

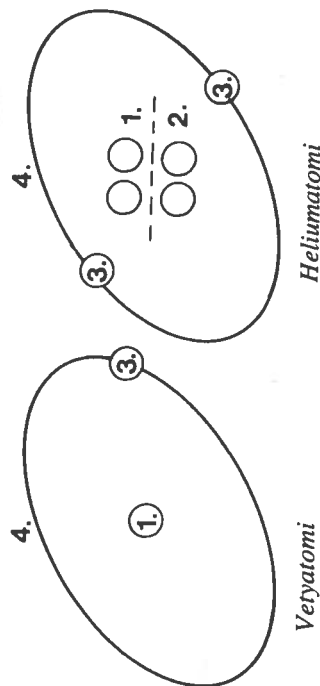
# EPÄORGAANINEN KEMIA

## AINEEN RAKENNE

### Atomit

Aineen rakenneyksikkönä on atomi, joka muodostuu ytimestä ja sen ympärillä liikkuvista elektroneista. Ydin muodostuu protoneista, joilla on positiivinen sähkövaraus, ja neutroneista, joilla ei ole lainkaan varausta. Protonien varausten johdosta koko atomin ytimellä on positiivinen varaus. Ytimessä olevien protonien lukumäärä ilmaisee atomin järjestysluvun. Protonien ja neutronien yhteenlaskettu lukumäärä ilmaisee atomin massaluvun.

Elektronit kiertävät atomin ydintä radoilla, joita kutsutaan elektronikuoriksi. Jotkut elektronit liikkuvat kauempana ytimestä kuin toiset. Tästä johtuu, että elektronit voidaan luokitella myös energiansa mukaan. Näin kullakin elektronikuorella liikkuvilla elektroneilla on oma energiatasonsa, jotka numeroidaan ytimeä alkaen luvuilla 1...7.



Kuva 36.  
Atomin  
rakenne.

Kuvaan on merkitty atomin osat:

1. protonit, sähkövaraus +
2. neutronit, varaukseton
3. elektronit, sähkövaraus -
4. elektroniverho

Jokaisessa atomissa on yhtä monta elektronia kuin saman atomin ytimessä on protoneita. Elektronit jakautuvat elektronikuorille tietyn järjestelmän mukaan. Atomin ja niistä muodostuneen alkuaineen kemialliset ominaisuudet määräytyvät sen mukaan, miten elektronit sijoittuvat elektronikuorille. Ulkokuoren elektronien lukumäärällä on tärkein merkitys atomin kemiallisille ominaisuuksille. Ulkokuorella olevia elektroneja sanotaan ulkoelektroneiksi. Niitä voi aineen atomissa olla enintään kahdeksan kappaletta.

### Alkuaineiden järjestelmä

Alkuaineita tunnetaan yli sata. Kullekin alkuaineelle on tyypillistä, että sen atomin ytimessä on juuri sille alkuaineelle ominainen määrä protoneita. Alkuaineet voidaan luetella peräkkäin protonien määrän eli alkuaineen järjestysluvun mukaan (1...107). Kun jono katkaistaan aina uloimman elektronikuoren täytyttyä elektroneista ja asetetaan osat allekkain, saadaan taulukko, jota sanotaan alkuaineiden jaksolliseksi järjestelmäksi.

Vaakasuorat rivit ovat jaksoja, jotka vastaavat elektronikuoria. Ensimmäisellä vaakarivillä ovat alkuaineet, joiden atomien elektronit ovat sijoittuneet ensimmäiselle energiatasolle eli elektronikuorelle. Toisella vaakarivillä ovat alkuaineet, joiden elektronit ovat sijoittuneet ensimmäiselle ja toiselle kuorelle, siis kahdelle eri energiatasolle. Kolmannen rivin alkuaineiden atomit sijaitsevat kolmella eri energiatasolla. Jaksoja on yhteensä seitsemän.

Pystysarakkeet ovat ryhmiä, jotka numeroidaan taulukosta ilmenevällä tavalla. Siten samaan ryhmään kuuluvat ne alkuaineet, jotka ovat allekkain. 1 A-ryhmän alkuaineiden atomeilla on yksi ulkoelektroni. 2 A-ryhmässä on atomeilla kaksi ulkoelektronia. Ryhmän 3 B alkuaineiden atomeilla on kolme ja viimeisessä ryhmässä kahdeksan ulkoelektronia.

Eräillä ryhmillä on oma nimityksensä. Siten 1 A-ryhmän metalleja (Li, Na, K, Rb, Cs, Fr) sanotaan alkali metalleiksi. Niiden yksi ulkoelektroni määrää näiden alkuaineiden kemialliset ominaisuudet. Ryhmän 7 B alkuaineita sanotaan halogeeneiksi, joilla on seitsemän ulkoelektronia. Viimeisen ryhmän alkuaineet ovat yhteiseltä nimeltä

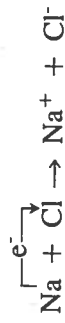
tään jalokaasuja, joiden ulkokehällä on täysi määrä eli kahdeksan elektronia. Metallien, epämetallien ja puolimetallien sijoittuminen jaksolliseen järjestelmään käy ilmi kuvasta. Niitä metalleja, jotka sijaitsevat ryhmien 2 A ja 3 B välissä edellä mainitut pois laskien, sanotaan siirtymämetalleiksi eli raskaiksi metalleiksi. Jaksollisen järjestelmän taulukko on liitteenä.

### Kemiallisten yhdisteiden muodostuminen

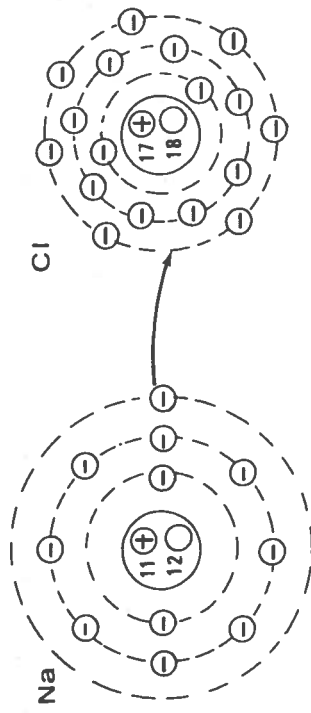
Jalokaasut ovat elektronirakenteensa johdosta hyvin passiivisia alkuaineita. Ne esiintyvät luonnossa yksittäisinä atomeina reagoimatta muiden atomien kanssa. Sen sijaan monet atomit liittyvät yhteen alkuaineissa ja kemiallisissa yhdisteissä ulkoelektroniansa avulla. Atomien sitoutuminen toisiinsa voi tapahtua eri tavoin riippuen lähinnä atomien uloimman elektronikuoren rakenteesta. Näin muodostuu atomeita yhdistäviä eri tyyppisiä kemiallisia sidoksia. Useissa tapauksissa sidosten muodostuminen selitetään atomien pyrkimykseksi täydentää ulkoelektronikuori valmiiksi siten, että atomissa on uloimmalla elektronikuorella kahdeksan elektronia. Atomit pyrkivät tähän tilaan luovuttamalla tai vastaanottamalla ulkoelektroneja.

Kun atomi luovuttaa elektronin kokonaan toiselle atomille, joka ottaa elektronin vastaan, muodostuu näiden atomien välille ionisidos. Tästä esimerkkinä on natrium, joka luovuttaa elektronin kloorille. Sidoksen muodostuminen selittyy siten, että natrium saavuttaa kahdeksan elektronin ulkokuoren luovuttamalla kolmannelta elektronikuorelta sen ainoan elektronin pois. Samalla kloori saa uloimmalle elektronikuorelleen kahdeksan elektronin ryhmittäytyksen.

Kun natriumatomi luovuttaa elektronin, tulee natriumatomista positiivinen natriumioni. Kun klooriatomi ottaa vastaan elektronin, tulee klooriatomista negatiivinen kloori-ioni. Kaavassa  $e^-$  tarkoittaa elektronia.

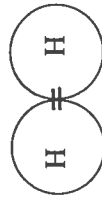


Elektronin siirtymässä muodostuu positiivisia ja negatiivisia ioneja, joiden välille syntyy sähköinen vetovoima, joka liittyy ionit toisiinsa. Ruokasuola eli natriumkloridi on esimerkki ioneista rakentuneista yhdisteistä.



Kuva 37. Ionisidoksen muodostuminen.

Kun atomit yhdistyvät toisiinsa siten, että ne luovuttavat elektroneja toisilleen yhteisiksi, ei siis kokonaan, syntyy atomien välille kovalenttisidos. Tästä esimerkkinä on kahden vetyatomin yhdistymisen vetymolekyyliksi. Vetyatomit lähestyvät toisiaan ja kummankin atomin elektronit sijoittuvat elektronikuorien kosketuskohtaan muodostaen yhteisen elektroniparin sidokseksi atomien välille. Näin on syntynyt yksinkertainen sidoselektronipari, joka yhdistää kaksi vetyatomia vetymolekyyliksi,  $\text{H}_2$ .



Kahden klooriatomin välille muodostuu samanlainen sidos, kun kummankin atomin yksi ulkoelektroni muodostaa atomeja yhdistävän elektroniparin. Näin kahdesta klooriatomista syntyy kloorimolekyyl.

Kovalenttisidos voi syntyä myös kahden eri aineen atomin välille. Vety ja kloori voivat yhtyä vetykloridiksi eli suolahapoksi  $\text{HCl}$ . Tällöin yhteinen elektronipari syntyy siten, että vety ja kloori kumpikin luovuttavat yhden ulkoelektronin yhteiseksi sitomaan atomeita suolahappomolekyyliksi. On havaittu, että klooriatomi vetää enemmän puoleensa yhteistä sidoselektroniparia kuin vetyatomi. Sidoselektronipari siirtyy näin lähemmäksi klooriatomia. Molekyylin tulee tästä syystä pieni sähkövaraus siten, että klooriatomin puolella on vallitsevana negatiivinen ja vetyatomien puolella positiivinen varaus. Sanotaan, että muodostunut suolahappomolekyyl on polaarinen. Sen toisessa päässä on positiivinen ja toisessa negatiivinen kohtio.

Jos atomit liittyvät toisiinsa kahden elektroniparin (4 kpl elektroneja) avulla, on kyseessä kovalenttinen kaksoissidos. Esimerkkinä on kahden happiatomin yhtyminen happimolekyyliksi  $O_2$ .

Typimmolekyylissä  $N_2$  sitoo atomeita kolme elektroniparia. Kyseessä on kolmoissidos.

Tavallisia kovalenttisisidoksien avulla muodostuneita yhdisteitä ovat edellä mainittujen lisäksi vesi  $H_2O$ , hiilidioksidi  $CO_2$ , rikkiidioksidi  $SO_2$ , ammoniakki  $NH_3$  ja metaani  $CH_4$ .

## Ionit

Metalleista muodostuu positiivisia ioneita eli kationeja metalliatomien luovuttaessa elektroneja. Epämetalleista syntyy negatiivisia ioneja eli anioneja, kun epämetallien atomit ottavat vastaan elektroneja.

