

Biomakromolekulid: struktuurist omadusteni

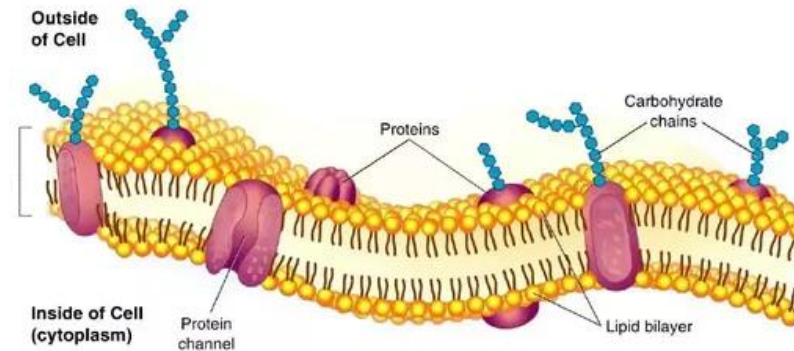
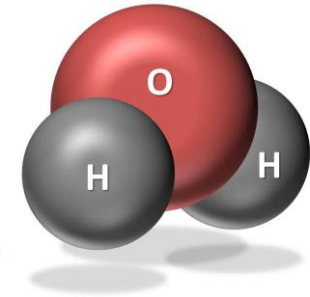
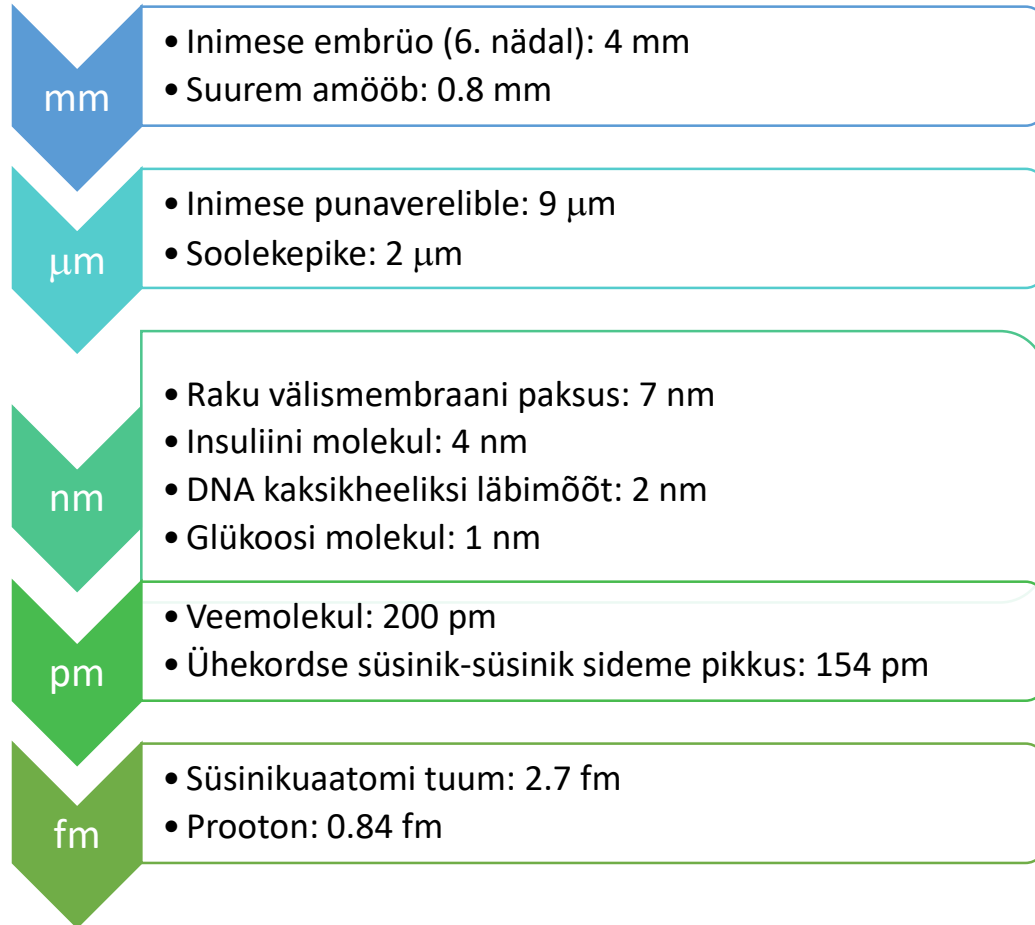
Darja Lavõgina

Keemia õppesessioon

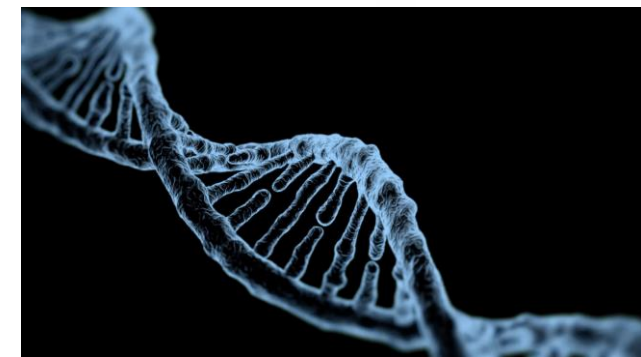
15. jaanuar 2018

Sissejuhatus

Biokeemia mõõtkava



C-C



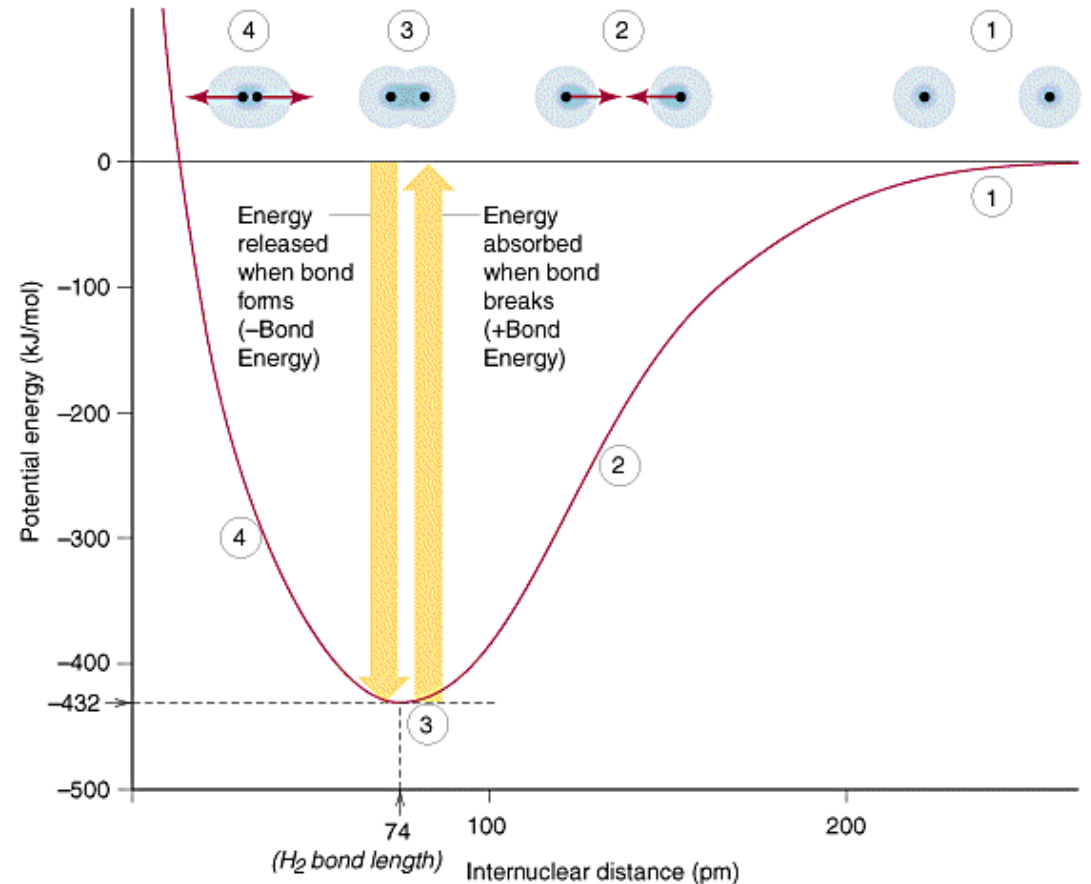
Milline aatomi omadus on tabelis värvilisena kujutatud?

1 H																		2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F		10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl		18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br		36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I		54 Xe

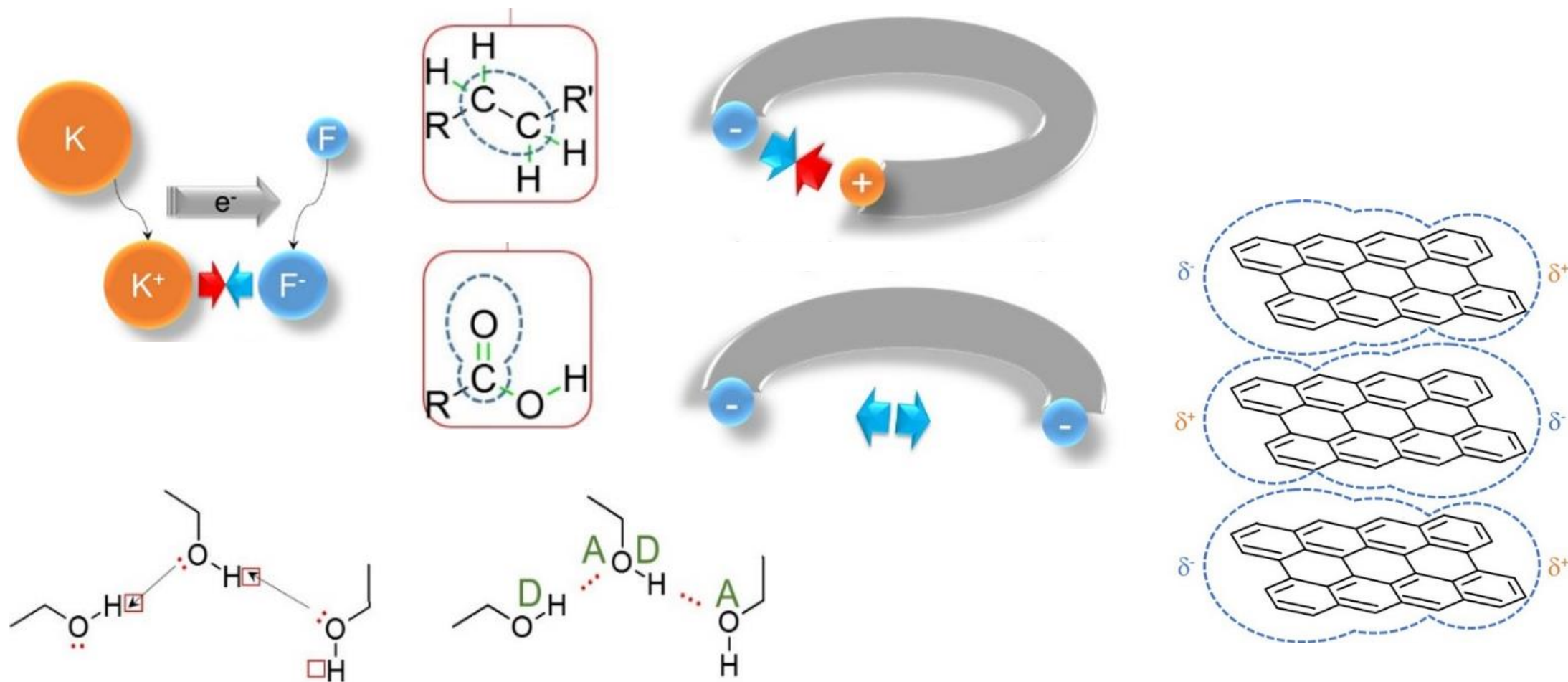
- **Elektronegatiivsus** on aatomi omadus, mis väljendub selle võimes väliskihi elektrone enda poole 'tõmmata'.
 - ✓ Mida suurem on aatomi elektronegatiivsus, seda kõvemini hoiab aatom oma väliskihi elektrone kinni.
 - Mida suurem on aatom, seda vähem jaksab see väliskihi elektrone kinni hoida
 - Mida suurem on elektronkihtede arv, seda suurem on aatom
 - Mida suurem on tuumalaeng (elektronkihtide sama arvu juures), seda väiksem on aatom

Miks moodustavad aatomid keemilisi sidemeid?

