

Luonnon rakennusaineet

(Luku professori James C. Philipin teoksesta "Nykyaikaisen kemian ihmeet")

(Säkenille suomensi S, A—e)

Tavallinen tapa luokitella luonnon esineitä ilmenee noissa yleisesti kuulluissa kysymyksissä: "Kuuluuko se eläinkuntaan?" "Kuuluuko se kasvikuntaan?" "Kuuluuko se kivikuntaan?". Vaikkakin kemialliselta kannalta katsottuna meitä liikuttaa pääasiallisesti vain n. s. "kuollut" aine, niin on kuitenkin olemassa paljon eläin- ja kasvikuntaan kuuluvia aineita, jotka meidän on otettava huomioon. Joku määrätty esine voidaan laskea kuuluvaksi jompaankumpaan näistä kahdesta, ei sen perusteella että se on paraikaa elävä, vaan yksinkertaisesti sen vuoksi että se on joskus ollut osana elävästä olionsta, joko eläimestä tai kasvista. Ltuu esim. katsottaisiin kuuluvaksi eläinkuntaan, vaikka se itsessään on niin kuollut kuin olla saattaa, silloin kun se on kerran joutunut erilleen siitä elävästä ja sykkivästä ruumiista, jonka osana se kerran oli. Puuta, jota kevät ei enää saa viheriöimään, pidettäisiin kuitenkin yhä vielä kasvikuntaan kuuluvana, vaikka se elävyyteensä nähden voisi yhtä hyvin olla kivi-lohkare.

Se mikä aiheuttaa koko eroavaisuuden kivikunnan välillä yhdeltä puolen sekä eläin- ja kasvikunnan välillä toiselta puolen, on tuo salaperäinen asia, jota sanotaan "elämäksi", eikä pelkästään ne ainekset, joista eri esineet rakentuvat. On epäilemättä kyllä totta, että ne aineet, jotka esiintyvät kasvien ja eläinten yhteydessä, ovat tavallisesti erikoista laatua ja tätä osotetaan sanomalla niiden

olevan "organisia" eli "elimellisiä", vastakohtaksi "epäorganisille" aineille, jotka ovat erikoisemmin ominaisia kivikunnalle. Vielä noin sata vuotta takaperin luultiin, ettei organisia aineita voisi syntyä muuten kuin elinvoiman vaikutuksesta, mutta tämä huomattiin erehdykseksi. Kemisti voi valmistaa organisia aineita laboratorissaan, lähtemällä epäorganisista aineista, ja siten valmistetut organiset aineet ovat kaikissa suhteissa aivan samoja kuin nekin, jotka muodostuvat elävässä elimistössä. Mutta miten ylpeä kemisti voikin olla saavutuksistaan organisten aineiden valmistamisessa, niin on olemassa yksi asia, jota hän ei ole kyennyt tekemään. nimittäin valmistamaan elävää elimistöä, vaikkapa vain kaikkein yksinkertaisintakaan. Elämää, joka aiheuttaa koko eron organisen aineen ja elävän elimistön välillä, ei ihminen ole vielä tähän saakka pystynyt keinotekoisesti synnyttämään.

Vähänkin asiaa ajatteleamalla huomaamme helposti kuinka äärettömän moninainen on se aineiden paljous, josta meidän maailmamme, sekä organinen (elimellinen) että epäorganinen (elimetön) on rakentunut. Paitsi kivihiltä ja mineraaleja, joita me saamme maan kuoren sisästä, sekä niitä monia aineita, mitä me viljelemme omassa maassamme, on meillä käytettävänämy nykyään kaikki maailman eri äärien tuotteet kaikessa moninaisuudessaan. Mutta tämä tavaton moninaisuus käy jonkun verran yksinkertaisemmaksi, jos

muistamme, että kemistit ovat kyenneet hajottamaan yksinkertaisempiin aineisiinsa useimmat niistä monimutkaisista aineista, mitä me tunnemme. He ovat näyttäneet, että kokoomukseltaan monimutkaisenkin aine voidaan erikoisilla keinoilla, esim. kuumentamalla, hajottaa yksinkertaisempiin aineisiinsa, nämä taas vuorostaan yhä yksinkertaisempiin, kunnes viimein määrättyyn pienimpään, enää vähentymättömään määrään aineita, joita ei voida muuttaa toinen toisikseen.