Kationeja:	Anioneja:
$Na^+$	$Cl^-$ kloridi-ioni
$K^+$	$I^-$ jodidi-ioni
$Ca^{2+}$	$S^{2-}$ sulfidi-ioni
$Mg^{2+}$	
$Al^{3+}$	
$Fe^{2+}$	
$Fe^{3+}$	
$Zn^{2+}$	

Kun vetyatomi luovuttaa elektronin, syntyy vetyatomista vetyioni eli protoni  $H^+$ .

Ionit voivat olla myöskin eri alkuaineiden atomeista muodostuneita ryhmiä:

$NO_3^-$	nitraatti-ioni
$SO_4^{2-}$	sulfaatti-ioni
$PO_4^{3-}$	fosfaatti-ioni
$CO_3^{2-}$	karbonaatti-ioni
$NH_4^+$	ammoniumioni

Kationien varaus kuvataan merkillä + ja anionien merkillä -. Jos kationin varaus on  $2+$ , se tarkoittaa, että atomi on luovuttanut kaksi elektronia pois. Ionien ytimeen jää silloin kaksi protonia, joille ei ole vastikkeena kahta elektronia. Tästä syystä syntyy ioni, jolla on positiivinen varaus. Vastaavasti anioni, jonka varaus on  $2-$ , on saanut kaksi elektronia, jotka aiheuttavat anionin negatiivisen varauksen.

Kasveille käytökelpoiset ravinteet ovat maassa pääasiassa ione muodossa. Ionin sähkövarauksesta riippuu, miten ionit kiinnittyvät maahan. Koska maahiukkasilla on negatiivinen varaus, ne vetävät puoleensa positiivisia kationeja. Sen sijaan negatiivisesti varautuneet anionit jäävät maassa olevaan veteen.

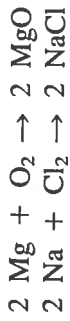
## KEMIALLISET REAKTIOT

### Reaktion kulku ja merkitseminen

Aineet muodostuvat atomeista, molekyyleistä ja ioneista. Kun aineessa tapahtuu fysikaalisia muutoksia, esimerkiksi sulaminen tai kiehuminen, pysyvät edellä mainitut rakenneosat muuttumattomina. Kemiallisissa tapahtumissa muuttuvat atomi-, molekyyli- ja ionirakenteet, kun aineosat liittyvät toisiinsa elektronisidosten avulla. Tätä ilmiötä kutsutaan kemialliseksi reaktioksi ja siinä muodostuvia uusia aineita ja yhdisteitä reaktiotuloksiksi. Syntyvät aineet ovat usein sängen erilaisia kuin aineet, joista ne ovat muodostuneet. Kemiallisissa reaktioissa tapahtuu muutoksia vain atomien elektronirakenteessa. Sen sijaan atomien ydin ei muutu. Vain ydinreaktioissa tapahtuu muutoksia atomiytimissä.

Energia on osallisena kaikissa kemiallisissa reaktioissa. Toiset reaktiot vaativat energiaa toteutuakseen ja toisen reaktiot luovuttavat energiaa tapahtumahetkellä. Ulkoiset olosuhteet, kuten lämpötila, paine ja liuosten pitoisuus vaikuttavat reaktion käynnistymiseen. Lämpötilaa sopivasti alentamalla saadaan estetyksi maidon happaneminen. Välttämätön edellytys reaktiolle on, että reagoivat ainehiukkaset koskettavat toisiaan.

Kemiallisia reaktioita merkitään reaktioyhtälöillä kemiallisten merkien avulla. Reaktioyhtälöstä käyvät ilmi tapahtumaan osallistuvan aineet ja reaktiotulokset. Yhtälön perusteella voidaan myös laskea reaktiossa kuluvat ja syntyvät ainemäärät.



Kaksi ensimmäistä reaktiota ovat yhtymisreaktioita ja kolmas on hajoamisreaktio, jossa ammoniumnitraatti hajoaa ammonium- ja nitraatti-ioneiksi. Oulunsalpietari on pääasiassa ammoniumnitraattia. Se hajoaa maassa ionimuotoon edellä kuvatulla tavalla. Kasvit saavat typpiravinteensa ottamalla maasta  $\text{ NH}_4^+$  - ja  $\text{ NO}_3^-$  -ioneita.

## Katalyyssi

Paitsi ulkoiset olosuhteet, myös tietyt aineet, joita kutsutaan katalyyttoreiksi, vaikuttavat reaktiotapahtuman kulkuun joko tapahtumaa nopeuttaen tai sitä hidastaen. Siitä huolimatta katalyyttorit eivät ota itse osaa reaktiotapahtumaan. Ne vaikuttavat läsnäolollaan ikäänkuin sivullisina tarkkailijoina. Ilmiötä, jossa vieras aine vaikuttaa reaktionopeuteen, sanotaan katalyyksiksi. Käytännössä katalyyssiä käytetään hyväksi, kun esimerkiksi nopeutetaan typen ja vedyn yhtymistä ammoniakiksi tai kasviöljyn kovenemista kiinteään muotoon margariiniin valmistuksessa. Elollisen luonnon katalyyttoreita sanotaan biokatalyyttoreiksi.

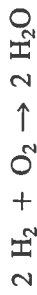
## *ei kokeisun* Hapettuminen ja pelkistyminen

Hapettuminen ja pelkistyminen ovat kemiallisia reaktioita, joissa elektroneja siirtyy toiselta aineelta toiselle. Hapettuminen on elektronien luovuttamista. Hapettuva aine luovuttaa elektroneja. Pelkistymisen on elektronien vastaanottamista. Pelkistyvä aine ottaa vastaan

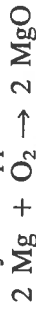
elektroneja. Hapettuminen ja pelkistyminen tapahtuvat samanaikaisesti, sillä elektronit eivät voi olla vapaina.

Palaminen ja metallien syöpyminen ovat tyypillisiä hapetus-pelkistystapahtumia. Eri metallien kesken tapahtuvat elektronien siirtymiset ovat metallien välisiä hapetus-pelkistystapahtumia.

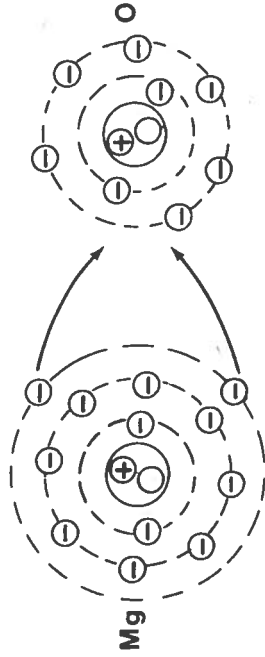
Kun aine palaa, se reagoi hapen kanssa. Palamisen tuloksena syntyviä alkuaineen ja hapen välisiä yhdisteitä sanotaan oksideiksi. Palamisessa happi ottaa vastaan elektroneja ja pelkistyy. Palava alkuaine luovuttaa elektroneja ja hapettuu.



vety + happi  $\rightarrow$  vesi

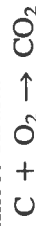


magnesium + happi  $\rightarrow$  magnesiumoksidi



Kuva 38. Hapettuminen ja pelkistyminen.

Polttoaineet sisältävät vedyn ohella hiiltä, joka palaa hiilidioksidiksi



Vedyn ja hiilen palaessa vapautuu runsaasti energiaa. Kun hitsauskesä asetyyleeni palaa, muodostuu hiilidioksidia, vettä ja lämpöenergiaa



asetyleeni + happi  $\rightarrow$  hiilidioksiidi + vesi + energiaa

Ilmassa oleva happi voi reagoida hitaasti monien metallien kanssa.

Metallin pinta peityy vähitellen metallioksidikerroksella, joka suojaaa metallia sen jälkeen hapettumiselta. Alumiinilevy tummuu, kun tiivis alumiinioksidikerros tulee pintaan.



Jos pintaan muodostuva oksidikerros on huokoinen, hapettuminen jatkuu. Näin tapahtuu raudan ruostuessa.

Metallien syöpyminen eli korrosio on yleensä sähkökemiallinen ilmiö. Metallit voidaan asettaa peräkkäin sen mukaan, kuinka helposti ne luovuttavat elektroneja. Näin syntyy metallien sähkökemiallinen jännitesarja.

K Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H<sub>2</sub> Cu Hg Ag Au Pt

Ennen vetyä olevat metallit ovat epäjaloja, koska ne luovuttavat herkemmin elektronin kuin vedyn jälkeen olevat metallit.

Kahden erilaisen metallin kosketuspintaan syntyy helposti sähkökemiallinen pari, jossa epäjalompi metalli luovuttaa elektroneja ja syöpyy. Kosteus edistää sähköparin muodostumista. Korroosiohaittoja pyritään estämään valitsemalla käyttötarkoitukseensa sopivia malleja, käyttämällä metalliseoksia, korvaamalla metalli vähemmän syöpyvällä aineella kuten kumilla tai muovilla sekä suojaamalla metalli pinnoitteilla. Pinnoiteaineita ovat muovit, maalit, lakat ja toiset metallit. Viimeksi mainitusta esimerkkinä on sinkkipäällyste rautalevyssä.

## HAPOT JA EMÄKSET

Tavallisia epäorgaanisia happoja ovat:

suolahappo	HCl
rikkihappo	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
typpihappo	HNO <sub>3</sub>
fosforihappo	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>
hiilihappo	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

Hapot liukenevat veteen. Ne ovat syövyttäviä. Kaikki hapot sisältävät molekyyllisään vetyä. Vesiliuoksissa hapot jakaantuvat sähköisiksi osiksi siten, että ne luovuttavat vetyioneita (H<sup>+</sup>) eli protonia, jotka

sitoutuvat välittömästi lähellä oleviin vesimolekyyleihin. Kun protonit ja vesimolekyylit näin liittyvät yhteen, syntyy oksoniumioneita H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>. Hapon hajotessa vetyatomien luovuttamat elektronit siirtyvät happotähteille, jolloin niistä tulee negatiivisia ioneita liuokseen. Ioneilla on seuraavat nimet:

kloridi	Cl <sup>-</sup>
sulfaatti	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
nitraatti	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
fosfaatti	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
karbonaatti	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>

Hapot ovat protonin luovuttajia ja emäkset ovat protonin vastaanottajia.

HCl + H<sub>2</sub>O → H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> + Cl<sup>-</sup>  
suolahappo + vesi → oksonium + kloridi

Vesi toimii edellä olevassa reaktiossa protonin vastaanottajana ja on emäs. Vesi voi myös luovuttaa protonin ja esiintyä haponä.

H<sub>2</sub>O + NH<sub>3</sub> → NH<sub>4</sub><sup>+</sup> + OH<sup>-</sup>  
vesi + ammoniakki → ammonium + hydroksidi

Veden lisäksi on olemassa eräitä muitakin yhdisteitä, esimerkiksi vetykarbonaatti-ioni HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, joka voi sekä luovuttaa että ottaa vastaan protonin. Vetykarbonaatti-ioni voi siten olla happo tai emäs. Tavallisia emäksiä ovat:

ammoniakki	NH <sub>3</sub>
hydroksidi-ioni	OH <sup>-</sup>
kloridi-ioni	Cl <sup>-</sup>
sulfaatti-ioni	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
nitraatti-ioni	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
fosfaatti-ioni	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
karbonaatti-ioni	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>

Hapot ja emäkset ovat yhden-, kahden- tai kolmenarvoisia sen mukaan, kuinka monta protonia ne luovuttavat tai ottavat vastaan.