- Enamasti on aatomi jaoks energeetiliselt kõige stabiilsem selline olukord, kus väliskihis on kaheksa elektroni (nn **oktetireegel**).
 - ✓ Väikese elektronegatiivsusega aatomid (nt metallid) võivad sellise olukorra saavutamiseks koguni loobuda oma elektroni(de)st
 - ✓ Suurema elektronegatiivsusega aatomid (nt halogeenid) eelistavad pigem elektrone juurde hankida
 - ✓ Vahepealse elektronegatiivsusega aatomid võivad aga oma väliskihi elektrone teineteisega sõbralikult jagada nii, et kord saavutab oktetit üks aatomitest, kord teine



Mis sideme/vastasmõju tüübiga on tegemist?

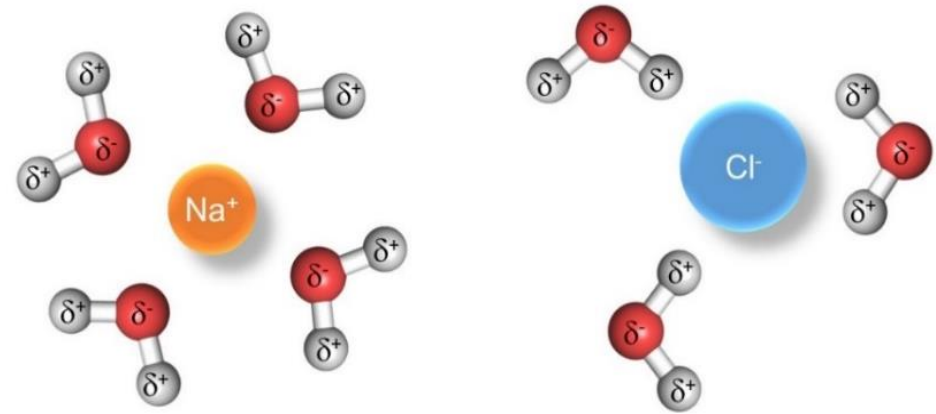


Kui tugevad on keemilised sidemed?

Sideme või vastasmõju tüüp		Sideme pikkus või vastasmõju ulatus (pm)	Sidemeenergia või vastasmõju tugevus (kJ/mol)
Mittepolaarne kovalentne	O=O	121	498
	H-H	74	436
	C-C	154	348
Polaarne kovalentne	C=O	120	732
	C-H	109	413
	O-H	96	366
	C-O	143	360
Ioonside		250	20
Vesinikside		300	12-30
van der Waalsi jõud		300-600	0.4...4

Lahustumine

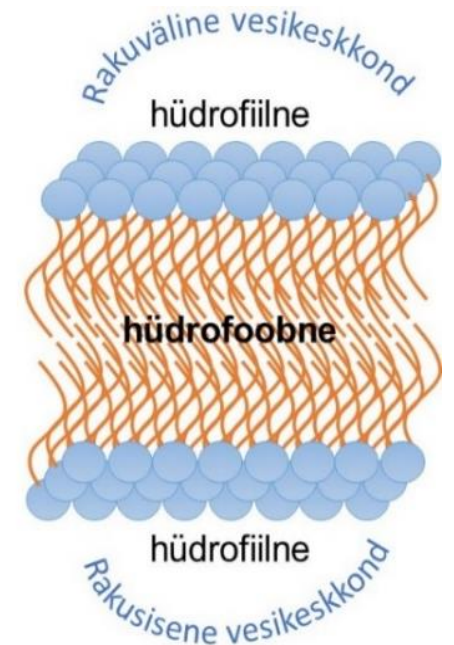
- Vee unikaalseid omadusi tingivad paljuski tugevad ja ulatuslikud vastasmõjud veemolekulide vahel.
 - ✓ Näiteks on vesi vaatamata oma madalale molekulmassile toatemperatuuril vedelas (mitte gaasilises) olekus.
 - ✓ Tänu vesiniksidemete olemasolule omab vesi ka suurt soojusmahtuvust: vee aurustamiseks kulub palju energiat, sest tuleb lõhkuda molekulidevahelisi vesiniksidemeid.
- Vesi käitub praktiliselt universaalse lahustina kõikides elusorganismides
 - ✓ Vastasmõjud, mis tekivad lahustuva osakese ja veemolekulide vahel, kompenseerivad energeetilist kadu, mis kaasneb molekulidevaheliste sidemete katkemisega lahustuvas aines



Vee rollile lahustina aitab kaasa H₂O molekuli geomeetria ning seda moodustavate aatomite elektronegatiivsuste erinevus – veemolekul on sisuliselt dipool, milles eristub negatiivsema osalaenguga hapnik ning positiivsema osalaenguga vesinikud.

Hüdrofoobsed ja hüdrofiilsed ained

- Polaarseid kovalentseid sidemeid ja/või laetud osi sisaldavad ained on hüdrofiilsed
 - ✓ Väikese molekulmassiga hüdrofiilsed ained tüüpiliselt lahustuvad vees
 - ✓ Kui laetud osakeste / suurte hüdrofiilsete molekulide vahel on tugevad vastasmõjud, ei suuda lahusesse viimine täiesti kompenseerida suurte molekulide vaheliste jõudude lõhkumist
- Rohkesti mittepolaarseid kovalentseid sidemeid sisaldavad ained on hüdrofoobsed („vett tõrjuvad“)
 - ✓ Need ei lahustu vees ning omavad vesikeskkonnas tendentsi kokku kleepuda ja moodustada eraldi faasi
- Kui aga ühendis on olemas nii hüdrofiilne kui hüdrofoobne osa, siis orienteeruvad selle ühendi molekulid vesikeskkonnas nii, et hüdrofoobsed alad hoiavad omavahel võimalikult palju kokku, hüdrofiilsed alad paiknevad aga agregaadid pinnal

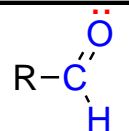
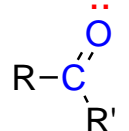
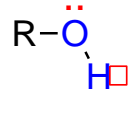
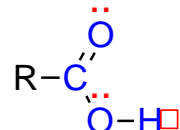
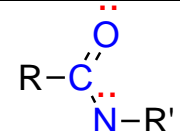
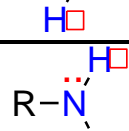
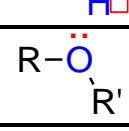
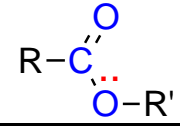


Põhibioelemendid

% sisaldus inimorganismis massi järgi:

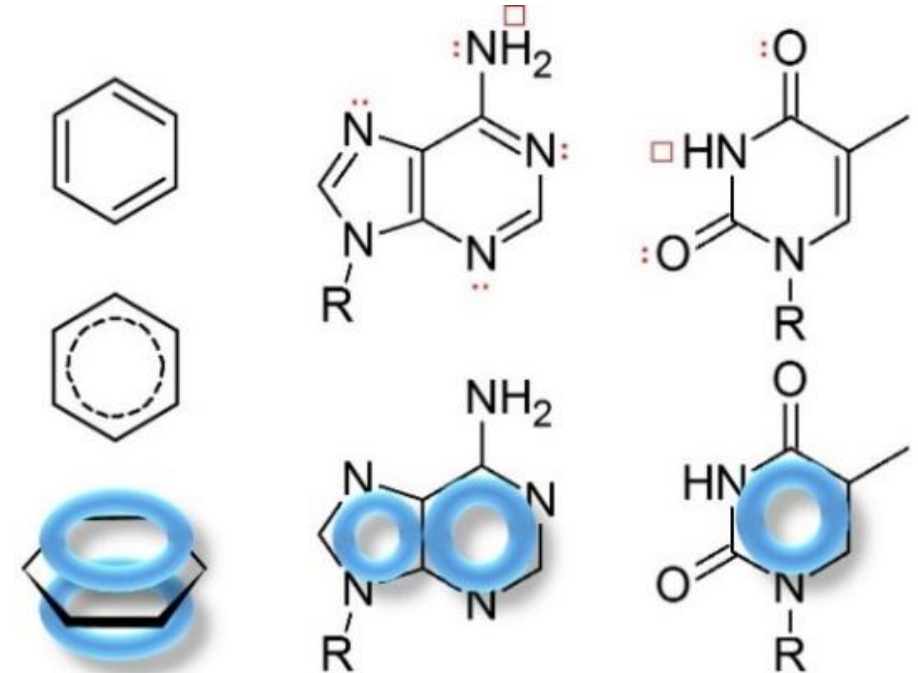
• Vesinik	H 1: $1s^1$	10%
• Süsinik	C 6: $1s^2 2s^2 2p^2$	19...23%
• Lämmastik	N 7: $1s^2 2s^2 2p^3$	3%
• Hapnik	O 8: $1s^2 2s^2 2p^4$	61...65%
• Fosfor	P 15: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 2p^3$	
• Väävel	S 16: $1s^2 2s^2 2p^4 3s^2 2p^4$	

Funktsionaalrühmad

Funktsionaalrühm	Nimetus	Vesiniksideme doonor	Vesiniksideme aktseptor	Biomakromolekulide klass, kus esineb
	Aldehüüd (karbonüül)	ei	jah	süsivesikud
	Ketoon (karbonüül)	ei	jah	süsivesikud, (valgud)
	Hüdroksüül	jah	jah	süsivesikud, nukleiinhapped, valgud
	Karboksüül	jah*	jah	valgud
	Amiid	jah	jah	valgud
	Amino	jah	jah**	valgud, nukleiinhapped
	Eeter	ei	jah	lipiidid
	Ester	ei	jah	lipiidid

Aromaatsed tsüklid

- Aromaatses tsükliis tekib tsükliit moodustavate aatomite elektronpilvedest üle kogu süsteemi „laiali määritud“ suur elektronpilv.
- Aromaatsed süsteemid on enamasti suhteliselt väikese polaarsusega, kuid võivad enda küljes sisaldada funktsionaalrühmi, mis võivad olla vesiniksidemete doonoriteks ja/või aktseptoriteks.

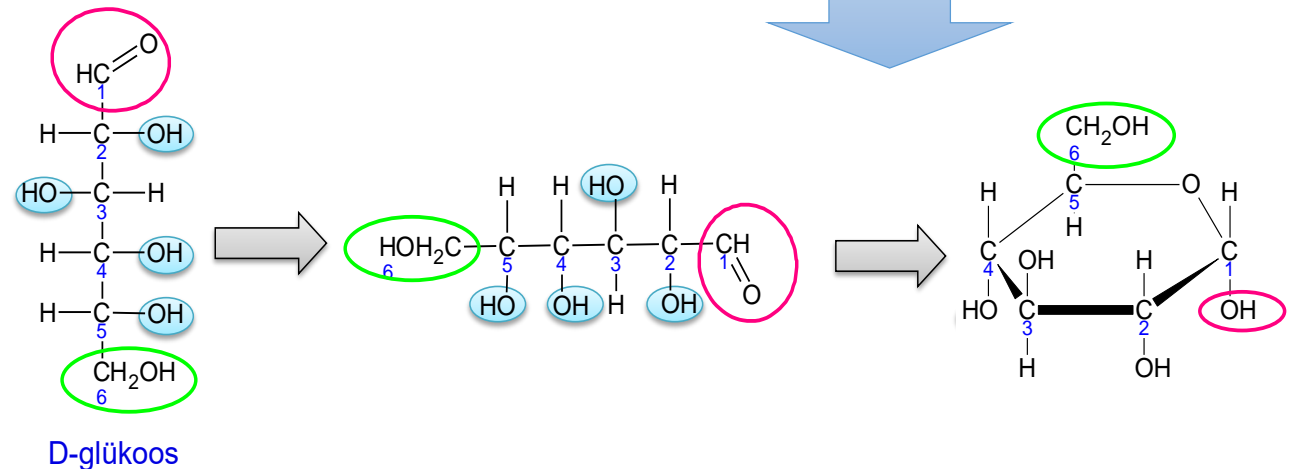
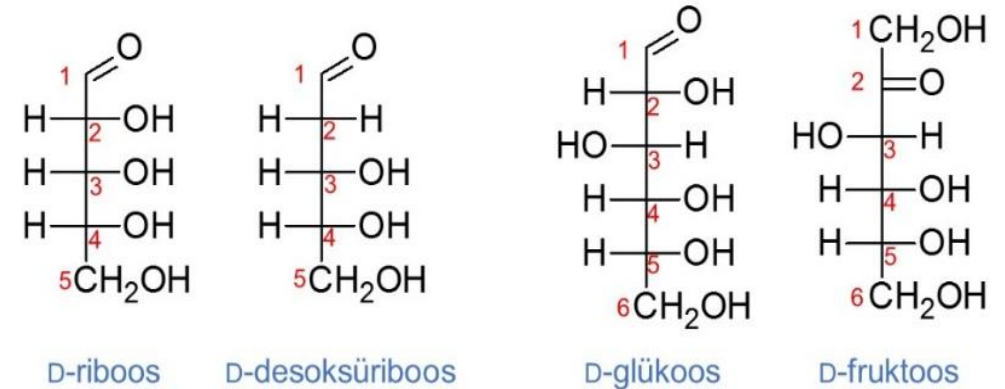