Näitä "alkuaineita", joiksi kemistit niitä nimittävät, voitaisiin verrata tiilikiviin, joista kaikki tunnetut aineet ovat rakennetut. Niitä on kaikkiaan noin 70 ja jokaisella näistä "tiilikivistä" on omat ominaisuutensa, joiden kautta se eroaa kaikista muista. Näin ollen ei ole vaikeata ymmärtää, miten näiden alkuaineiden yhdistelyn kautta voidaan tulla siihen rajattomaan aineiden moninaisuuteen, mitä luonnossa esiintyy. Sillä lukija huomaa heti, että jos hänellä olisi seitsemääkymmentä eri lajia tiilikiveä, joista jokaisella olisi oma erikoinen väri- ja vahduksensa, ja jos hänet vaadittaisiin niistä rakentamaan eri yhdistelmiä, joissa kussakin olisi vähintään kahta eri lajia tiilikiveä rajattomasti vaihteleva määrä kutakin, niin syntyisi siten lukematon määrä yhdistelmiä.

Mitkä ovat sitte nämä seitsemänkymmentä perusainetta? Useat niistä ovat tuttuja lukijalle, ainakin nimeltään; sellaisia ovat esim. lyijy, rikki, kulta, kupari, fosfori, happi, elohopea, tina, sinkki, rauta, vety, hopea ja hiili. Mutta ainakin puolet, ehkäpä enemmänkin kuin puolet noista seitsemästäkymmenestä alkuaineesta ovat kokonaan tuntemattomia, jo nimeltäänkin, tavalliselle ihmiselle, koskapa useimmat kemistitkään eivät mo-

nestakaan niistä tiedä juuri paljon enempiä kuin nimen. Ja tässä ei ole mitään ihmeteltävää; sillä muuttamien alkuaineiden merkitys, mikäli tulee niiden osallisuuteen luonnon rakennusaineina ja ihmisen palveluksessa, on kovin pieni. Niinpä ei sellaisia alkuaineita kuin esim. glucinum, gallium, scandium ja monet muut, paljoakaan kaivattaisi, vaikkapa ne kokonaan katoaisivat alkuaineiden luettelosta.

Jokaisen, joka haluaa ymmärtää jotakin kemiasta, täytyy olla selvillä siitä osasta, mitä nämä alkuaineet näyttelevät, ja niistä suhteista, missä ne ovat noihin äärettömän moninaisiin luonnossa esiintyviin aineisiin. Jo alkuaineiden itsensäkin joukossa on hyvin monenlaisia eri aineita. Jotkut niistä ovat kaasumaisia, kuten happi, vety, typpi, kloori ja helium; kaksi niistä on tavallisissa oloissa nestemäistä, nim. elohopea ja bromi; suuri enemmistö sitävastoin on jähmeitä, metallit muodostaen näistä suurimman joukon. Mutta tämä jako kaasumaisiin, nestemäisiin ja jähmeisiin aineisiin on jonkun verran mielivaltaista ja pitää paikkansa ainoastaan niissä erikoisissa olosuhteissa, mitkä vallitsevat meidän maapallollamme. Niillä taivaankappaleilla, jotka ovat paljon kuumempia kuin meidän maapallomme, on moni niistä alkuaineista, jotka me olemme tottuneet tuntemaan jähmeässä muodossa, kaasumaisessa tilassa. Siinä tavattomassa kuumuudessa, mikä vallitsee auringossa, on yksinpä rautakin kaasuna.