Typpihappoa, jota valmistetaan ammoniakista, käytetään raaka-aineena lannoite- ja räjähdysaineteollisuudessa. Myös rikkihappoa käytetään lannoitteiden valmistuksessa. Akkuhappo sisältää rikkihappoa. Emäksiä käytetään pesuaineissa.

## VESILIUOKSEN HAPPAMUUS, pH-LUKU

Kun happoa liukenee veteen, tapahtuu happomolekyylien ionisoituminen täydellisesti tai osasta molekyylijä hapon luonteesta riippuen. Ionisoitumisen tuloksena muodostuu veteen oksoniumioneja. Puh- taassa vedessäkin on oksoniumioneja, sillä osa vesimolekyyleistä ionisoituu.



vesi  $\rightarrow$  protoni + hydroksidi-ioni



protoni + vesi  $\rightarrow$  oksoniumioni

Puhtaassa vedessä on yhtä paljon oksoniumi-ioneita kuin hydroksidi-ioneitakin. Kun veteen lisätään happoa, lisääntyy oksoniumionien määrä, koska happo luovuttaa protoneita vedelle. Hydroksidi-ionien määrä lisääntyy, jos veteen lisätään emästä.



ammoniakki + vesi  $\rightarrow$  ammoniumioni + hydroksidi-ioni

Veden happamuus riippuu oksonium- ja hydroksidi-ionien määrästä. Vesiliuos on neutraali, jos oksonium- ja hydroksidi-ioneita on yhtä paljon. Vesiliuos on hapan, jos oksoniumioneita on enemmän kuin hydroksidi-ioneita. Vesiliuos on emäksinen, jos hydroksidi-ioneita on enemmän kuin oksoniumioneita.

Vesiliuoksen happamuus ilmaistaan täsmällisesti pH-luvulla, joka kuvaa vesiliuoksessa olevien oksoniumionien määrää.

pH-luku	oksoniumionien pitoisuus mol/l
0	1
1	$10^{-1}$
2	$10^{-2}$
4	$10^{-4}$
7	$10^{-7}$
8	$10^{-8}$
12	$10^{-12}$
14	$10^{-14}$

Vesiliuoksessa olevien oksonium- ja hydroksidi-ionien määrä on tietyssä suhteessa toisiinsa. Jos toisen pitoisuus kasvaa, vähenee samalla toisen pitoisuus. Tästä syystä pH-luvusta voidaan myös päätellä vesiliuoksen hydroksidi-ionien määrä.

pH-luku	hydroksidi-ionien pitoisuus mol/l
0	$10^{-14}$
1	$10^{-13}$
2	$10^{-12}$
4	$10^{-10}$
7	$10^{-7}$
8	$10^{-6}$
12	$10^{-2}$
14	1

Jos viljavuustutkimuksessa ilmenee, että pH-luku on peitolohkolla 5,5 ja toisella lohkokolla 6,5, on oksoniumionien määrä ensiksi mainitulla lohkokolla 10-kertainen toiseen lohkokoon verrattuna.

Liuoksen pH-luku mitataan pH-mittarilla. Happamuutta voidaan selvittää myös väriaineilla, joita sanotaan indikaattoreiksi. Lakmus-indikaattori on happamassa liuoksessa punainen ja emäksisessä sininen. Indikaattoreita voidaan käyttää myös paperiin imeytettynä.

Maanesteen pH-luku vaikuttaa ravinteiden liukoisuuteen ja sen kautta kasvien ravinteiden saantiin. Säilörehun käyttökelpoisuus perustuu siihen, että pH-luku alennetaan siten, että rehua hajottava pieneliötoiminta estyy.

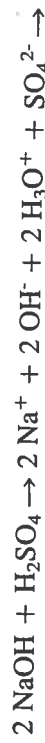
## NEUTRALOINTI

Liukset voivat olla happamia, emäksisiä tai neutraaleja. Neutraloiminen tapahtuu, kun happamaan liuokseen lisätään emästä. Happamuus vähenee, kun hapon vesiliuoksen  $\text{H}_3\text{O}^+$ -ionit reagoivat emäksestä muodostuneiden  $\text{OH}^-$ -ionien kanssa. Neutralointireaktiossa  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$   $\text{OH}^-$ -ioni ottaa vastaan oksoniumionin protonin ja muodostuu vettä.

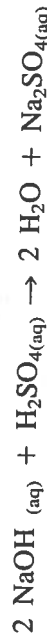
KOE 1. Lisää  $\text{NaOH}$ -liuokseen suolahappoliuosta. Totea indikaattorin värin muutos.

## Neutraaliliuos

Liuos on neutraali siinä vaiheessa, jolloin happamuutta ja emäksisyyttä aiheuttavat ionit kumoavat toistensa vaikutuksen. Liuoksessa on tällöin myös yhtä paljon ionimuodossa olevia happotähde (kokeen liuoksessa  $\text{Cl}^-$ ) ja metalli-ioneja ( $\text{Na}^+$ ). Neutraloitaessa rikkihappoa natriumhydroksidilla tarvitaan neutraloinnin loppuunsaattamiseksi kaksi moolia emästä yhtä rikkihappomoolia kohti.



Neutraloitumisreaktio voidaan kirjoittaa lyhyesti:



## MAAN HAPPAMUUDEN VÄHENTÄMINEN

### Kalkitusaineet

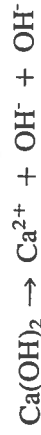
Maan happamuutta vähennetään neutraloimalla maata kalkitusaineil-  
la.

Kalkitusaineista yleisin on kalkkikivijauhe, joka on kalsiumkarbonaattia ( $\text{CaCO}_3$ ). Dolomiittikalkki sisältää myös magnesiumia ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ). Poltettu kalkki ( $\text{CaO}$ ) ja sammutettu kalkki  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  saavat aikaan nopean reaktionmuutoksen.

### Happamuuden vähentäminen

Kalkitusaineiden käyttö perustuu neutralointiin. Maasta poistetaan oksoniumioneja.

Sammutetun kalkin neutralointivaikutus on edellisessä luvussa esitetyn reaktion kaltainen. Sammutettu kalkki ionisoituu maassa:



Hydroksidi-ionien ja maan oksoniumionien välillä tapahtuu neutralointireaktio



Kalsiumkarbonaatti jakautuu maassa seuraavasti:



Happotähdde  $\text{CO}_3^{2-}$  on emäs, joka ottaa vastaan maassa olevien oksoniumionien protonieja:



Vetykarbonaatti-ioni ( $\text{HCO}_3^-$ ) toimii myös emäksenä ja ottaa edelleen vastaan protonin:



Hiilihappo ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) on pysymätön yhdiste, joka hajaantuu

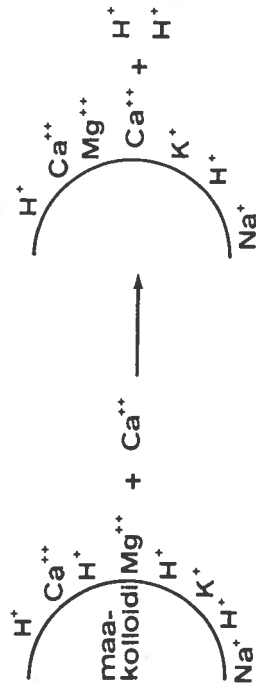


### Neutraloiva vaikutus

Maata neutraloiva vaikutus johtuu siis kalkitusaineen anionista. Muunkinlainen emäksinen aine voi toimia maan happamuuden vähentäjänä. Käytännössä kalkitusaineen kationina on usein kalsium, jolla itsellään on myös edullinen vaikutus maahan.

### Ca-ionin vaikutus

- 1) Kalsiumioni on kasveille välttämätön ravinne, jonka saanti on oltava riittävä.
- 2) Kalsium vaihtaa maahiukkasten pinnoilta vetyioneja maanesteseen, missä niiden neutraloituminen tapahtuu. Maahiukkasten pinnoille pidättyneiden kationien koostumus paranee. Happamassa maassa voi suurin osa vaihtuvista kationeista olla vetyioneja (kuva 39).



Kuva 39. Kalsium vaihtaa vetyioneja maahiukkasten pinnoilta maanesteseen.

### Happamuuden vähentämisen edulliset vaikutukset

Happamuuden vähentäminen vaikuttaa edullisesti moniin maan ominaisuuksiin:

- 1) Tiettyjen kasviravinteiden, kuten fosforin käyttökelpoisuus paranee.
- 2) Eräiden haitallisten aineiden vaikutukset heikkenevät. Erityisesti alumiinium esiintyy liukoisena vain happamassa maassa.
- 3) Pieneliöiden elinmahdollisuudet paranevat. Mm. typensitojabakteerit viihtyvät lähellä neutraalia olevassa maassa.
- 4) Maan fysikaalinen tila paranee pieneliöiden toiminnan vilkastuessa. Pieneliöiden aineenvaihdunnan tuloksena syntyy lima-aineita, jotka sitovat maahiukkasia muruiksi. Maa kuohkeutuu tällöin ja kasvien kasvuolot paranevat.
- 5) Pieneliötoiminnan vilkastumisen seurauksena lisääntyy hiilidioksidin muodostuminen maassa. Hiilidioksidi ja vesi muodostavat hiilihappoa, joka edistää rapautumista ja siten kasvinravinteiden vapautumista.



## SUOLAT

Suolat ovat yhdistettä, joissa on ionisidos ja ne esiintyvät liuoksissa ioneina. Kationina on usein metalli-ioni ja anionina happotähde.

### Suolojen muodostuminen

Suoloja muodostuu neutralointireaktiossa hapon ja emäksen reagoi-  
dessa keskenään.

Happo + emäs

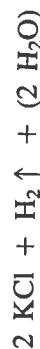
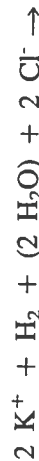
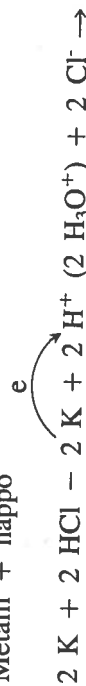


KOE 2.

Neutralointireaktion liuos haihdutetaan kuiviin ja tode-  
taan suolan maku.

Suoloja syntyy myös eräiden metallien liuetessa happoihin. Metalliatomilta siirtyy elektroni haposta peräisin olevalle protonille, joka muuttuu vetyatomiksi ja edelleen kaksi vetyatomia yhtyy vetymolekyyliksi, joka poistuu liuoksesta.

Metalli + happo



Vedyn lisäksi muodostuu kaliumkloridia.

KOE 3.

Liuita Mg-metallia rikkihappoon. Kerää vapautuva vety vedellä täytettyyn koeputkeen. Vie palava tulitikku käännetyn koeputken suulle.