Biomakromolekulid: sahhariidid



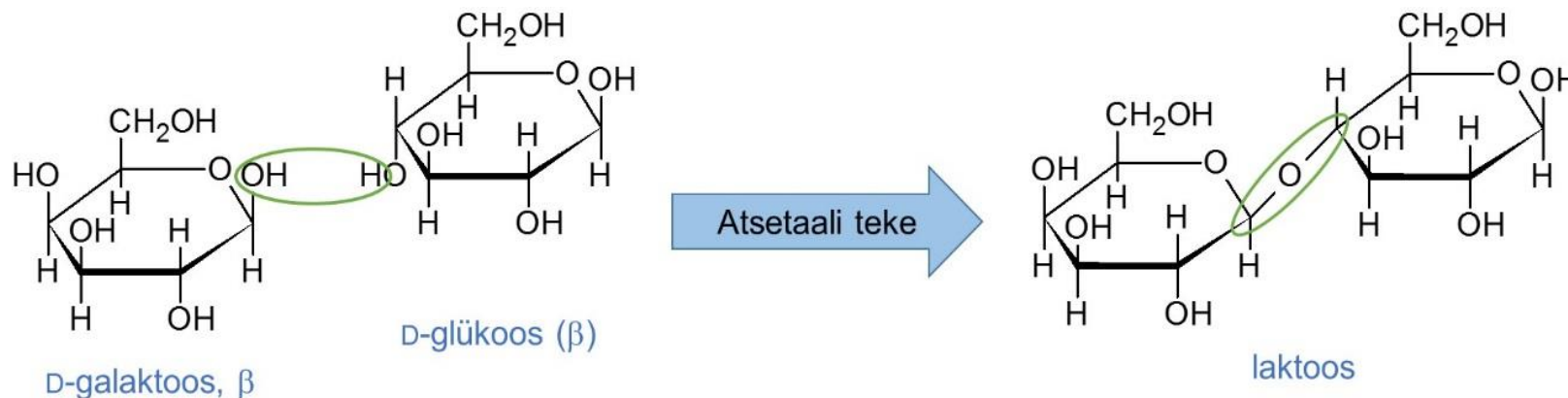
Süsivesikud: väikesed ja veeslahustuvad monomeerid

- Brutovalem esitatakse kujul $C_n(H_2O)_m$ (süsi ja vesi)
- Süsivesiku molekuli tunnuseks on mitmete hüdroksüülrühmade ning ühe karbonüülrühma olemasolu
- Tegelikult esineb suurem osa süsivesikute molekulidest lahuses tsükli kujul
 - ✓ tekib siis, kui süsivesiku ühe molekuli piires toimub reaktsioon hüdroksüülrühma ja karbonüülrühma vahel („poolatsetaali teke“)



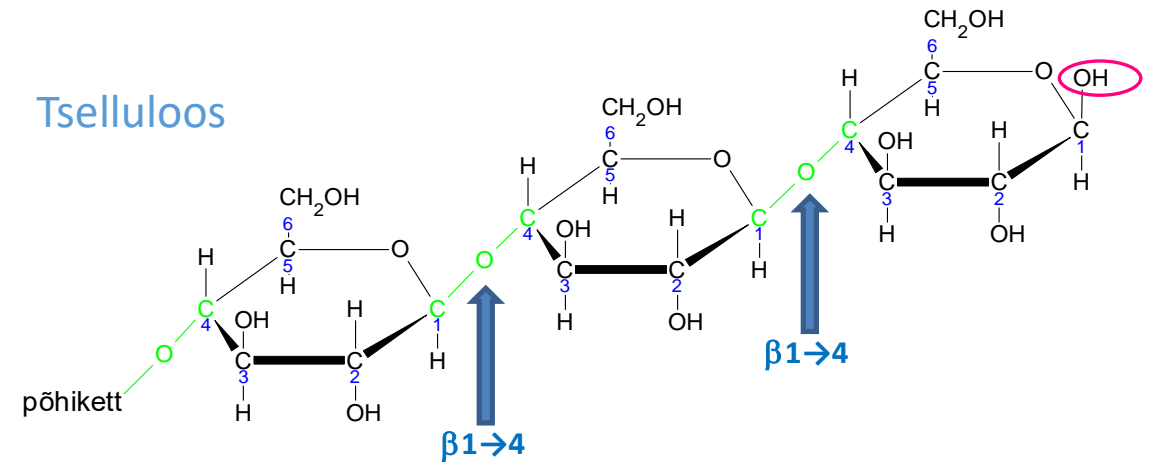
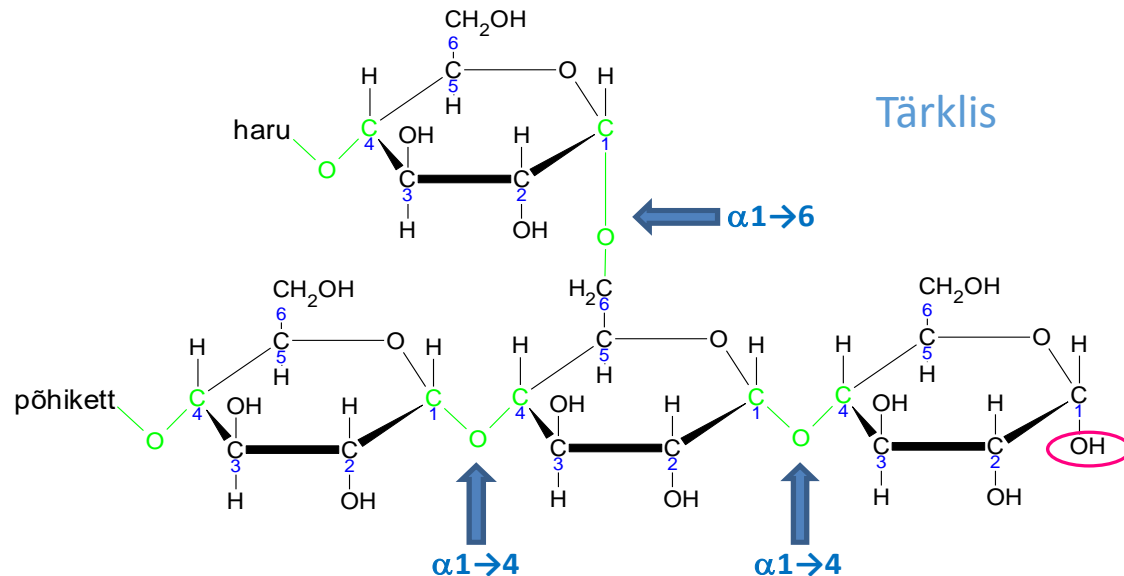
Süsivesinikud: vahepealse pikkusega oligomeerid

- Mitmest sellisest tsüklist saab kokku panna ka pikemaid ahelaid, sest moodustunud poolatsetaal saab edasi reageerida, kui läheduses on veel hüdroksüülrühmi.
 - ✓ Need hüdroksüülrühmad ei tohi aga paikneda sama molekuli küljes, siis tekiks ruumiliselt liiga kokku surutud ning energeetiliselt kahjulik struktuur.
 - ✓ Selle asemel reageerib poolatsetaal hoopis selle hüdroksüülrühmaga, mis sisaldub muu monosahhariidi koostises ning tulemuseks on nn atsetaali moodustumine

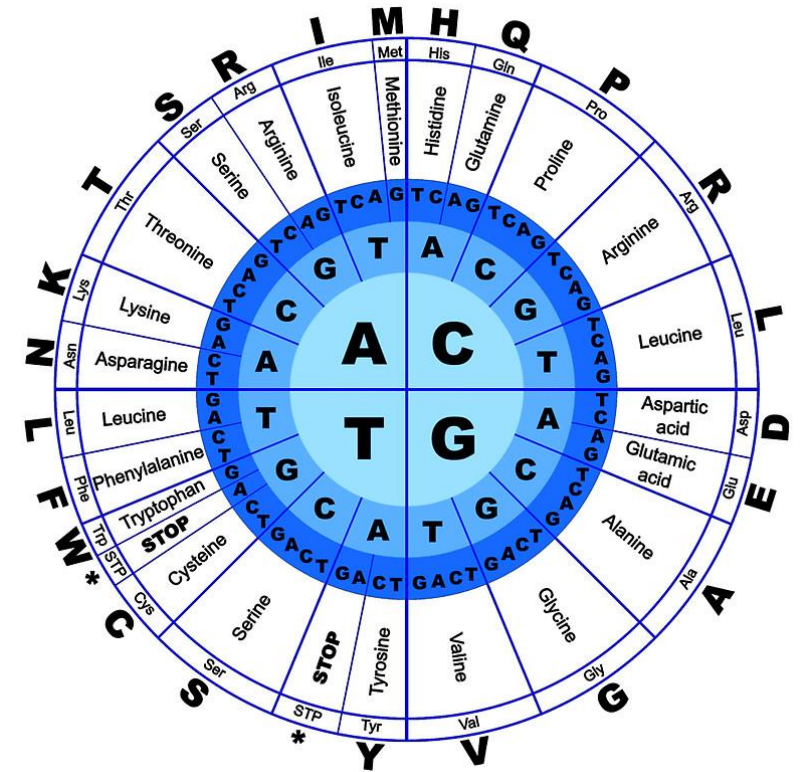


Süsivesikud: pikad ja lahustumatud polümeerid

- Paljudest monomeeridest moodustub polümeer
 - ✓ Kuna ühe monosahhariidijäägi küljes on tüüpiliselt mitu hüdroksüüli, siis võib sellest moodustuda ka hargnenud polümeer.
 - ✓ Organismis kiirendavad *O*-glükosiidsidemete teket spetsiaalsed katalüsaatorid (ensüümid), mis vastutavadki selle eest, millise struktuuriga di- või polysahhariid tekib.



Biomakromolekulid: nukleiinhapped (DNA, RNA)

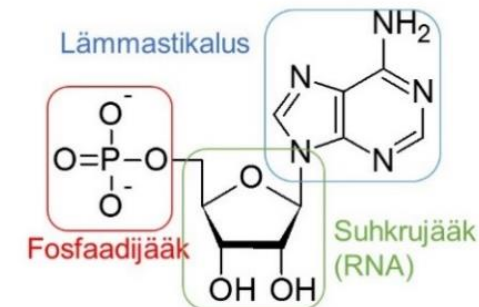
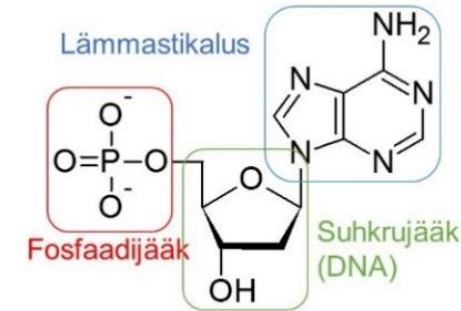
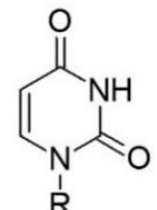
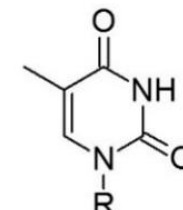
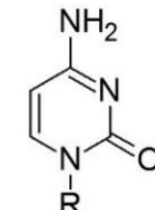
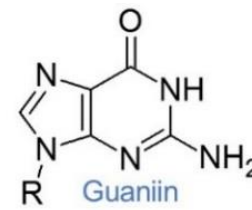
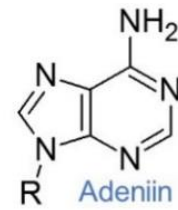


Monomeerid: nukleotiidid

- Nukleiinhapete ehitusüksusteks on nukleotiidid – süsinikust, vesinikust, lämmastikust, hapnikust ja fosforist koosnevad ühendid.