On muistettava, että alkuaineita tavataan luonnossa useimmiten josakin muodossa toinen toisiinsa yhtyneinä. Ainoastaan jotkut harvat niistä esiintyvät vapaina eli "luontaisina". Jalot metallit ja jotkut muut alkuaineet, sellaiset kuin esim. kupari, rikki, happi ja typpi,

kuuluvat viimeainittuun luokkaan, mutta ne mineraalit (kivennäiset), jotka muodostavat suurimman osan maapallon kuoresta, ovat muiden alkuaineiden happi- ja rikkiyhdistyksiä. Se seikka, että muutamat alkuaineet eivät koskaan esiinny luontaisina, käy ymmärrettäväksi, kun tutustumme näiden alkuaineiden ominaisuuksiin. Otetaan esim. fosfori. Kemistit ovat kyenneet erään määrätyn taitavan menettelyn kautta eristämään tämän alkuaineen luutuhasta, mutta sillä on sellainen vastenmielisyys yksinään olemiseen, että jollei ryhdytä erikoisiin varovaisuustoimenpiteisiin sen estämiseksi, pääsemästä kosketukseen ilman kanssa, niin se yhtyy ilman happeen, ja palaa sitten takaisin yhdistyneeseen muotoonsa. Näin ollen on helposti ymmärrettävissä, miksi fosforia ei koskaan tavata luonnossa vapaana ja sama selitys pitää paikkansa myöskin toisiin alkuaineisiin nähden, joita ei tavata luontaisina.

Lukija kentiesi nyt kysynee: Onko sitte aivan varmaa, että n. s. alkuaineet edustavat niitä lopullisia perusaineita, joista luonnon valtakunta on rakennettu? Eikö ole mahdollista, että jotkut aineet, joita nykyään pidetään alkuaineina, voivat osottaa olevankin yhdistymiä muista alkuaineista? Tämä on täysin mahdollista, mutta ei varsin luultavaa. On tosin totta, että veden, soodan ja potaskan, joita vielä noin sata tai sata kaksikymmentä vuotta takaperin pidettiin alkuaineina, huomattiinkin myöhemmin olevan kemiallisia yhdistyksiä ja on mahdollista, että samalla tavalla tulisi käymään myöskin tulevaisuudessa (joidenkin nyt alkuaineina pidettyjen aineiden). Mutta sellainen on vähemmän luultavaa meidän päivinämmä, sillä aine, jonka on käytä-

vä läpi kemistin nykyaikaisten hyökkäys- (s. o. hajotus-) keinojen "kujanjuoksun", voi tuskin päästä ehjin nahoin leikistä, jolle se todella ole alkuaine.

Kysymykseen siitä, missä määrin nykyisin hyväksyttyä alkuaineiden luetteloa voidaan pitää lopullisena, on radiumin keksintö luonut mieltäkiinnittävää ja jonkunverran hämmästyttävää valoa. Sillä näyttää siltä, että radium, vaikka se onkin alkuaine tuon sanan yleisesti hyväksytyssä merkityksessä, on alituisesti muuttumassa toiseksi alkuaineiksi, näiden muuttumistuotteiden joukossa yhtenä ollen mm. kaasumainen alkuaine helium. Jo muinaisajan alkemistit olivat sitä mieltä, että alkuaineita voitaisiin muuttaa toinen toisikseen, mutta kemian koko kehitys viime vuosisadan ajalla oli tämän ajatuksen hyväksymistä vastaan. Ja juuri silloin kun kemistit olivat pääsemässä varmalle (kielteiselle) kannalle tuohon tärkeään kysymykseen nähden, tuli radiumin keksintö ja teki taas koko jutun epävarmaksi. Jos tulisi epäämättömästi todistetuksi, että alkuaine voidaan todella muuttaa toiseksi, kuten radium näyttää muuttuvan heliumiksi, niin silloin on saatu tukea sille hypoteesille, että alkuaineet ovat yksinkertaisesti vain saman alkuperäisen emä- eli perusaineen eri muunnoksia. Tämä uskotavalta kuulostava väite tehtiin jo kauan sitte ja se on uudistettu aina tuon tuostakin, mutta kokeellisten tutkimusten tulokset ovat puhuneet sen hyväksymistä vastaan.