## Suolojen reaktiot

Neutralointireaktiossa muodostuneet suolat ovat usein neutraaleja, esim. ruokasuolan pH on lähellä 7. Joidenkin suolojen vesiliuokset ovat happamia.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  on hapan reaktioltaan, koska  $\text{NH}_4^+$ -ioni voi toimia hapon luovuttaessaan protonin.

Happamiksi suoloiksi sanotaan kuitenkin suoloja, joiden vedystä osa on jäänyt korvautumatta toisella kationilla. Hiilihappo voi muodostaa natriumhydroksidin kanssa happaman suolan  $\text{NaHCO}_3$ . Suolahappo ei voi muodostaa happamia suoloja, koska sen molekyyliässä on vain yksi vetyatomi.

## Suolojen liukoisuus

Suolat voivat olla vesiliukoisia, joita ovat useat natrium-, kalium- ja ammoniumsuolat. Veteenliukenemattomia ovat eräät fosfaatit ja hopeakloridi.

KOE 4.

Kaada suolahappoa sisältävään koeputkeen hopeanitraattia varovasti.



Koeputkeen muodostuu sakkaa AgCl.

## Suolojen nimitykset

Suoloja kutsutaan happotähdeosansa mukaan:

- typpihapon suolat ovat nitraatteja
- suolahapon suolat ovat klorideja
- rikkihapon suolat ovat sulfaatteja
- fosforihapon suolat ovat fosfaatteja
- hiilihapon suolat ovat karbonaatteja

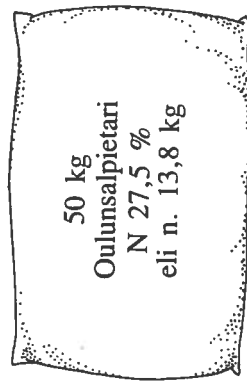
Esimerkkejä:  $\text{CaCl}_2$  kalsiumkloridi KCl kaliumkloridi  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4$  natriumsulfaatti  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  kalsiumnitraatti  
 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  kalsiumfosfaatti  $\text{NaNO}_3$  natriumnitraatti  
 $\text{CaCO}_3$  kalsiumkarbonaatti  $\text{CaSO}_4$  kalsiumsulfaatti  
 $\text{NH}_4\text{NO}_3$   $\text{K}_2\text{SO}_4$  kaliumsulfaatti  
 ammoniumnitraatti  $\text{NaHSO}_4$  hapan  
 $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  natriumsulfaatti  
 ammoniumfosfaatti

## SUOLOJEN KÄYTTÖ LANNOITTEINA

Suolojen tärkeä maataloudellinen käyttö on väkilannoitteet. Ne ovat suoloja, joiden koostumus on tehty sellaiseksi, että ne sisältävät runsaasti kasvinravinteita.

### Typpilannoitteet

Typpilannoitteina ovat tärkeitä nitraatit. Tärkein yksiravinteinen typpilannoite on meillä oulunsalpietari. Se on ammoniumnitraattia ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), johon on sekoitettu dolomiittikalkkia. Typeä oulunsalpietarissa on 27,5 %. Puolet typestä on ammonium- ( $\text{NH}_4^+$ ) ja puolet nitraatti- ( $\text{NO}_3^-$ ) muodossa.  $\text{NH}_4^+$  on kationi, joten se pidättyy negatiivisten maahiukkasten pinnoille.  $\text{NO}_3^-$  on anioni ja se jää maanesteeseen. Siksi se on hieman nopeammin kasvien käytettävissä kuin ammoniumioni, mutta toisaalta alttiimpi huuhtoutumiselle.



Kuva 40. Oulunsalpietarin typpi-  
toisuus ja typen määrä.

Kalkkisalpietari on kalsiumnitraattia  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ . Se sisältää typeä 15,5 %. Pääosa on  $\text{NO}_3^-$ -typeä. Ammoniumtypeä on vain noin 1 %. Se on peräisin säilymisominaisuuksien parantamiseksi lisätystä ammoniumnitraatista.

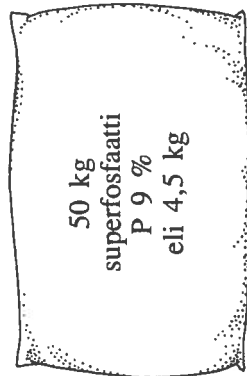
Urea on teollisesti valmistettu orgaaninen typeä sisältävä yhdiste  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$ . Se hajoaa maassa ensin ammonium- ( $\text{NH}_4^+$ ) typeksi ureaasientsyymin vaikutuksesta ja edelleen nitrifioitumisen (bakteerien toiminnan) kautta nitraatti ( $\text{NO}_3^-$ ) typeksi. Kasvit voivat käyttää jonkin verran myös ureamuotoista typeä. Urean typpipitoisuus on 46 %. Ureaa käytetään täydennyslannoitukseen myös ruiskutteena.

- Tehtäviä
1. Laske typpikilon hinta eri typpilannoitteissa: kalkkisalpietari, oulunsalpietari, urea.
  2. Kuinka monta kiloa hehtaaria kohti eri typpilannoitteita tarvitaan, jotta hehtaarille saataisiin puhdasta typeä 100 kg?

### Fosforilannoitteet

Yksiravinteinen  
superfosfaatti

Tärkein yksiravinteinen fosforilannoite on superfosfaatti, jota valmistetaan (apatiitista) tai raakafosfaatista  $\text{Ca}_3(\text{PO}_3)_2$ . Se on fosforihapon hapan kalsiumsuola  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ . Sen sisältämä fosfori on kasveille käyttökelpoista. Kasvit käyttävät siitä pääosan ensimmäisenä vuotena, loppu sitoutuu maahan hitaasti liukenevaan muotoon. Maan pH:n ollessa 6–7 säilyy fosfori parhaiten kasveille käyttökelpoisena.



Kuva 41. Superfosfaatin fosfori-  
toisuus ja fosforin määrä.

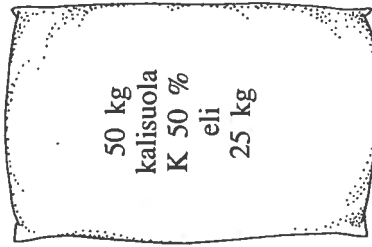
Happamien maiden kalkitseminen lähelle neutraalia vapauttaa maahan vaikealiukoiseksi muuttunutta fosforia jälleen kasvien käyttöön. Superfosfaatti sisältää fosforia 8,7 %.

Hienofosfaatti on hienoksi jauhettua raakafosfaattia. Sen fosforipitoisuus on 14,8 %. Siinä fosfori on veteen liukenematonta, mutta liukenee osittain laimeaan sitruunahappoon. Sitä käytetään metsämaiden lannoitukseen.

Tehtävä Laske P-kilon hinta super- ja hienofosfaatissa.

### Kalilannoitteet

Kalisuola on suolakaivoksista louhittua kaliumkloridia, joka puhdistetaan ja rikastetaan. Sen kaliumpitoisuus on 50 %.



Kuva 42. Kalisuolan kaliumpitoisuus ja kaliumin määrä.

Kloorille arkojen kasvien, kuten perunan, tomaatin, mansikan, porkkanan, kurkun, sipulin, papujen ja marjapensaiden lannoitukseen se ei sovi. Silloin voidaan käyttää kaliumsulfaattia, jota valmistetaan kalisuolasta rikkihapon avulla:



### Moniravinteiset lannoitteet

Nykyisin valtaosa lannoitteista on moniravinteisia. Ne sisältävät useimmiten kaikki pääravinteet. Niitä kutsutaan Y-lannoitteiksi. Enimpiin moniravinteisiin lannoitteisiin on lisätty myös sivu- ja hivenravinteita.

Nykyisissä Y-lannoisten valmistusmenetelmissä fosfori ja typpi on kemiallisin keinoin muodostettu suoloiksi, joihin muut ravinteet lisätään sekoittamalla. Ns. nitrofosfaattimenetelmässä sivutuotteena muodostuu kalsiumnitraattia, joka on kalkkikalpietaria.

Y-lannoitteiden ravinnesisältö ilmoitetaan alkuaineprosentteina N-P-K, esim. normaali Y-lannos (16 - 7 - 13) sisältää 16 % typpeä, 7 % fosforia ja 13 % kaliumia.

Tehtävä Kuinka paljon yksiravinteisiä lannoitteita tarvitaan, jotta ne vastaisivat 500 kg normaali Y-lannosta.

### RAVINTEET MAASSA

#### Kasvin ravinteiden otto

Kasvit ottavat ravinteet pääosin ionimuodossa. Maahan lannoitteina lisätyt ravinnesuolat ionisoituvat maassa. Myös kasvi- ja eläinjätteen hajotessa niissä olevat ravinteet muuttuvat ionimuotoon. Maan kivinäisräakeet ja -hiukkaset sisältävät myös epäorgaanisia suoloja, joista rapautumisen seurauksena vapautuu ravinteita kasvien käyttöön.

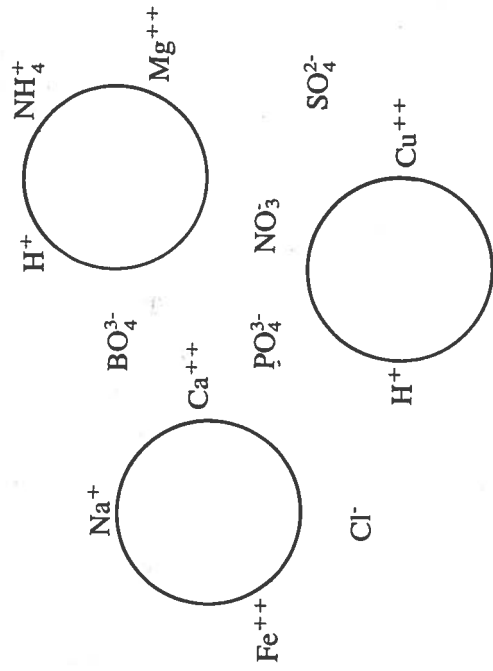
#### Ravinteiden pidättyminen

##### Vaihtuva muoto

Positiivisesti varautuneet ionit, siis kationit, pidättyvät negatiivisten maahiukkasten pinnoille. Tällaisia ovat esim.  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ .

## Maaneste

Negatiiviset ionit jäävät maanesteeseen. Näitä ovat esim.  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ja  $\text{BO}_3^{3-}$ .



Kuva 43. Kationit pidättyvät maahiukkasten pinnoille, anionit jäävät maanesteeseen.

Kasvit ottavat ravinneionit pääosin maanesteestä. Maahiukkasten pinnoille pidättyneet kationit ovat ns. *vaihtuvassa muodossa*. Ne voivat siirtyä maanesteeseen, kun jokin voimakkaammin pidättyvä ioni tulee tilalle. Vaihtuvat kationit ovat siis kasvien ravinnonoton kannalta tärkeä pidättymissuoto.

Eri maalajeilla on erilainen kyky sitoa vaihtuvia kationeja. Pienimmistä hiukkasista muodostunut savilajite pidättää runsaammin vaihtuvia kationeja kuin muut kivennäismaat. Eloperäisillä mailla on myös suuri ravinteiden pidätyskyky eli *vaihtokapasiteetti*.