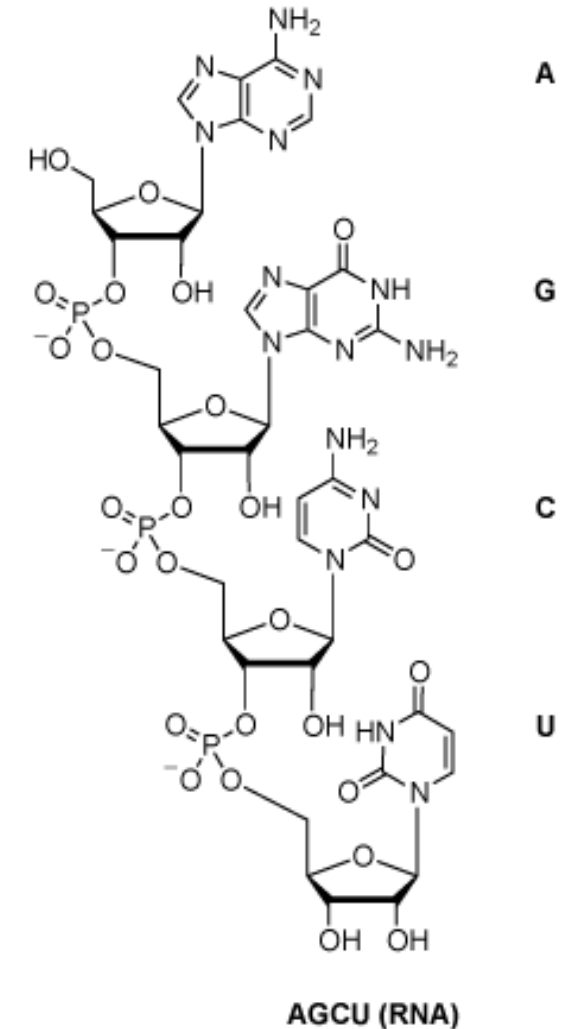
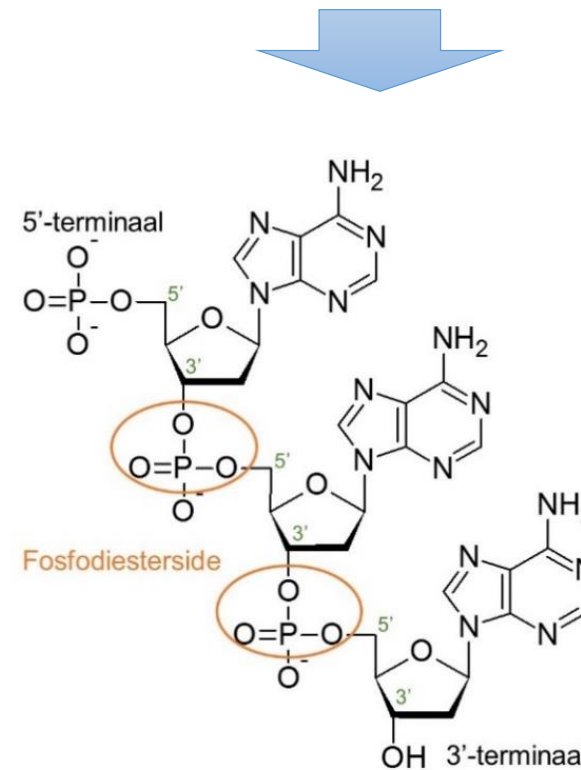
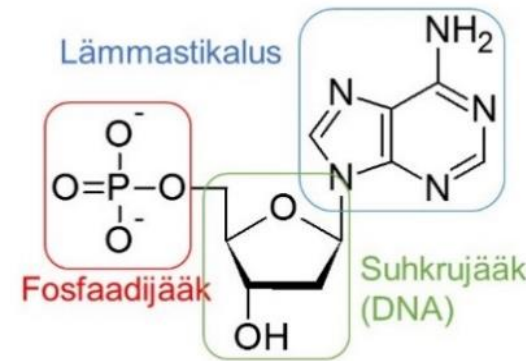
✓ Nukleotiidide ehituses on 3 fragmenti: suhkrujääk (D-riboos RNA või D-desoküriboos DNA puhul), millega on ühelt poolt seotud nn lämmastikalus ning teiselt poolt 1-3 fosfaadijääki.

- Lämmastikalused koosnevad kahest (adeniin, guaniin) või ühest (tümiin, tsütosiin, uratsiil) aromaatselt tsüklist.
- DNA koostisesse kuuluvad adeniin, guaniin, tümiin ja tsütosiin, RNA koostisesse aga adeniin, guaniin, uratsiil ja tsütosiin



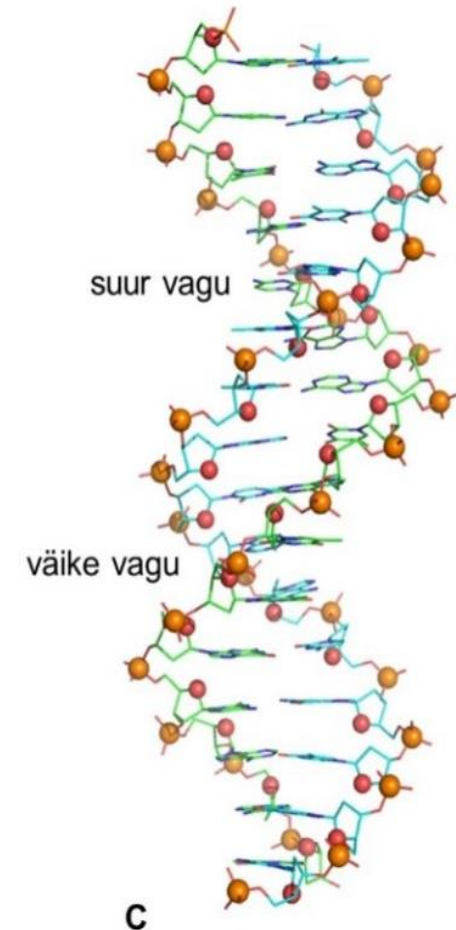
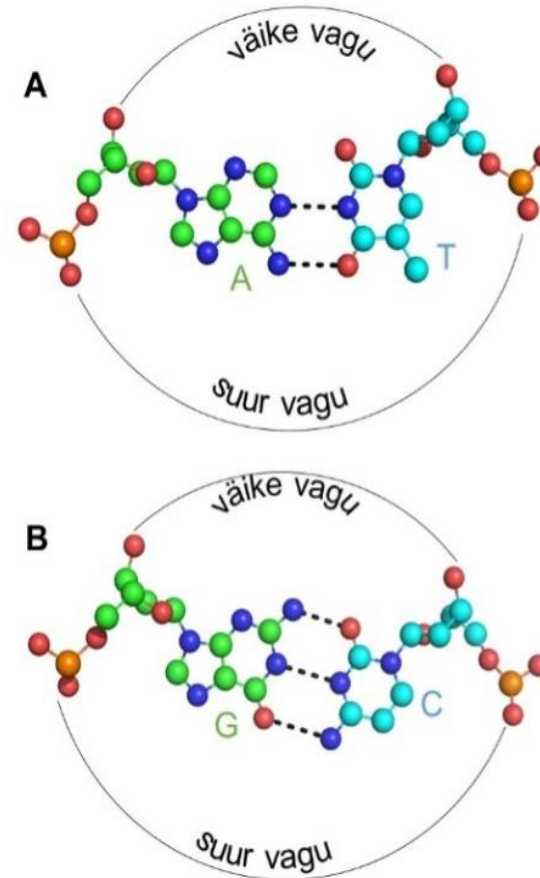
Ahela moodustumine

- Kahe nukleotiidi ühendamisel liidetakse ühe nukleotiidi suhkrujäägi 3'-asendis asuv hüdrosüülrühm teises nukleotiidis paikneva fosfaadijäägiga.
 - ✓ Reaktsiooni tulemusena tekib nn fosfodiesterside
 - ✓ DNA-ahela pikkus võib ulatuda miljardi nukleotiidini; RNA-ahelad on aga oluliselt lühemad.
- Nukleiinhappe koostisse kuuluvad fosfaadijäägid on füsioloogilise pH juures negatiivselt laetud, soodustades nukleiinhapete lahustumist vees.



Ruumiline struktuur: DNA

- DNA esineb organismis kaksikahelana
 - ✓ kaks DNA molekuli paiknevad kõrvuti ning on seotud omavahel rohkete vesiniksidemetega
 - ✓ Molekulide hüdrofoobsed lämmastikaluste osad on suunatud teineteise poole, suhkrujäägid ning fosfaatsillid aga väljapoole.
 - ✓ Lämmastikaluste funktsionaalrühmade vahel saavad tekkida vesiniksidemed
 - iga lämmastikalus moodustab vesiniksidemeid ainult kindla lämmastikalusega (**komplementaarsusprintsip**): C≡G ja A=T
- Ruumis ei paikne DNA kaksikahel ühel tasandil, vaid moodustab keerdunud spiraali – **biheeliksi**

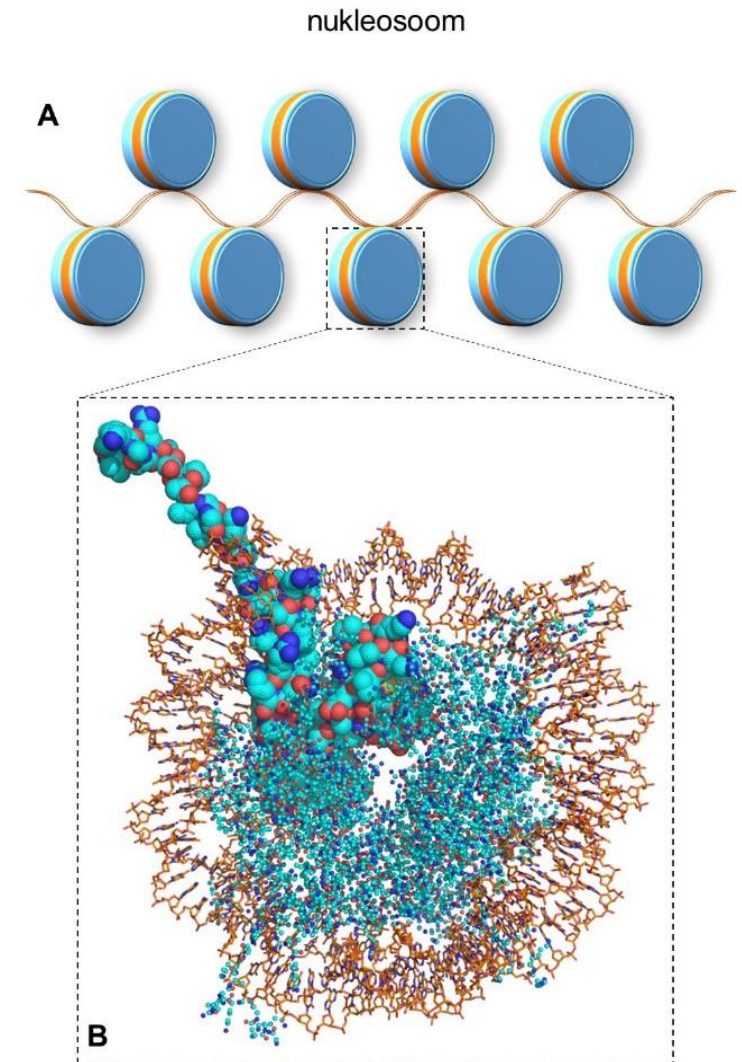


DNA 'säilitamine' rakutuumas

- Kuna iga keharaku tuum peab mahutama organismi kogu geneetilise komplekti, siis peab DNA esinema selles eriti kompaktsel kujul
 - ✓ Mis suurusjärgus oleks sellise DNA ahela pikkus, mille saaks kokku panna ühe inimese kõigis keharakkudes sisalduvast DNAST?
 - New Yorgis paikneva Empire State Building kõrgus ($4,43 \cdot 10^2$ meetrit)
 - Planeedi Maa raadius ($6,4 \cdot 10^6$ meetrit)
 - Keskmise vahekaugus Maa ja Kuu vahel ($3,9 \cdot 10^8$ meetrit)
 - Keskmise vahekaugus Maa ja Päikese vahel ($1,5 \cdot 10^{11}$ meetrit)
 - ✓ Lahendus:
 - 1 keharakus sisalduva genoomi pikkus: üle 1,5 m
 - Täiskasvanud inimese kehas on ca $3 \cdot 10^{13}$ rakku
 - DNA kogupikkus: $4,5 \cdot 10^{13}$ meetrit
 - NB! Me ei arvesta mitokondriaalset DNA-d ega soolestikus elavate bakterite DNA-d!

