NAD.



NADP brukes i syntesedelen i fotosyntesen. Niacin er et B-vitamin.

SJEKKPUNKTER

- Hva er forskjellen mellom en reduksjonsreaksjon og en oksidasjonsreaksjon?
- Hva er en redoksreaksjon?
- Hva er forskjellen mellom ATP og AMP?
- Hva er en energibærer?

GRUPPE

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	1 1,008 H Hydrogen																	2 4,003 He Helium		
2	3 6,941 Li Lithium	4 9,012 Be Beryllium															7 19,00 O Fluor	8 16,00 N Nitrogen	9 12,01 C Karbon	10 20,18 Ne Neon
3	11 22,99 Na Natrium	12 24,30 Mg Magnesium															16 32,07 S Svovel	17 35,45 Cl Klor	18 39,95 Ar Argon	
4	19 39,10 K Kalium	20 40,08 Ca Kalcium	21 44,96 Sc Scandium	22 47,88 Ti Titan	23 50,94 V Vanadium	24 52,00 Cr Krom	25 54,94 Mn Mangan	26 55,85 Fe Jern	27 58,93 Co Kobolt	28 58,69 Ni Nikkel	29 63,55 Cu Kobber	30 65,39 Zn Sink	31 69,72 Ga Gallium	32 72,61 Ge Germanium	33 74,92 As Arsen	34 78,96 Se Selen	35 79,90 Br Brom	36 83,80 Kr Krypton		
5	37 85,47 Rb Rubidium	38 87,62 Sr Strontium	39 88,91 Y Yttrium	40 91,22 Zr Zirkonium	41 92,91 Nb Niob	42 95,94 Mo Molibden	43 98,91 Tc Technetium	44 101,1 Ru Ruthenium	45 102,9 Rh Rhodium	46 106,4 Pd Palladium	47 107,9 Ag Sølv	48 112,4 Cd Kadmium	49 114,8 In Indium	50 118,7 Sn Tinn	51 121,8 Sb Antimon	52 127,6 Te Tellur	53 126,9 I Jod	54 131,3 Xe Xenon		
6	55 132,9 Cs Cesium	56 137,3 Ba Barium	57-71	72 178,5 Hf Hafnium	73 180,9 Ta Tantal	74 183,8 W Wolfram	75 186,2 Re Rhenium	76 190,2 Os Osmium	77 192,2 Ir Iridium	78 195,1 Pt Platina	79 197,0 Au Gull	80 200,6 Hg Kvikksølv	81 204,4 Tl Thallium	82 207,2 Pb Bly	83 209,0 Bi Vismut	84 209 Po Polonium	85 210 At Astat	86 222 Rn Radon		
7	87 223 Fr Francium	88 226 Ra Radium	89-103	104 261 Rf Rutherfordium	105 262 Db Dubnium	106 266 Sg Seaborgium	107 269 Bh Bohrium	108 269 Hs Hassium	109 272 Mt Meitnerium	110 277 Ds Darmstadtium	111 272 Rg Roentgenium	112 285 Uub Ununbium	113 284 Uut Ununtrium	114 289 Uuq Ununquadium	115 288 Uup Ununpentium	116 292 Uuh Ununhexium	117 293 Uus Ununseptium	118 294 Uuo Ununoctium		

PERIODE

Periodesystemet

Grunnstoffenes tilstand ved 25 °C:

H	Br	Li
Gass	Væske	Fast stoff

Fargekode:

Metaller	Halvmetaller	Ikke-metaller
----------	--------------	---------------

Forklaring:

Elektron →	19	← Atomnummer
fordeling	39,10	← Atommasse
	K	← Symbol
	Kalium	← Navn

Tall i parentes viser massetallet til den mest stabile isotopen