## Vaikealiukoiset muodot

Ravinteita pidättyy maahan myös vaikealiukoiseksi yhdisteiksi. Fosfori esimerkiksi voi muuttua happamissa maissa kasveille käyttökeltötomaksi rauta- ja alumiinifosfaatiksi.

## Biologinen pidättyminen

Ravinteiden sanotaan pidättyvän biologisesti, kun ne joutuvat maan pieneliöstön ravinnoksi ja sitoutuvat niiden rakennusaineiksi. Biologisesti sitoutuneet ravinteet vapautuvat kuitenkin uudelleen kasvien käyttöön pieneliöiden kuollessa ja hajotessa.

Typpi on ravinne, jonka biologinen pidättyminen voi olla runsasta. Jos maassa on runsaasti hiilihydraattipitoista ravintoa, kuten olkea, tarvitsevat pieneliöt sitä hajottaessaan typpeä. Runsaan olkimäärän maahan kytämisen yhteydessä on syytä lisätä lannoituksen typpimäärää, etteivät viljelykasvit joudu kärsimään typen puutteesta.

## TYPEN MUUTOKSET MAASSA

Orgaaniseen ainekseen sitoutunut typpi vapautuu kasvien käyttöön ns. mobilisaation kautta, joka on kaksivaiheinen: ammonisaatiota seuraa nitrifikaatio.

### Ammonisaatio

Ammonisaatiossa orgaaninen typpi muuttuu ammoniumtypeksi mm. ammonisaatiobakteerien vaikutuksesta. Tämä tapahtuu olosuhteissa, missä happea on saatavissa.

### Nitrifikaatio

Kasvit voivat käyttää  $\text{NH}_4^+$ -typpeä, mutta osa siitä muuttuu edelleen  $\text{NO}_3^-$ -typeksi nitrifikaatiossa nitraatti- ja nitriittibakteerien vaikutuksesta. Tämänkin reaktio on happea tarvitseva. Samalla tavoin muuttuu myös lannoitetypen ammoniummuodossa oleva typpi nitraattimuotoon.

Denitrifikaatiobakteerit toimivat hapettomissa oloissa. Ne ottavat happensa  $\text{NO}_3^-$ -ionista, josta N silloin vapautuu alkuainemuodossa, jota kasvit eivät pysty käyttämään. On siis tarpeen pitää huolta maan ilman tilan riittävydestä, ettei arvokasta typpeä joudu hukkaan denitrifikaation kautta.

## ORGAANINEN KEMIA

### ORGAANISTEN YHDISTEIDEN RAKENNE, OMINAISUUDET JA KÄYTTÖ

Orgaaninen kemia on hiiliyhdisteiden kemiaa.

Orgaanisia yhdisteitä tunnetaan noin viisi miljoonaa, epäorgaanisia vain noin 400 000 kpl. Hiiliyhdisteiden runsaus johtuu siitä, että hiiliatomit voivat liittyä toisiinsa hiiliketjuiksi yksin-, kaksin- tai kolminkertaisin sidoksin. Hiiliketjut voivat olla avoimia tai muodostaa renkaan. Avoimet ketjut ovat joko haarautumattomia tai haarautuvia.

Hiiliatomien lisäksi orgaanisissa yhdisteissä on usein vetyä ja happea. Monissa elollisen luonnon yhdisteissä on lisäksi typpeä, rikkiä ja fosforia. Keinotekoisesti valmistetuissa orgaanisissa yhdisteissä on usein halogeenia.

Orgaaniset yhdisteet ovat yleensä sähköisesti neutraaleja ja esiintyvät ionisoitumattomina molekyyleinä. Orgaaniset hapot ja emäkset ionisoituvat, mutta huomattavasti heikommin kuin epäorgaaniset.

Orgaanisen kemian laaja ja tärkeä käyttö- ja soveltamisalue on öljy- ja luonnonkaasuteollisuus. Bensiinin ja polttoöljyn lisäksi esim. useat muovit ja tekokuidut, maalit ja pesuaineet ovat öljypohjaisia tuotteita.

Lannoiteteollisuudessa öljy on niinkään tärkeä käyttö- ja raaka-aine. Muita orgaanisen kemian aloja ovat torjunta-aineteollisuus ja jokaiselle ihmiselle tärkeä lääkeaineteollisuus.

## HIILIVEDYT JA NIIDEN JOHDANNAISET

Hiilivedyt sisältävät hiilen lisäksi vain vetyä. Ne voivat olla joko avoketjuisia tai rengasmaisia. Osassa esiintyy hiiliatomien välissä vain yksinkertaisia sidoksia C-C, jolloin hiilivedyt ovat tyydyttyneitä. Tyydyttymättömissä hiilivedyissä on lisäksi kaksois- C = C tai kolmoissidoksia C ≡ C.

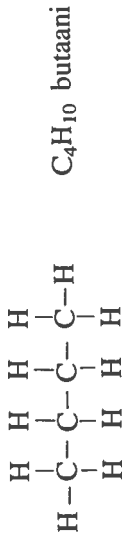
### Alkaanit

Alkaanit ovat tyydyttyneitä hiilivetyjä. Yksinkertaisin on metaani

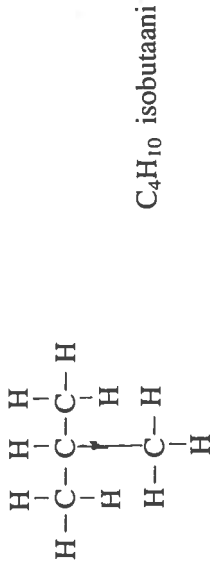


Metaania syntyy luonnossa elollisten jätteiden hajaantuessa ilmatto-massa tilassa. Näin tapahtuu mm. soissa, joissa mädättäjäbakteerit hajottavat selluloosaa, rasvaa ja valkuaisaineita muodostaen metaania. Sitä syntyy myös märehitjän pötsissä aineenvaihdunnan tulokse-na.

Alkaanisarjan seuraavat hiilivedyt ovat:



Butaani voi muodostaa myös haaraisen ketjun



Nestekaasu on propaanin ja butaanin seos.

### Alkeenit

Alkeenit ovat tyydyttymättömiä hiilivetyjä, joiden molekyylit sisältävät kahden hiiliatomien välisen kaksoissidoksen. Yksinkertaisin on eteeni, joka on monien muovien raaka-aine



## Alkyynit

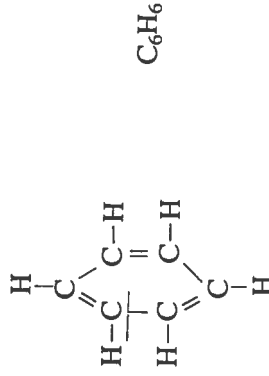
Alkyyneissä on kahden hiiliatomin välissä kolmoissidos



Asetyleeniä käytetään asetyleenihappihitsauksessa, jossa hapen avulla poltetaan asetyleenin hiili ja vety. Samalla vapautuu runsaasti energiaa. Muodostuu kuuma, lähes 3000°C:n liekki. Asetyleeni on myös tärkeä PVC-muoviteollisuuden raaka-aine.

## Aromaattiset hiilivedyt

Aromaattiset hiilivedyt ovat rakenteeltaan rengasmaisia. Ne sisältävät bentseenirenkaan. Sen kuusi toisiinsa kiinnittynyttä hiiliatomia sitoo jokainen myös yhden vetyatomin.



Bentseeniä valmistetaan kivihiilitervasta tai maaöljystä tislaamalla. Sitä käytetään eräiden kasvinuojeluaineiden raaka-aineena ja liuottimena väri- ja lääkeaineteollisuudessa.

## Fossiiliset polttoaineet

Hiilivetyjä käytetään kemian teollisuudessa paitsi raaka-aineina myös energian lähteinä. Aineeseen kemiallisessa reaktiossa sitoutunut

energia voidaan vapauttaa esim. polttamalla lämmöksi tai sähköksi. Tärkeimmät kemiallisen energian lähteet ovat öljy, kivihiili ja maakaasu.

## Maaöljy

Maaöljy koostuu useista erilaisista hiilivedyistä. Se sisältää suoria, haarauneita ja rengasmaisia hiilivety-molekyylejä. Se on syntynyt merien pohjalle aikojen kuluessa kerääntyneistä kasvi- ja eläinjätteistä siten, että niiden hiilihydraatit, rasvat ja valkuaisaineet ovat menettäneet hapen ja typen ja muuttuneet hiilivedyiksi.

Polttoaineita valmistetaan raakaöljystä tislaamalla. Voiteluöljyt ovat peräisin maaöljystä. Raakaöljyn valmistaminen poltto- ja voiteluaineiksi perustuu aineosien erilaisiin kiehumisasteisiin. Raakaöljyn jalostuksessa käytetään krakkausta, joka tarkoittaa suurten molekyylien pilkkoutumista pienemmiksi sillä tavoin, että hiiliatomien välissä sidoksia katkeaa.

## Kivihiili

Kivihiili on syntynyt kasvi- ja eläinjätteistä kuten maaöljykin. Se sisältää pääasiassa hiiltä. Siitä valmistetaan hydraamalla hiilivetyjä. Maapallon hiilivarat ovat huomattavasti runsaammat kuin öljyvarat. Kivihiiltä käytetään pääasiassa energian lähteenä, mutta siitä voidaan valmistaa myös kemikaaleja.

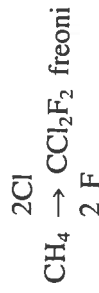
Nämä fossiiliset polttoaineet sisältävät myös jonkin verran rikkiyhdisteitä. Poltettaessa rikki hapettuu rikkidioksidiksi aiheuttaen ns. happosateita.

## Maakaasu

Maakaasu on muodostunut orgaanisten aineiden hajaantuessa vähähappisessa tilassa. Maakaasu sisältää lähinnä metaania, mutta myös jonkin verran etaania ja muita hiilivetyjä sekä erittäin vähän rikkiä.

## Hiilivetyjen johdannaiset

Hiilivetyjen vetyatomeja voidaan korvata muilla atomeilla tai atomiryhmillä. Metaanijohdannaisiin luetaan mm. freoneste, jota käytetään jäähdityskoneistoissa. Metaanista muodostetaan freonia siten, että sen neljä vetyä korvataan kahdella kloori- ja kahdella fluoriatomilla.



Toinen metaanijohdannainen on jodoformi, jota käytetään haavojen hoidossa. Siinä metaanin kolme vetyä on korvattu jodilla.



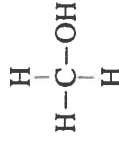
Kloorattuja hiilivetyjä on käytetty esim. tuhoeläinten torjunta-aineina. DDT on johdettu klooribentseenistä. Sen tyyppisiä aineita ei esiinny luonnossa, minkä vuoksi luonnosta puuttuvat myös niitä hajottavat pieneliöt. Tällaiset yhdisteet ovat sen vuoksi hyvin pysyviä. Klooratut hiilivedyt onkin pyritty korvaamaan luonnossa helpommin hajoavilla torjunta-aineilla.