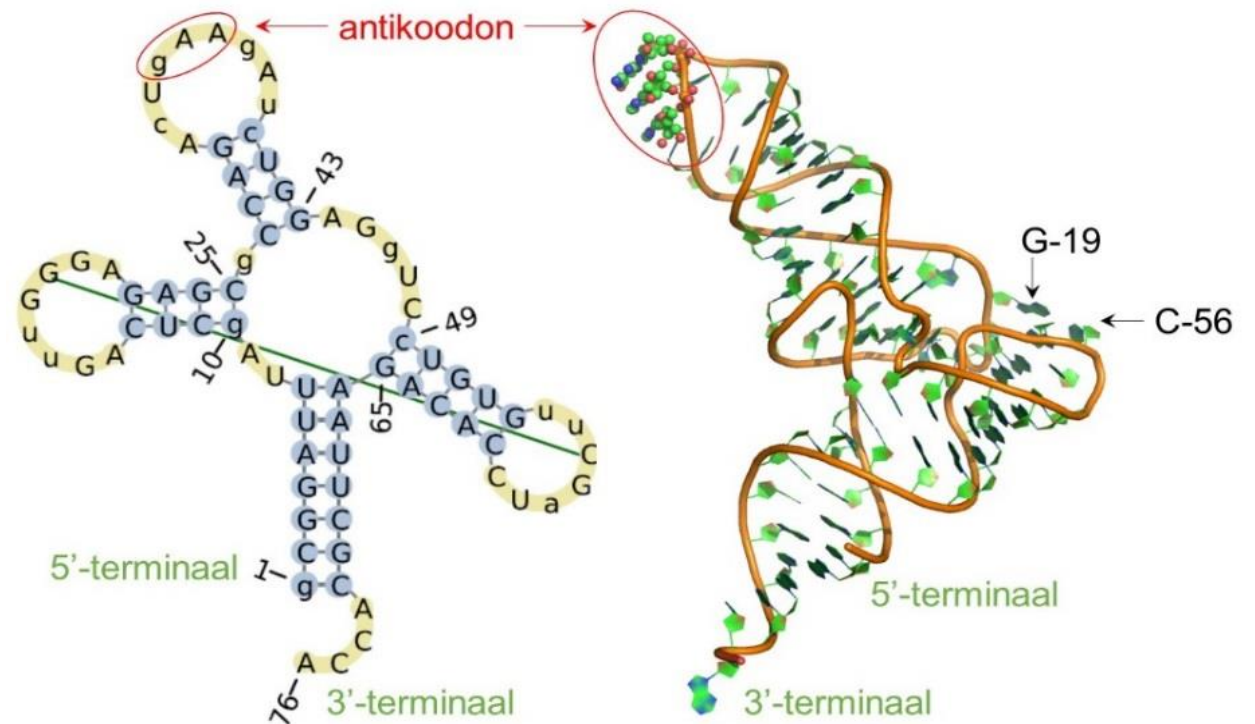
DNA 'säilitamine' rakutuumas

- Kuna iga keharaku tuum peab mahutama organismi kogu geneetilise komplekti, siis peab DNA esinema selles eriti kompaktsel kujul
- DNA biheeliks on omakorda veel keerdunud ümber spetsiaalsete valkude, millest suurema osa moodustavad histoonid.
 - ✓ Histoonid sisaldavad suures hulgas aminohappejääke, mis on füsioloogilise pH juures positiivselt laetud – seepärast annavad need hästi laeng-laeng vastasmõjusid negatiivselt laetud DNA-ga.
 - ✓ Histoonimolekulide oktameeri ja selle ümber keerdunud DNA-d nimetatakse **nukleosoomiks**



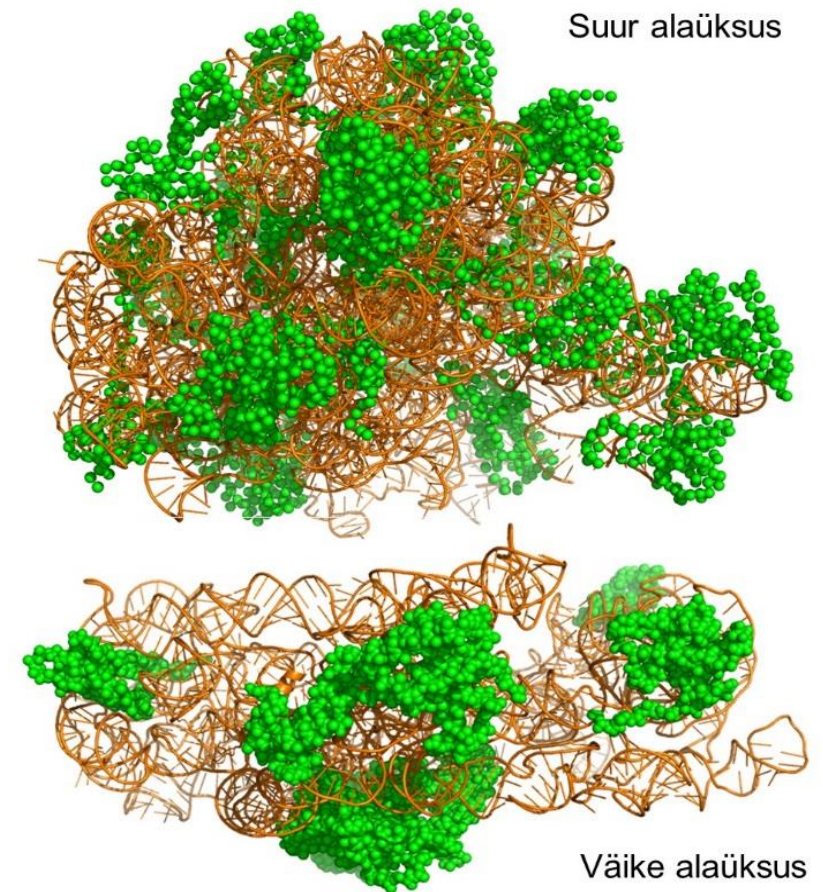
Ruumiline struktuur: RNA

- RNA on põhiliselt vahendajaks geneetilise info avaldamisel ning peab olema kättesaadav suhteliselt ajutiselt
 - ✓ Seetõttu pole organismidel vajadust hoolitseda ka RNA tiheda pakendamise pärast
- RNA sekundaarstruktuuris kehtib samuti komplementaarsusprintsip: $G \equiv C$ ja $A = U$
 - ✓ Erinevalt DNAST, moodustuvad H-sidemed **samasse** RNA molekuli kuuluvate nukleotiidijääkide aluspaaride osavõtul
 - ✓ Kuna samas molekulis ei pruugi lähedikkude paiknevad regioonid omada omavahel rangelt komplementaarseid pikemaid järjestusi, siis esineb RNA-s alasid, kus komplementaarne paardumine puudub
 - Tulemuseks on nn RNA-**aasade** teke

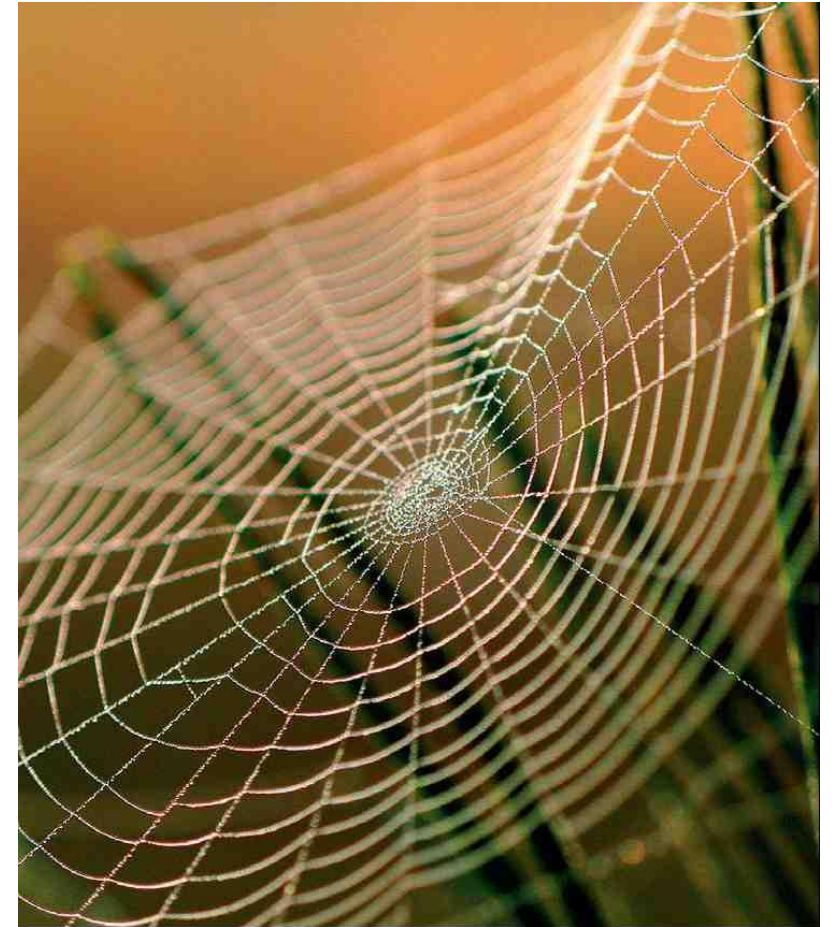


RNA liigid

- Informatsiooni-RNA (mRNA, ingl k *messenger RNA*): vahematriits informatsiooni ümberkirjutamisel DNA-lt valgu aminohappeliseks järjestuseks.
- Transport-RNA (tRNA): toob valkude ehituskivid (aminohapped) ribosoomile, kus need liituvad sünteesitava valguahelaga.
 - ✓ tRNA koosneb tavaliselt 73...93-st nukleotiidijärgist ning sisaldab 3 nukleotiidijärgist koosnevat antikoodon-järjestust ja ka 1 aminohappejääki
- Ribosomaalne RNA (rRNA): moodustab koos valkudega molekulaarseid komplekse, ribosome, milles toimub mRNA transleerimine aminohappeliseks järjestuseks.
 - ✓ Ribosoomi väike alaüksus: kompleks 1900 nukleotiidi pikkusest rRNA-järjestusest ning 33-st valgust
 - ✓ Ribosoomi suurem alaüksus: koosneb kolmest erineva suurusega rRNA-molekulist (kokku ~5000 nukleotiidi) ning ligikaudu 49-st valgust



Biomakromolekulid: valgud



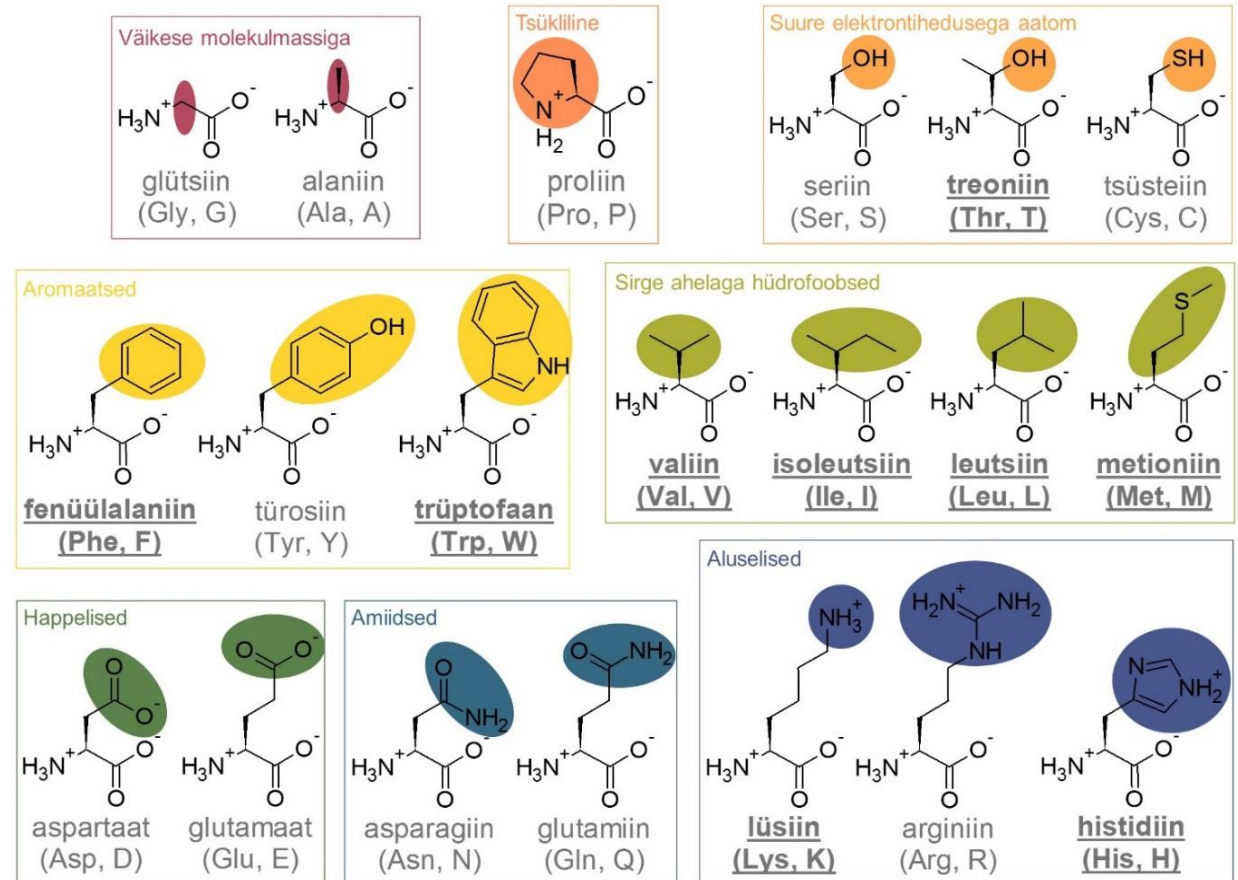
Valkude rollid organismis

- On olulisteks varu- ja toitaineteks
 - ✓ Kaseiin (piimavalk)
- Transpordivad aineid
 - ✓ Hemoglobiin (punaverelibledes)
- Osalevad liikumisvõime tagamises
 - ✓ Müosiin, aktiin (lihastes)
- Annavad struktuuri kudedele
 - ✓ Keratiin (juustes), fibroin (ämblikuvõrk)
- Võtavad vastu signaale keskkonnast
 - ✓ Retseptorid
- Reguleerivad organismide ainevahetust
 - ✓ Ensüümid