## ALKOHOLIT JA NIIDEN JOHDANNAISET

Alkoholit ovat yhdisteitä, joissa yksi tai useampia hiilivedyn vetyatomeja on korvattu hydroksyyli-ryhmillä. Alkoholit ovat yksi-, kaksi- tai useampi-ryhmisiä riippuen molekyylin sisältämien OH-ryhmien määrästä. Hydroksyyli-ryhmä on alkoholeissa sitoutunut hyvin lujasti hiiliatomiin. Alkoholit ionisoituvat vähän. Ne ovat lähes neutraaleja yhdisteitä.

## Metanoli

Metanoli  $\text{CH}_3\text{OH}$  on alkoholi, jossa yksi metaanin vetyatomeista on korvattu OH-ryhmillä



Metanolia on valmistettu puuta kuumentamalla ilmattomasti (kuivatislaamalla). Sen vuoksi sitä nimitetään myös puuspriiksi. Se on tappava myrky. Sitä käytetään esim. formaldehydin valmistukseen.

## Etanoli

Etanoli  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  eli  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  on alkoholijuomissa esiintyvää tavallista alkoholia. Sitä valmistetaan sokeripitoisista aineista hiivasienen aiheuttaman käymisreaktion avulla.



Hiivasienet eivät siedä yli 15 %:n sokeripitoisuutta. Tähän perustuen hilloja ja mehuja säilötään sokerin avulla ja estetään siten ilmassa olevien hiivasienten aiheuttama alkoholikäyminen. Toisaalta hiivasienet eivät siedä yli 20 %:n alkoholipitoisuutta, joten käymiseen perustuvan valmistuksen avulla ei päästä sitä väkevämpiin alkoholipitoisuuksiin.



Alkoholikäymisen raaka-aineena käytetään hiilihydraatteja, esim. vilja- ja perunatärkkelystä, joista muodostuu niiden hajaantuessa sokereita.

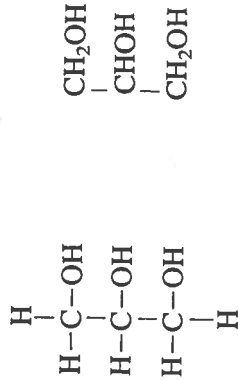
### Glykoli

Glykoli on kaksiarvoinen alkoholi. Sitä käytetään mm. pakkasnesteinä.



### Glyseroli

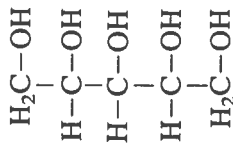
Glyseroli on kolmiarvoinen alkoholi.



Glyseroli muodostaa rasvaa sitoutumalla rasvahappoihin. Sitä valmistetaan nykyään maaöljytuotteista. Sitä käytetään ihovoiteiden, kopio-musteen ja leimasinvärien aineosana. Se on myös eräs dynamiitin raaka-aine.

### Ksyylioli

Ksyylioli on 5-arvoinen alkoholi, jota käytetään hampaille haitattomana makeutusaineena. Se maistuu makealta, kuten yleensä moniarvoiset alkoholit. Ksyyliolia valmistetaan teollisesti koivulastuista, minkä vuoksi sitä kutsutaan usein koivusokeriksi.



Hammasmätää aiheuttavat bakteerit eivät pysty käyttämään aineen- vaihdunnassaan ksyyliolia.

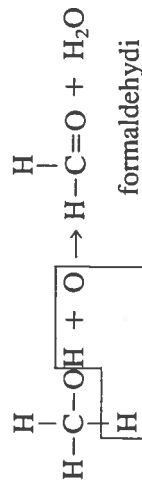
### Fenolit

Aromaattisista hiilivedyistä johdettuja hydroksyyliyhdisteitä kutsutaan fenoleiksi.

### Alkoholien johdannaiset

#### Eetterit ja aldehydit

Poistamalla alkoholeista vettä syntyy eettereitä. Aldehydejä muodostuu, kun alkoholit menettävät hapettimien vaikutuksesta kaksi vetyatomia. Formaldehydiä saadaan metanolista



Formaldehydiä säilytetään tavallisesti 35–40-prosenttisenä vesiliuoksena ja sitä sanotaan formaliiniksi. Sitä käytetään mm. rehun

säilöntäaineena. Formaldehydi on läheistä sukua muurahaishapolle. Ilmattomassa tilassa pieneliöt muuttavat muurahaishappoa formaldehydiksi. Se estää säilörehun kannalta haitallisen pieneliöiden kasvun, mutta sallii maitohappobakteerien lisääntyminen.

## KARBOKSYYLIIHAPOT

Luonnossa esiintyy suuri joukko erilaisia orgaanisia happoja, joista tärkeän ryhmän muodostavat karboksyylihapot. Karboksyylihapot sisältävät hiiltä, vetyä ja happea. Ne sisältävät toiminnallisena ryhmänä karboksyyliiryhmän



Karboksyyliiryhmä luovuttaa OH-ryhmästään protonin ja toimii siten heikkona hapon. Karboksyylihapot ovat yksi-, kaksi- tai kolmiarvoisia sen mukaan, miten monta karboksyyliiryhmää molekyyli sisältää.

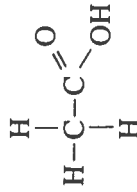
## Muurahaishappo

Muurahaishappo HCOOH esiintyy vapaana muurahaissa ja nokkosissa. Se on pistävänhajuista, syövyttävää nestettä. Sitä käytetään mm. säilörehun säilöntäaineena. Muurahaishappoa valmistetaan nykyään kuumentamalla hiilimonoksidia 120° – 150°C:ssa kalkin tai lipeän kanssa korkeassa paineessa. Tällöin saadaan muurahaishapon suolaa formiaattia, josta happo erotetaan.



## Etikkahappo

Etikkahappoa, CH<sub>3</sub>COOH



esiintyy luonnossa vapaana ja muihin yhdisteisiin sitoutuneena. Etikkahappobakteeri pystyy ilman hapen avulla hapettamaan etanolia etikkahapoksi. Reaktio on seuraava:



Pieneliöillä on kyky hajottaa orgaanisia aineita etikkahapoksi. Niinpä selluloosa hajoo märehtijän ruoansulatuskanavassa etikkahapoksi, jota elimistö käyttää rasvan muodostukseen. Etikkahappoa esiintyy myös happamassa maidossa ja juustossa. Etikkahappoa valmistetaan teknisesti alkoholin etikkahappokäymisellä tai hapettamalla asetaldehydiä. Etikkahappoa käytetään mausteena ja säilöntäaineena. Sen suoloja kutsutaan asetaateiksi.

## Muut karboksyylihapot

Muista karboksyylihapoista voidaan mainita propioni-, voi-, palmiini- ja steariinihappo. Propionihappoa käytetään esim. viljan tuore-säilönnässä.

Edellä esitetyt karboksyylihapot ovat kaikki tyydyttyneitä karboksyylihapoja. Tyydyttymättömistä karboksyylihapoista tärkeimmät ovat öljy-, linoli- ja linoleenihappo. Tyydyttämättömissä karboksyylihapoissa on hiilimolekyylien välissä kaksoissidoksia. Monitydyttymättömiä kutsutaan karboksyylihapoiksi, joissa kaksoissidoksia on useampia kuin yksi, esim. linoli- ja linoleenihappo. Karboksyylihapot ovat rasvojen aineosia.

### Dikarboksyylihapot

Karboksyylihappoja, joilla on molekyylissään kaksi karboksyyliyh-  
mää nimitetään dikarboksyylihapoiksi. Yksinkertaisin on oksaalihap-  
po, jota esiintyy ketunleivässä, raparperissä, pinaatissa ja kaalissa.  
Sen kaava on



Se muodostaa kalsiumin kanssa vaikealiukoista kalsiumoksaatti-  
nimistä suolaa. Sen vuoksi maidon nauttiminen raparperiä sisältäen  
kanssa on hyväksi elimistöstä sitoutuvan kalsiumin korvaamiseksi.

### Hydroksihapot

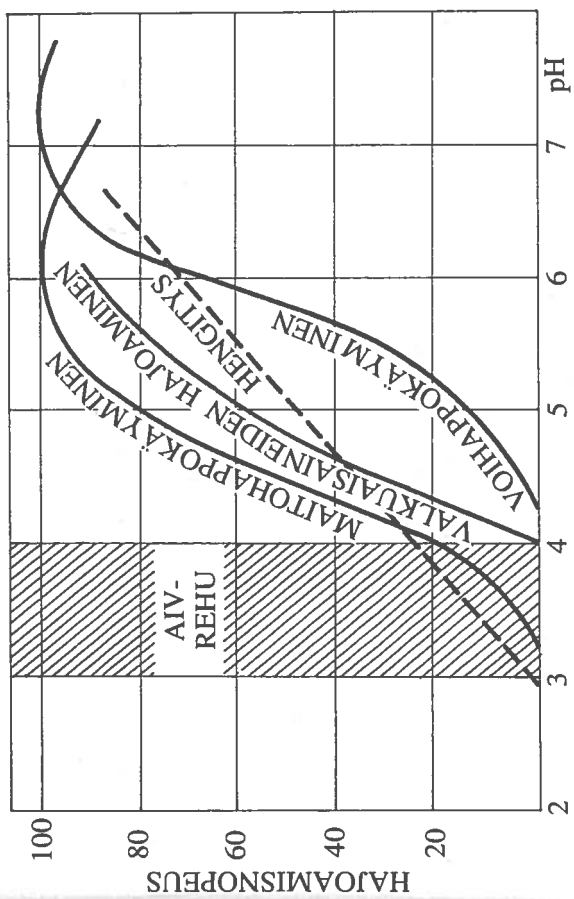
Hydroksihapot ovat sellaisia karboksyylihappoja, joissa karboksyyli-  
ryhmän lisäksi on hydroksyyliyhmä -OH



Maitohappoa muodostuu maidon happanemisessa. Maitosokeri muut-  
tuu maitohappobakteerien entsyymien vaikutuksesta maitohapoksi.

### Rehun säilymistä edistävä vaikutus

Painorehun valmistuksessa muodostuu sokereita sisältäviä kasviainekses-  
ta maitohappoa, jonka ansiosta rehu säilyy. Useissa muissa säilörehu-  
jen valmistusmenetelmissä toisten happojen lisäksi alennetaan  
rehun pH nopeasti vain maitohappobakteerien toiminnalle sopivaan  
happamuuteen ja samalla haitallisten bakteerien pH vaatimusten  
alapuolelle.



Kuva 44. Säilörehussa tapahtuvien ilmiöiden riippuvuus pH:sta (Lähde: AIV-rehun valmistusohjeet, 1978).

Elimistössä muodostuu lihaksien työsuorituksissa rypälesokerista  
maitohappoa. Äkillisessä ponnistuksessa lihaksisto vapauttaa tämän  
reaktion kautta energiaa. Väsyminen ponnistelun tuloksena johtuu  
suurelta osalta maitohapon kertymisestä lihaksistoon. Ponnistuksen  
lakattua hapettuu muodostunut maitohappo hiiliidioksidiksi ja väsy-  
myksen tunne häviää.

### Monimutkaiset karboksyylihapot

#### MCPA

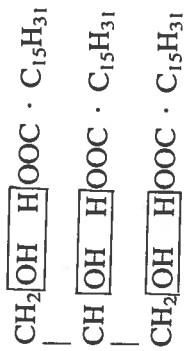
Monimutkainen karboksyylihapon, fenoksetiikkahapon, johdannai-  
nen on maassamme yleisimmin käytetty rikkakasvihäviö MCPA.  
Maan pieneliöt hajottavat sen melko nopeasti. Toistuvan käytön  
seurauksena maahan muodostuu tehokas MCPA:ta hajottava mikro-  
bisto.

## RASVAT

Rasvoja esiintyy luonnossa sekä kasveissa että eläimissä. Niitä muodostuu, kun glyserolimolekyylin liittyy rasvahappoja. Rasvahappoiksi kutsutaan suurimolekyylisiä yksiarvoisia karboksyylihappoja.

### Rasvojen muodostuminen

Rasvahapon liittyminen glyserolimolekyylin tapahtuu siten, että jokaisen glyserolimolekyylin ”sakaraan” liittyy yksi rasvahappomolekyyl, jolloin samalla muodostuu vettä.  
Esimerkiksi



Glyseroli      Rasvahappo

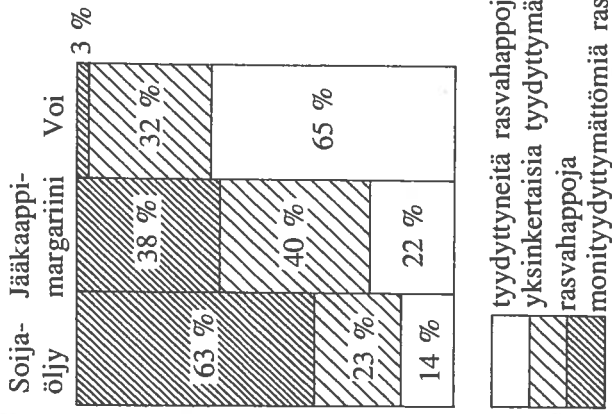
Muodostuu siis kolme molekyyliä vettä ja esteri (rasva), jossa happi toimii siltana rasvahappo- ja glyserolitähteiden välillä.

### Ominaisuudet

#### Tyydytyneet ja tyydyttymättömät rasvat

Rasvat voivat olla tyydyttyneitä ja tyydyttymättömiä sen mukaan, ovatko ne muodostuneet tyydyttyneistä vai tyydyttymättömistä rasvahapoista. Kasvi- ja eläinrasvojen sisältämistä tyydyttymättömistä rasvahapoista ovat tärkeimmät öljy-, linoli- ja linoleenihappo. Näistä

kaksi viimeainittua kuuluu monitydyttymättömiin rasvahappoihin. Eläinrasvat sisältävät pääasiassa tyydyttyneitä rasvahappoja. Tyydyttymättömiä rasvahappoja on runsaasti pähkinöissä, maissi-, soija- ja auringonkukkaöljyissä sekä kalojen rasvoissa. Muutamien rasvojen ominaisuuksia on esitetty oheisessa kuvassa.



Kuva 45. Erilaisien rasvojen koostumuksia.

Tutkijat ovat eri mieltä rasvojen koostumuksen vaikutuksesta ihmisen terveyteen. Tyydyttymättömiä rasvahappoja sisältäviä rasvoja pidetään nykyisin terveellisempinä kuin tyydyttyneitä rasvoja. Ne eivät kerry verisuonten seinämiin ja siten vähentävät verisuonten kalkkeutumista.

#### Rasvojen jäykkyys

Jäykässä rasvassa on pääosa tyydyttyneitä rasvahappoja, öljymäisessä rasvassa taas tyydyttymättömiä. Kasvikunnan rasvat ovat useimmiten nestemäisiä kasviöljyjä. Maaeläinten rasvat ovat yleensä kiinteitä, merieläinten taas öljymäisiä. Kiinteistä kasvirasvoista mainittakoon kookosrasva.

### Rasvojen kovettaminen

Rasvojen kovettamisella tarkoitetaan tyydyttymättömien öljymäisten rasvojen muuttamista tyydyttyneiksi ja kiinteiksi. Näin voidaan niiden säilyvyyttä parantaa. Kovettaminen suoritetaan liittämällä vetyä kaksoissidoksiin. Tällä tavoin rasvoja kovetetaan esim. margariinteollisuudessa. Tällöin öljy-, linoli- ja linoleenihapon esterit muuttuvat steariinihapon estereiksi, jotka ovat kiinteitä.

### Kuivuvat öljyt

Kuivuvat öljyt ovat rasvoja, jotka muuttuvat ilman hapen vaikutuksesta vähitellen kiinteään muotoon. Kuivuvissa öljyissä on lähinnä linolihapon kaksoissidoksia sisältäviä estereitä. Maaliteollisuus käyttää kuivuvia öljyjä.

### Rasvojen härskiintyminen

Härskiintymistä tapahtuu eräiden entsyymien ja ilman hapen vaikutuksesta lämpimässä, jolloin rasva hajaantuu glyseroliksi ja rasvahapoiksi, mm. syntyy voihappoa. Rasvoihin muodostuu epämiellyttävä haju ja maku. Härskiintymistä voidaan estää lisäämällä rasvoihin hapettumista estäviä aineita.

### Käyttö

Rasvoja käytetään eläinten ja ihmisten ravintona. Ruoansulatuksessa rasvat hajoavat glyseroliksi ja rasvahapoiksi, jotka ovat imeytymiskelpoisia. Rasvat ovat ravinnon parhaita energialähteitä. Jos energiaa ei käytetä, rasvat varastoituvat elimistöön aiheuttaen terveys- ja paino-ongelmia.

### Saippua

Rasvoja käytetään paitsi ravintona myös muihin tarkoituksiin. Keittämällä rasvoja natriumhydroksidiliuoksessa muodostuu rasvahapon natriumsuolaa eli saippuaa.

## HIILIHYDRAATIT

Hiihihydraatteihin kuuluvat sokerit, tärkkelys ja selluloosa. Ne sisältävät hiiltä, vetyä ja happea. Rakenteeltaan ne ovat moniarvoisten alkoholien johdannaisia.

### Sokerit

#### Ryhmittely

Sokerit voidaan jakaa yksinkertaisiin sokereihin eli monosakkarideihin ja yhdistettyihin sokereihin, joista tavallisimpia ovat disakkaridit. Ne muodostuvat kahden yksinkertaisen sokerin liittyessä toisiinsa.

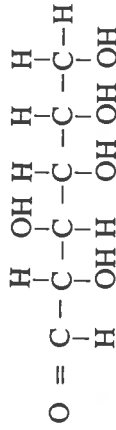
#### Monosakkaridit

Vihreissä kasveissa muodostuu yhteyttämissen tuloksena sokeria

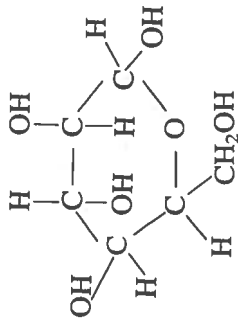


#### Rypälesokeri

Yleisin luonnossa esiintyvä sokeri on rypälesokeri eli glukoosi. Sen kuten kaikkien muidenkin monosakkaridien kaava on  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Glukoosin rakennekaava voi olla



tai se voi olla rengasmainen;



Rypälesokeria on viinirypäleissä ja useissa makeissa hedelmissä. Veren sokeri on myös glukoosia. Sokeritautiin esiintyessä nousee veren glukoosipitoisuus.

Rypälesokeri liukenee helposti veteen. Sitä käytetään makeisteollisuudessa. Sen teollisen valmistuksen raaka-aineena on perunoiden ja maissin sisältämä tärkkelys.

#### Hedelmasokeri

Hedelmasokeria eli fruktoosia on hedelmissä ja marjoissa. Hunaja on hedelmä- ja rypälesokerin seosta. Siirappi on pääosin hedelmäsokeria.

#### Galaktoosi

Galaktoosi on myös monosakkaridi. Se on maitosokerin aineosa. Sitä esiintyy myös suurimolekyylisiin hiilihydraatteihin sitoutuneena mm. puuaineksessa pieniä määriä.

#### Disakkaridit

##### Ruokosokeri

Ruokosokeri eli sakkaroosi on tärkein disakkaridi. Taloussokeri on sakkaroosia. Sitä valmistetaan sokeriruosta ja sokerijuurikkaasta. Se koostuu rypäle- ja hedelmäsokerista.

Sokerin valmistuksessa sokeri uutetaan pilkotusta sokerikasvista vedellä, liuos puhdistetaan ja väkevöidään, jolloin sokeri kiteytyy siitä.

Sokerijuurikkaan uutteen jäännöstä, josta sokeria ei enää kiteydy, kutsutaan melassiksi. Se sisältää noin 50 % sokeria. Sokeriruokoa käyttävän teollisuuden jäännös on siirappia.

#### Maitosokeri

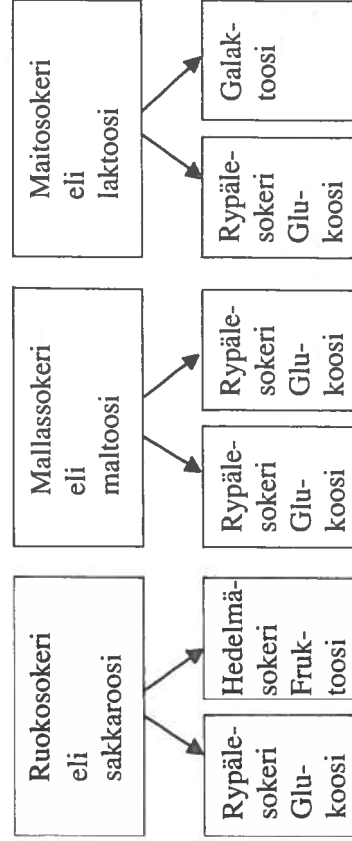
Maitosokeria eli laktoosia on imettäväisten maidossa. Lehmän maito sisältää sitä 4,8 %. Maitosokeri koostuu rypälesokerista ja galaktoosista, joiksi se myös hajaantuu happojen tai laktoosientsyymin vaikutuksesta. Maidon lähes kaikki sokeri on sen herassa.

#### Mallassokeri

Mallassokeri eli maltoosi koostuu kahdesta rypälesokerimolekyylistä. Hiilihydraatteihin kuuluva tärkkelys muodostuu mallassokerista.

KOE 5. Liuota mono- ja disakkarideja kutakin yhtä paljon veteen eri astioihin. Selvitä niiden suhteellinen makeus toisiinsa verrattuna.