Suudavad täita kõiki neid ülesandeid tänu struktuursele mitmekesisusele

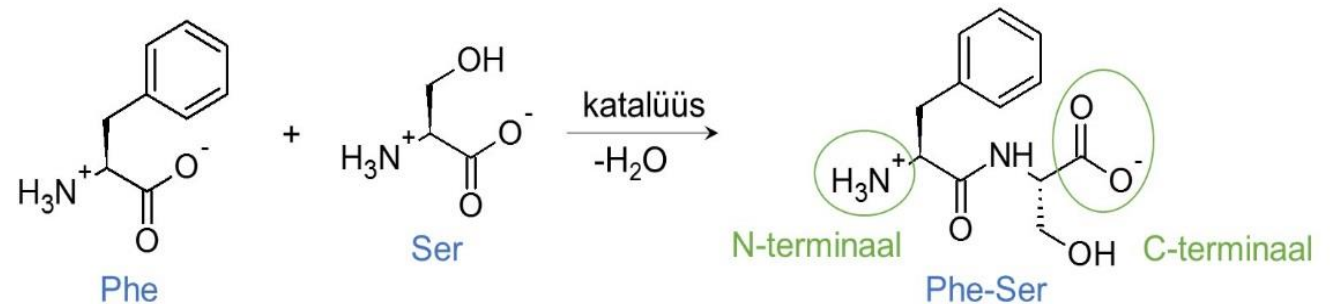
Mitmekeesisuse esmane aste: aminohapped

- Elusorganismide valkude koostises 20 põhiainohapet, mis on geneetiliselt kodeeritud DNA tasemel
 - ✓ Kõikides looduslikes aminohapetes on aminorühm ning karboksüürühm omakorda ühendatud ühe süsinikuaatomiga, mis moodustab **aminohappe „selgroo“**
 - ✓ Looduslike aminohapete ülejäänud osa (nn **külgahel**) võib olla väga mitmesuguse koostisega
- Füsioloogilise pH juures avalduvad samaaegselt nii aminorühma aluselised omadused kui ka karboksüürühma happelised omadused
 - ✓ aminorühm liidab endaga prootoni ning omandab positiivse laengu,
 - ✓ karboksüürühm seevastu loovutab prootoni ning saavutab negatiivse laengu



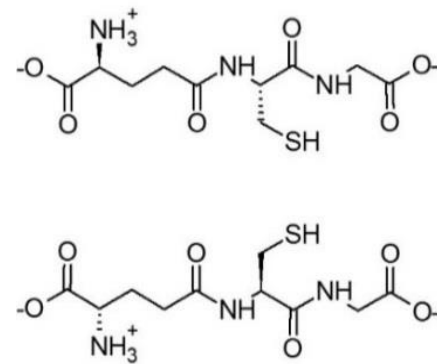
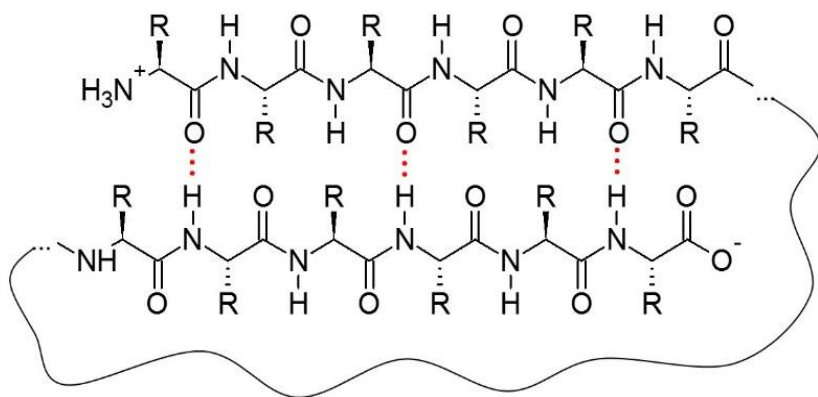
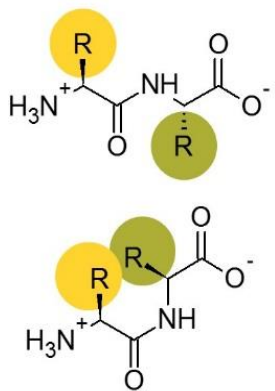
Ahela teke

- Valkude kokkupanemisel ühendatakse kindlas järjestuses (määratletud nukleiinhapete tasemel) ühe aminohappe karboksüül- ning teise aminohappe aminorühm
 - ✓ Tulemusena eraldub üks veemolekul ning kahe aminohappejäägi vahele tekib **peptiidside** (keemiliselt amiidside).
 - ✓ Kuigi mõningate looduslike aminohapete puhul esineb ka nende külghelates aminorühmi või karboksüülrühmi, ei osale need rühmad enamasti looduslike valkude ahelate moodustamisel.
 - St valguahel pikeneb „selgroo“ amino- ja karboksüülrühmade osavõtul

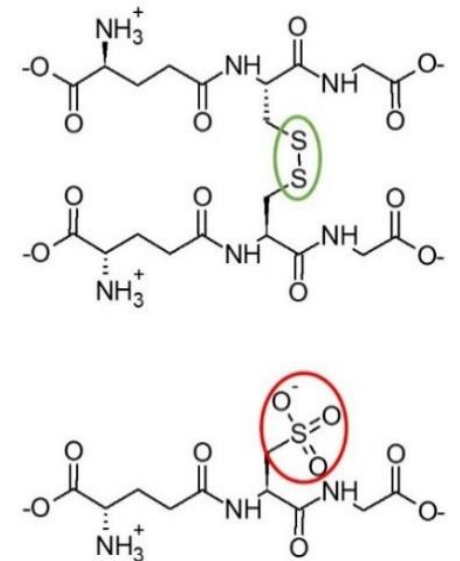


Valkude ruumiline kuju

- Valkude toimimise aluseks on mitte ainult aminohappeline koostis ja aminohapete järjekord, vaid ka valgumolekulide ruumiline kuju. Selle määramisel osalevad neli tegurit:
 - ✓ ruumiline takistus aminohappejääkide külghelate vahel,
 - ✓ mittekovalentsed vastasmõjud aminohappejääkide külghelate funktsionaalrühmade vahel,
 - ✓ peptiidsidemete võime moodustada omavahel vesiniksidemeid,
 - ✓ väävlisildade teke valgumolekuli koosseisu kuuluvate tsüsteiinijääkide külghelates sisalduvate –SH rühmade kaudu.



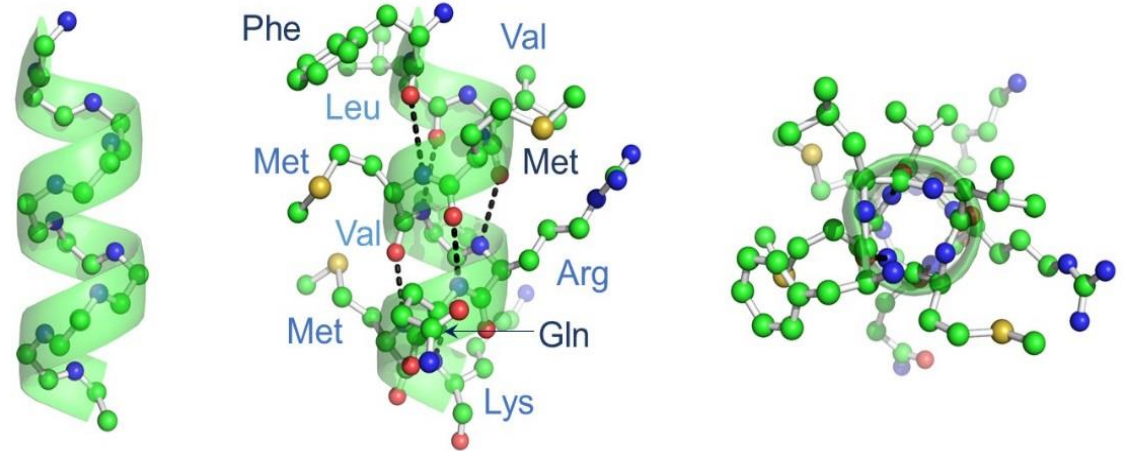
Oksüdeerija
Redutseerija



Tugev
oksüdeerija

Kõrgemat järku struktuurid: tase II

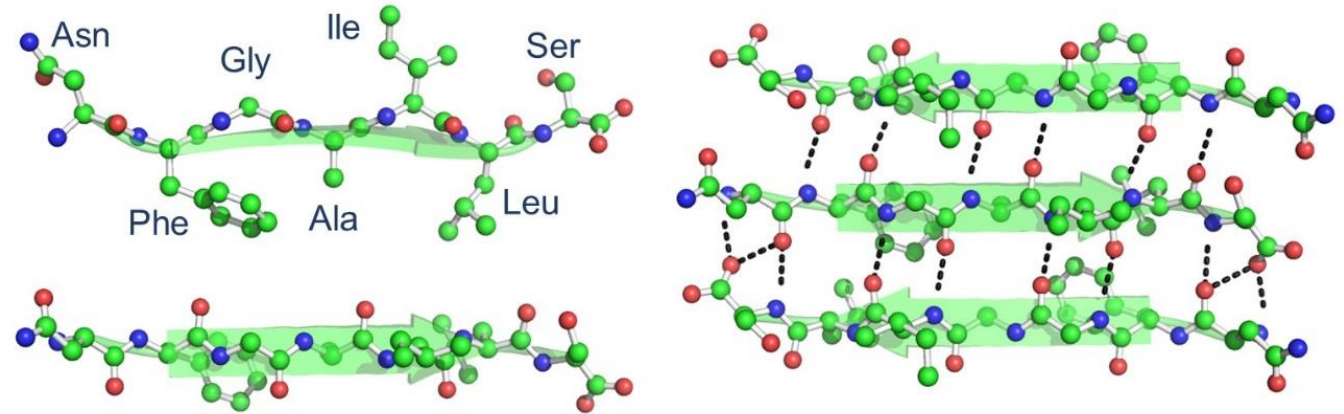
- Valgu ruumilises struktuuris leidub nii selliseid piirkondi, mis on suhteliselt korrastamata, kui ka neid, kus on lokaalselt jälgitav korrapära.



- α -heeliksi puhul paigutub valgu „selgroog“ ruumis nii, et moodustub spiraal.
 - ✓ α -heeliksi teevad energeetiliselt stabiilseks vesiniksidemed, mis tekivad spiraali moodustavate peptiidsidemete vahel; valgu aminohappejääkide külghelad on seejuures suunatud spiraalist väljapoole
 - ✓ Mahukate hüdrofoobsete külghelatega aminohappejääkidest koosnevad α -heeliksid on mitmete membraansete valkude (retseptorite) komponendid, kuna heeliksi mittepolaarne välispind võimaldab sellel sobivalt paigutada raku plasmamembraani hüdrofoobses sisemuses

Kõrgemat järku struktuurid: tase II

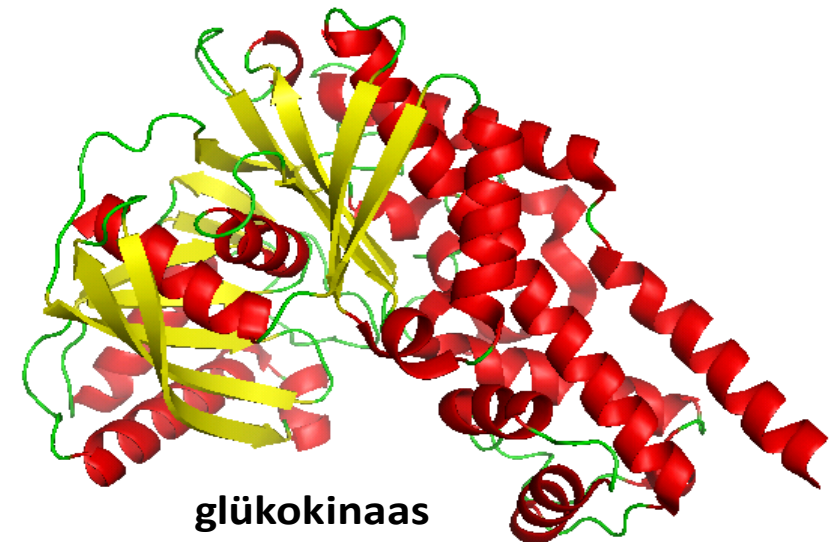
- Valgu ruumilises struktuuris leidub nii selliseid piirkondi, mis on suhteliselt korrastamata, kui ka neid, kus on lokaalselt jälgitav korrapära.



- Kui valgu primaarstruktuuris paiknevad üksteise järel mitu väikeste külghelatega aminohappejääki, tekib aga nn **β -pael**.
 - ✓ β -paelas moodustab valgu „selgroog“ volditud paberilehe (või sikksaki) taolise mustri ning aminohappejääkide külghelad paigutuvad siis vaheldumisi selle sikksaki alla või kohale.
 - ✓ β -paelad paigutuvad ühe valgumolekuli sees sageli hästi üksteise kõrvale, stabiliseerides üksteist omavaheliste vastasmõjude kaudu: tekib nn **β -leht**
 - β -lehtede poolest rikas on näiteks ämblikuvõrke ja siidiusside kookoneid moodustav looduslik materjal siid: selles vahelduvad β -lehtede kogumid ja ruumilist korrapära mitteomavad valguahelad, tagades samaaegselt siidi paindlikkust ja vastupidavust

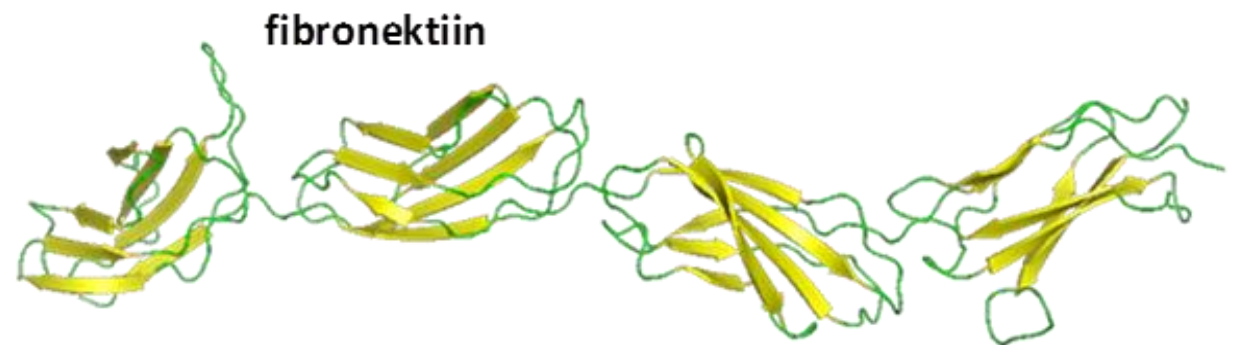
Kõrgemat järku struktuurid: tase III

- Valgu tertsiaarstruktuur on ühest valgu molekulist koosnev ruumiline tervik, mis hõlmab endasse antud valgu molekuli piires leiduvaid sekundaarstruktuure ning korrastamata piirkondi.
- Keraja kujuga **globulaarsed** valgud on enamasti need, mis katalüüsivad organismis reaktsioone (ensüümid) või vastutavad ainete transpordi eest
 - ✓ Molekuli sügavuses luuakse unikaalne keskkond, mis erineb ümbritsevast lahusest
 - ✓ Globulaarsetes valkudes esineb enamasti nii mitmeid α -heelikseid, β -paelu kui ka korrastamata piirkondi.
 - ✓ Tänu kompaktsale struktuurile lahustuvad globulaarsed valgud hästi vees.



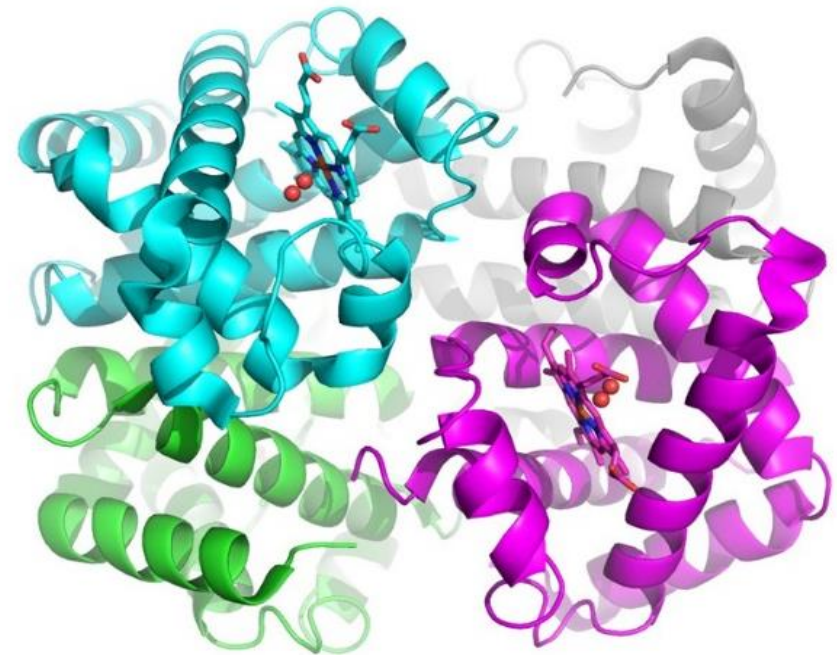
Kõrgemat järku struktuurid: tase III

- Valgu tertsiaarstruktuur on ühest valgu molekulist koosnev ruumiline tervik, mis hõlmab endasse antud valgu molekuli piires leiduvaid sekundaarstruktuure ning korrastamata piirkondi.
- Niitja kujuga **fibrillaarset** struktuuri omavad aga enamasti need valgud, mis täidavad organismis struktuurset rolli või on seotud liikumisvõime tagamisega.
 - ✓ Seejuures võib fibrillaarne struktuur tekkida nii nendes valkudes, kus on kõrge α -heeliksi osakaal kui ka nendes, kus on rohkesti β -lehti.
 - ✓ Fibrillaarsete valkude molekulid loovad sageli omavahel intensiivseid kontakte, tekitades vees lahustumatuid pikki ahelaid.



Kõrgemat järku struktuurid: tase IV

- Valkude kvaternaarstruktuur kujutab endast kompleksit mitmest valgumolekulist (nn **alaüksusest**), kus omavahel on vastasmõjus lähestikku paiknevate valgumolekulide aminohappejääkidele kuuluvad külghelad.
- Fibrillaarsete valkude puhul teeb mitme valgumolekuli kaasamine kompleksisse konstruktsiooni mehhaaniliselt vastupidavaks ning vähendab lahustuvust vees
 - ✓ Nii on valkude agregeerumine oluline vere hüübimisel
- Globulaarsete valkude puhul aitab kvaternaarstruktuuri omamine täita organismis teatud ülesandeid, mille puhul on vajalik kooskõlaline tegevus mitme alaüksuse vahel
 - ✓ Nt hemoglobiini kvaternaarstruktuuri kuuluvad 4 alaüksust, millest igaüks on võimeline siduma endaga 1 hapnikumolekuli
 - ✓ Tihedad kontaktid alaüksuste vahel lubavad neil sünkroonselt siduda või vabastada seotud gaasimolekuli, muutes organismis gaasivahetuse efektiivsemaks ning kiiremaks

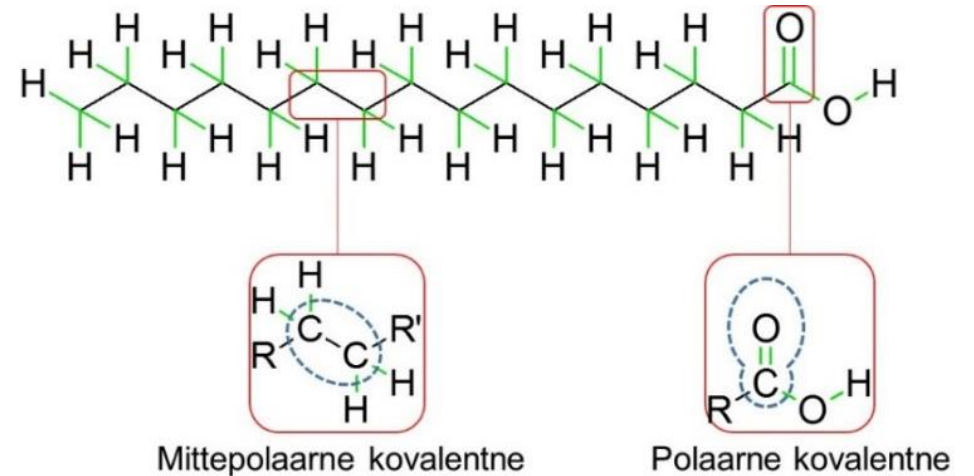


Biomakromolekulid: lipiidid



Hüdrofoobsus

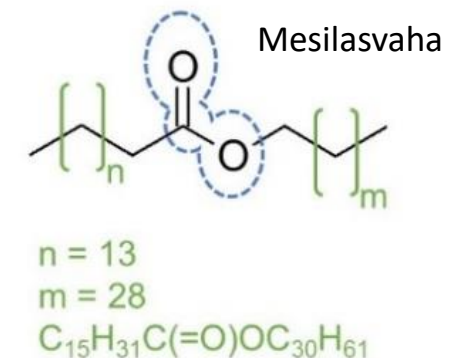
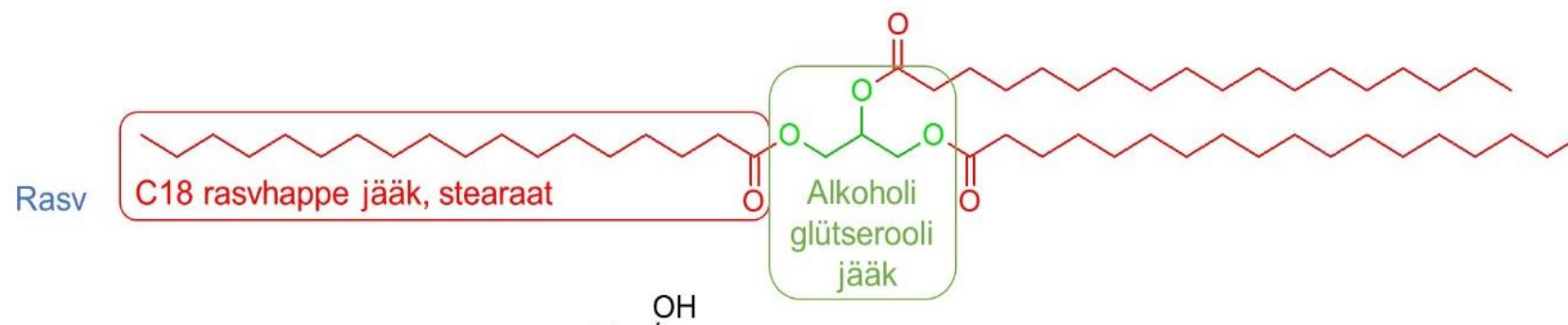
- Erinevalt teistest biomakromolekulidest, mis eristuvad üksteisest põhisliste sisalduvate funktsionaalrühmade alusel, on **lipiidide** aineklass defineeritud omaduse kaudu, milleks on hüdrofoobsus.
 - ✓ Lipiidid sisaldavad põhiliselt C-C ja C-H sidemeid, on vähepolaarsed ega lahustu seetõttu vees.
 - ✓ Lipiide võib omakorda jagada kahte suurde rühma, lähtudes sellest, kas on tegemist nn **rasvhapete estritega** või mitte.
- Lipiidide funktsioonid ongi seotud põhiliselt sellega, et need ei lahustu vees ega segune veega.
 - ✓ Näiteks katavad hüdrofoobsed vahad lindude sulgi, kaitsmaks neid märgumise eest, aga ka taimelehti, takistades vee liigset aurumist taimest lehtede kaudu.
 - ✓ Vedelas olekus lipiidid on ka headeks lahustiteks hüdrofoobsetele ainetele, nt teatud vitamiinidele.
- Lisaks on rasvad olulised energiasalvestitena, sest võrreldes valkude ja süsivesikutega, saab rasvade täielikul oksüdeerimisel massiühiku kohta rohkem energiat.