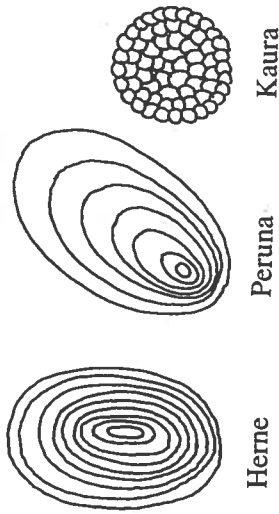
Disakkaridien koostumus on siis seuraava:



## Tärkkelys

### *Muodostuminen ja kemiallinen rakenne*

Tärkkelys muodostuu mallassokerista, joka koostuu rypälesokeriyksiköistä. Rypälesokerimolekyylejä sisältyy tärkkelysmolekyylisiin useita satoja, esim. perunatärkkelyksessä 200–700 kpl. Tärkkelys varastoituu kasveissa siemeniin, juuriin ja mukuloihin. Se on useissa kasveissa lajille tyyppillisinä tärkkelysryväsinä. Niiden perusteella voi kasvilajin tunnistaa.



*Kuva 46. Eri kasvien tärkkelysryväsiä.*

Tärkkelyksen rakenteen perusteella voidaan siinä erottaa haarautumattomista ketjuista muodostunut amyylaasi ja haarautuneista ketjuista muodostunut amylopektiini. Rehuanalyysissä tärkkelys luetaan koolivaksi tytettömiin uuteaineisiin yhdessä sokerin ja orgaanisten happojen kanssa.

### *Ominaisuudet*

#### **Liukenevuus**

Tärkkelys on kylmään veteen melkein liukenematonta, kuumennettaessa yli 45°C:n se muuttuu raskasliikkeiseksi kolloidiliuokseksi. Tällöin sillä on liiman tapaiset ominaisuudet (tärkkelysliisteri).

#### **Hajaantuminen**

Tärkkelys hajaantuu happojen ja entsyymien vaikutuksesta. Hajaantuminen voi tapahtua asteittain riippuen siitä, mikä saa aikaan tärkkelyksen pilkkoutumisen. Lämmitettäessä tärkkelystä 150–200°C-asteeseen tärkkelys hajaantuu veteen liukenevaksi dekstriiniksi. Dekstriini muodostuu muutamista kymmenistä glukoosiyksiköistä. Amylaasientsyymit hajoitavat tärkkelyksen mallassokeriksi ja edelleen maltaasi-entsyymi mallassokerin rypälesokeriksi.

#### *Merkitys*

Tärkkelys on tärkeä ravinto-aine ihmisille ja eläimille. Se on helposti sulavaa ja muuttuu aineenvaihdunnassa rasvaksi, sokeriksi ja maksatärkkelykseksi. Tärkkelystä on viljoissa yli 70 % ja perunassa 70–80 % kuiva-aineesta. Sitä käytetään raaka-aineena mallas- ja alkoholiteollisuudessa.

Tärkkelys on myös jauhon leipoutumiseen vaikuttava tekijä. Viljakaupassa onkin otettu käyttöön sakoluku viljan tärkkelyksen kuntoa kuvaavana ominaisuutena. Sakoluku mittaa itämisen alkuvaiheessa tapahtuvaa alfa-amylaasi entsyymin lisääntymistä jyvässä ja sen aiheuttamaa leivonnan kannalta haitallista tärkkelyksen pilkkoutumista.

#### *Glykogeeni*

Glykogeeni on eläintärkkelystä. Sitä esiintyy maksassa ja lihaksissa. Sen rakenne on periaatteessa samanlainen, mutta monimutkaisempi kuin kasvitärkkelyksen.

#### **Selluloosa**

### *Muodostuminen ja kemiallinen rakenne*

Selluloosa on kasveissa muodostuva yhdiste, joka koostuu rypälesokerimolekyyleistä. Glukoosiyksiköitä on selluloosamolekyylissä peräti 2000–5000.

### *Ominaisuudet*

Selluloosa on useimpiin nesteisiin liukenematonta. Rehuanalyyseissä se luetaan kasvikuittuun kuuluvaksi sen lähisukulaisten hemiselluloosan ja ligniinin kanssa. Ruoansulatuksessa se on vaikeasti sulavaa. Märehtijöiden ruoansulatuskanavassa mikrobit pilkkovat selluloosaa imeytymiskelpoiseksi.

### *Merkitys*

Kasveissa selluloosa on soluseinien rakenneosana antaen varrelle sitkeyttä. Selluloosaa käytetään kuitumaisen rakenteensa vuoksi paperin ja tekstiilituotteiden valmistuksessa ja myös räjähdysaineteollisuudessa nitroselluloosan valmistuksessa.

## AMINOHAPOT

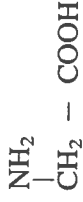
### **Muodostuminen ja rakenne**

Aminohapot sisältävät hiilen, vedyn ja hapen lisäksi aina typpä, toisinaan myös rikkiä. Nimensä ne saavat siitä, että niiden molekyylissä esiintyy yksi tai useampia aminoryhmiä  $-NH_2$  sekä lisäksi karboksyyliryhmä  $-COOH$ . Amino- ja karboksyyliryhmä ovat luonnossa esiintyvissä aminohapoissa liittyneet samaan hiiliatomiin.

Aminohappoja tunnetaan yli 100. Ne esiintyvät joko vapaina tai valkuaisaineiden osana. Valkuaisaineissa niitä esiintyy 23. Kasvit pystyvät valmistamaan kaikkia tarvitsemaan aminohappoja. Eläin ei pysty vapaasti rakentamaan aminohappoja, vaan tarvitsee valmiina ravinnossaan ns. välttämättömiä aminohappoja. Ihmiselle elintärkeitä aminohappoja tunnetaan yhdeksän.

### **Glysiini eli aminoetikahappo**

Rakenteellisesti glysiiniin voidaan ajatella muodostuneen siten, että etikkahapon yksi vetyatomi on korvautunut aminoryhmällä



Glysiini on hyvin monien valkuaisaineiden rakenneosana.

### **Metioniini**

Metioniini on rikkiä sisältävä aminohappo. Se on välttämätön ihmisen ja yksimahaisten eläinten ravinnossa.

### **Betaiini**

Betaiinia esiintyy sokerijuurikkaassa.

### **Lysiini**

Lysiini on ihmiselle ja yksimahaisille eläimille tärkeä aminohappo. Sitä esiintyy viljoissa. Viljojen aminohappokoostumus on kuitenkin sellainen, että yksinomaan viljaa valkuaisravintona käytettäessä lysiniin tarve ei tule täytettyä varsinkaan kasvavalla ihmisellä. Kasvinjalostuksessa pyritään kehittämään entistä runsaammin lysiniä sisältäviä lajikkeita. Herneen lysiinipitoisuus on huomattavasti korkeampi kuin viljojen.

### **Polypeptidit**

Polypeptidit ovat yhdisteitä, jotka muodostuvat siten, että aminohappomolekyylit liittyvät toisiinsa, jolloin irtoaa vettä.

### **Hormonit**

Polypeptidejä ovat useat hormonit. Hormonit ovat eräs ryhmä biokatalyysaattoreita eli ne katalysoivat elävissä elimistössä tapahtuvia reaktioita.

Insuliini on hormoni, joka sisältää 50 aminohappoyksikköä. Myös maidon erittymiseen vaikuttava oksitoksiinihormoni on polypeptidi.



## VALKUAISAINHEET

### Muodostuminen ja kemiallinen rakenne

Valkuaisaineet koostuvat aminohapoista kuten polypeptidit. Niiden molekyyli­massa on kuitenkin suurempi. Tyypeä ne sisältävät keskimäärin 16 %. Useat valkuaisaineet sisältävät myös rikkiä.

Kasvit rakentavat valkuaisaineensa itse valmistamistaan aminohapoista. Eläimet käyttävät valkuaislähteenään joko kasvi- tai eläinkun­nasta peräisin olevaa valkuaista. Ne eivät kuitenkaan pysty käyttä­mään ravinnon valkuaista sellaisenaan, vaan se täytyy ensin purkaa aminohapoiksi, joista eläimet rakentavat itselleen soveliaat valkuai­saineet.

### Kemiallinen luonne

Valkuaisaineet ovat kemiallisesti hyvin muuttuvia yhdisteitä, herkkiä esimerkiksi lämpötilan ja happamuuden muutoksille. Monet valkuais­aineet saostuvat yli 55°C lämpötilassa. Sellaisia valkuaisaineita sisältävät eliöt kuolevat tässä lämpötilassa.

### Ryhmittely

Valkuaisaineet jaetaan kahteen ryhmään:

- yhtenäiset valkuaisaineet eli proteiinit ja
- yhdistetyt valkuaisaineet eli proteidit.

#### *Yhtenäiset valkuaisaineet*

Yhtenäiset valkuaisaineet ovat muodostuneet pelkästään aminoha­poista. Ne jaetaan liukoisuutensa perusteella vesi-, suola-, happo- ja emäsiukoisiin sekä alkoholiin liukeneviin ryhmiin.

Albumiinit ovat tavallisimpia valkuaisaineita. Niitä esiintyy esim. munan valkuaisessa, veren seerumissa ja maidossa. Useat entsyymit ovat albumiineja.

Globuliinit ovat kasvien siemenissä vararavintovalkuaisia, joista kasvi saa alkukehityksensä aikana typpiravintonsa.

Prolamiineja esiintyy viljakasvien varastovalkuaisessa.

Gluteiineja on samoin viljan jyvissä varastovalkuaisessa.

#### *Yhdistetyt valkuaisaineet*

Yhdistetyt valkuaisaineet eli proteidit eroavat proteiineista rakenteel­lisesti siten, että niiden molekyyliin sisältyy aminohappojen ohella jokin muu kemiallinen ryhmä esim. fosforihappo.

Kaseiini on maidon päävalkuaisaine.

Hemoglobiini on veren punainen rautapitoinen väriaine.

Nukleoproteidit ovat solujen tumissa esiintyviä valkuaisaineita. Ne ovat tärkeitä perinnöllisyyden välittäjinä.

### Merkitys

Valkuaisaineilla on keskeinen tehtävä

- 1) kasvi- ja eläinsolujen rakenteissa
- 2) entsyymeinä, jotka toimivat monien elävissä eliöissä tapahtuvien kemiallisten reaktioiden biokatalyysaattoreina
- 3) vararavintolähteinä esim. itävissä siemenissä.

Maailmassa ravinnon riittämättömyys väestön räjähdysmäisen kas­vun johdosta on pitkälti valkuaisaineiden pulaa.

Proteiinin biologinen arvo riippuu sen aminohappokoostumukses­ta. Eläinvalkuainen on tässä suhteessa kasvi­valkuaista arvokkaampaa. Kuitenkin eräiden ns. valkuaiskasvien proteiinit sisältävät runsaasti myös välttämättömiä aminohappoja.

Kasvit pystyvät tuottamaan valkuaista huomattavasti eläimiä tehok­kaammin. Nauta, joka painaa 500 kg, tuottaa valkuaista 0,5 kg/pv. 500 kg soijapapuja tuottaa 50 kg valkuaista/pv. Bakteerit ja hiivasie­net ovat vielä tehokkaampia. Niitä käytetäänkin nykyisin rehuvalkuai­sen tuottamiseen esim. Suomessa selluloosan jäte­liemestä (Pekiloopro­sessi).