Rasvhapped on pika süsinikahelaga hargnemata molekulid, milles on paarisarv süsinikuaatomeid (enamasti 12-20) ning üks karboksüülrühm.

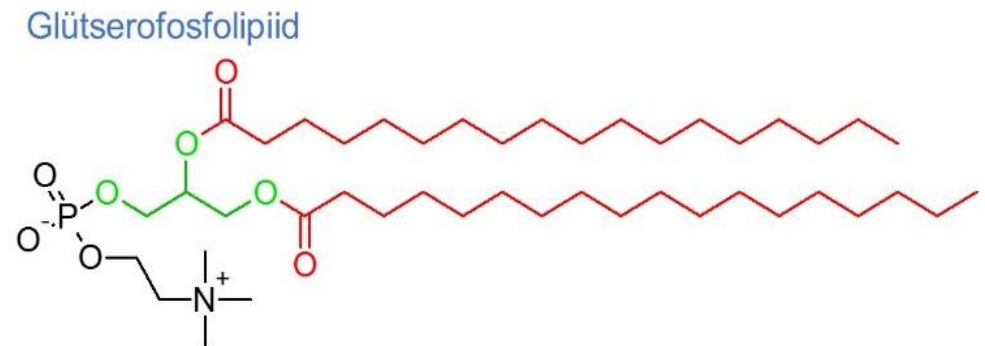
Rasvad ja vahad

- **Rasvad** moodustuvad rasvhapete ja **glütserooli** vahelisel reaktsioonil, seejuures kulub rasva moodustumiseks ühe glütserooli molekuli kohta kolm rasvhappemolekuli.
 - ✓ Rasvade sulamistemperatuur sõltub sellest, kas neid moodustanud rasvhappejäägid sisaldavad kaksiksidemeid või mitte.
 - Looduslikes rasvhapetes esinevad kaksiksidemed muudavad rasvhappejääke rasva molekulis halvemini „pakitavateks“ kui üksiksidemetega ahelad.
 - Tulemuseks on molekulidevaheliste vastasmõjude nõrgenemine ning sulamistemperatuuri langus.
 - Toatemperatuuril vedelaid rasvu nimetatakse õlideks.
- **Vahad** moodustuvad siis, kui rasvhappega reageerib alkohol, mis sisaldab samuti pikka hargnemata süsinikahelat



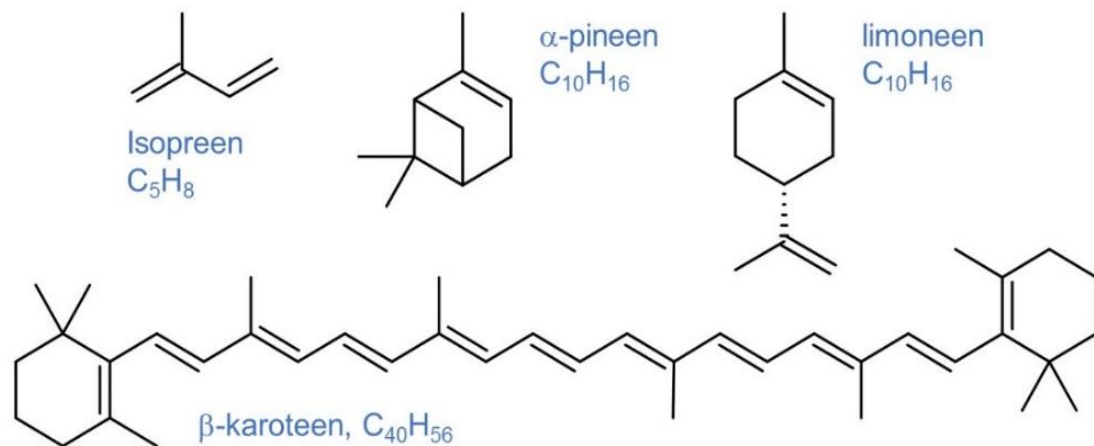
Hüdrofoobne saba, hüdrofiilne pea

- Mõningate rasvhapete estrite klassi kuuluvate lipiidide unikaalsus seisneb selles, et nende molekulis on nii hüdrofoobseid kui hüdrofiilseid osi.
- **Glütserofosfolipiidides** on glütserool ühendatud kahe rasvhappejäägiga, glütserooli kolmas hüdroksüülrühm on aga ühendatud üle fosfaatsilla (meenutame fosfodiesterisid nukleiinhapete koostises!) lühikese ahelaga alkoholiga (nn koliin)
 - ✓ Seega kannab glütserofosfolipiidide hüdrofiilne osa laengut, mis lubab nende molekulidel vesikeskkonnas veemolekulide suhtes sobivalt orienteeruda.
 - ✓ Seetõttu ongi glütserofosfolipiidid põhiliseks komponendiks rakkude plasmamembraanide kaksikkihi koostises



Terpeenid

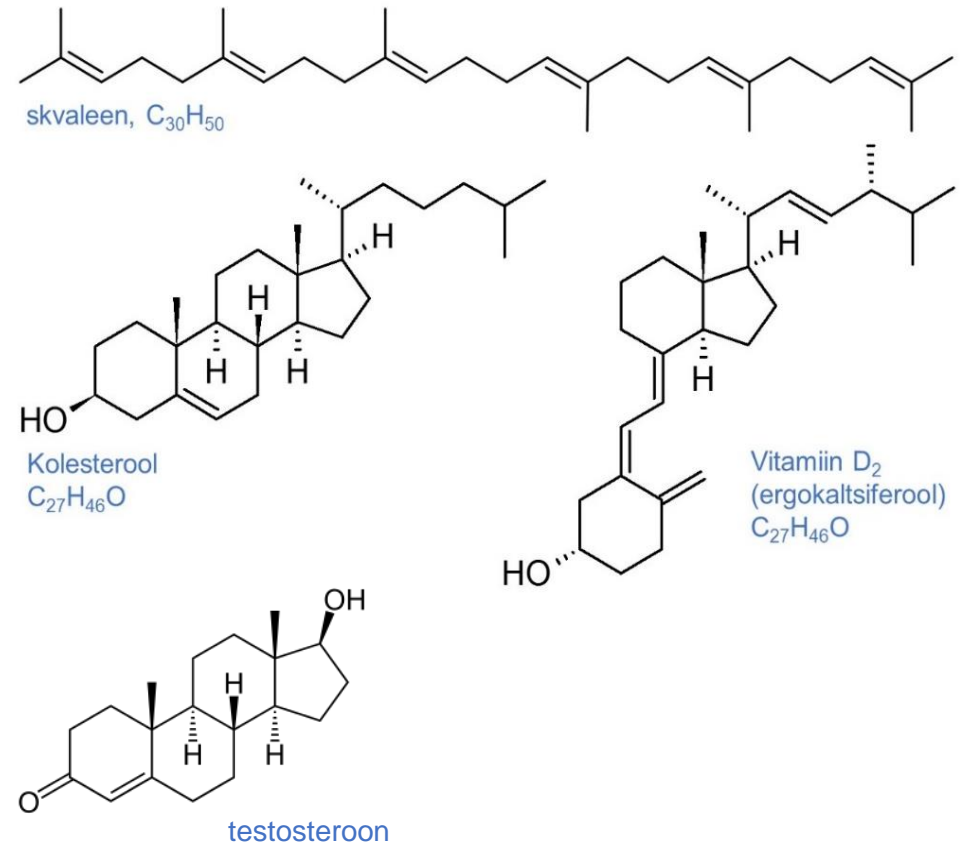
- **Terpeenid** on süsiniku ja vesiniku aatomitest koosnevad lipiidid, mille hulka kuuluvad nii väikese molekulmassiga ühendid kui ka pikema struktuuriga molekulid.
 - ✓ Väikese molekulmassiga lenduvad terpeenid koosnevad summaarse valemi alusel korduvatest **isopreeni** ühikutest (summaarne valem C_5H_8).
 - Selliste terpeenide hulka kuuluvad näiteks **vaikude** ning tugeva lõhnaga **eeterlike õlide** komponendid
 - ✓ Pikemate terpeenide struktuuris on sarnasus isopreeniga paremini jälgitav, kuid nende brutovalem ei pruugi olla isopreeni brutovalemiga kordne
 - Selliste ühendite hulka kuuluvad tuntud pigmendid **karotenoidid**, **vitamiin A** ning ka looduslik **kautšuk**



Rohkelt kaksiksidemeid sisaldavad süsteemid neelavad nähtavat kiirgust (elektronid ergastatakse kõrgemale orbitaalile), mistõttu näeme neid värvilisena

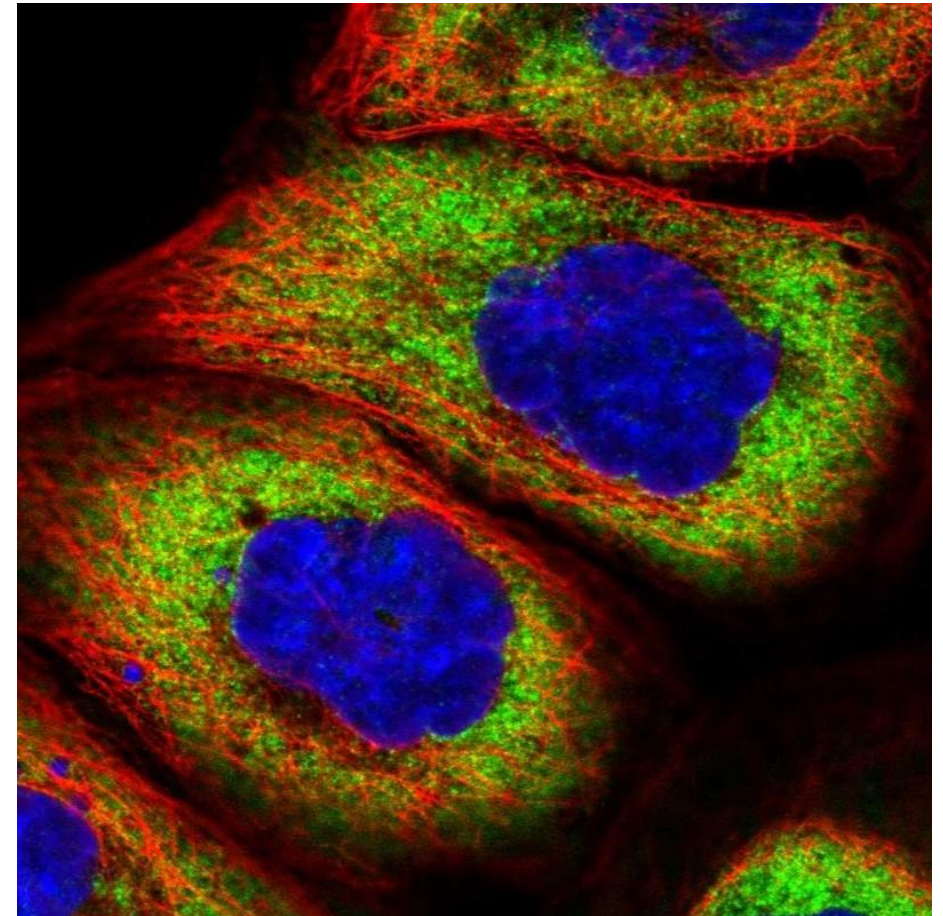
Steroidid

- Pikemast terpeenist nimega skvaleen „volditakse“ organismides kokku veel ühte lipiidide klassi, **steroide**.
 - ✓ Steroidid on tüüpiliselt nelja mitte-aromaatse tsükliga lipiidid, kusjuures neljast tsüklist kolm on 6-süsinikulised ning üks 5-süsinikuline.
 - ✓ Lisaks süsinikule ja vesinikule sisaldavad steroidid sageli hapnikuaatomeid (kas hüdroksüülrühma või ketooni kujul).
 - Üks levinumaid steroide on **kolesterool**, mis on raku plasmamembraani koostisosaks.
 - Kolesteroolist sünteesitakse organismis ka kõik teised steroidid, mille hulka kuuluvad mitmed **hormoonid** ning **vitamiin D** (selles on üks steroididele omastest tsüklitest „lahti harutatud“).



Kokkuvõte

- Aatomite elektronkatte ümberpaigutumise määr molekuli tekkimisel 3D-ruumis määrab selle molekuli omadusi.
- Molekulidevahelised vastasmõjud ja paigutus molekulide kogumis määravad nendest koosneva materjali omadusi.
- Esmalähenduses võibki elusrakku ette kujutada kui tervikut, mis moodustub erinevate omadustega materjalidest.
 - ✓ Tuleks aga arvestada, et kõigil nendel materjalidel on võime teatud signaalide toimel mõningal määral pöörduvalt muutuda (nt muuta ruumilist struktuuri)
 - see tagab raku adekvaatse reageerimise keskkonna muutustele ning on aluseks elu omadustele



Aitäh!