Edellä on alkuaineista puhuttaessa jo useampia kertoja huomautettu niiden esiintymisestä toisiin alkuaineisiin yhtyneinä, kemiallisina yhdistyksinä. Kahden alkuaineen kemiallinen yhdistys on jota-kin vallan toista kuin pelkkä seos. Yhdistyessään keskenään kemialli-

sesti nuo kaksi alkuainetta yhtyvät hyvin läheisesti ja perinpohjaisesti, sillä seurauksella että kumpainkin ikäänkuin menettää oman yksilöllisyytensä, ja syntyy kokonaan uusi yksilö, jolla on toiset ominaisuudet. Jos kuvittelemme nuo kaksi keskenään yhtyvää alkuainetta kahdeksi eriväriseksi tiilikiveksi, niin tuo yhtyminen ei tapahdu ainoastaan siten, että nuo tiilikivet tulisivat asetetuiksi vierekkäin, niin että toinen voitaisiin koska tahansa esteettä nostaa pois toisen viereltä, vaan ne sekaantuvat täydellisesti toinen toisiinsa ja sulautuvat jollakin arvotuksellisella tavalla yhdeksi uudeksi tiilikiveksi, joka eroaa sekä muodoltaan että väriltään kummastakin alkuperäisestä tiilikivestä. Ainoa, mitä voimme varmuudella sanoa tuosta uudesta tiilikivestä, on, että sen paino on yhtä suuri kuin noiden kahden alkuperäisen tiilikiven paino yhteensä.

On hyvin mieltäkiinnittävää tehdä se havainto, että muutamissa tapauksissa me voimme kahdesta alkuaineesta valmistaa joko niiden seoksen tai kemiallisen yhdistyksen. Kaksi sellaista alkuainetta ovat rauta ja rikki. Jos hienoja harmaanvärisiä rautaviilajauhoja sekoitetaan huolellisesti keltaiseen rikkijauhoon, saadaan seosta survomalla tasavärinen jauhe, jonka väri on harmaan ja keltaisen välillä. Tässä mekaanisessa eli koneellisessa seoksessa pysyy kummallakin aineella omat ominaisuutensa aivan kuin toista ainetta ei olisi olemassakaan. Rautahiukaset voidaan saada erilleen tuosta seoksesta magneetin avulla. Rikkahiukaset taas voidaan eristää uuttamalla ne seoksesta jollakin liuottimella, joka liuottaa rikin, mutta ei rautaa (sellainen liuotin on esim. eräs rikkihiihi-niminen neste). — Lukija huomaa näin ollen tästä, että on

verratan helppo asia erottaa toisistaan mekaanisen seoksen eri aineosat.

Otaksutaanpa nyt, että vähän tuota rauta-rikki-seosta pannaan lasiseen koeputkeen ja kuumennetaan sitä liekillä. Seoksessa tapahtuu tällöin ilmeisesti jokin tärkeä muutos, sillä liekin päällä oleva putken sisältö alkaa kiivaasti hehkuua, kunnes sen lämpö on kohonnut valkohehkuun saakka. Sittekin, vaikka putkea ei enää ulkoapäin kuumenneta ja liekki viedään pois putken alta, jatkuu tuota hehkumista siihen asti, kunnes tuo hehkumisilmiö on kulkenut koko rautarikki-seoksen läpi päästä toiseen. Tämä merkillinen energian purkaus on todistuksena raudan ja rikin kemiallisesta yhtymisestä ja jos tämän yhtymisen tulosta jäähdytyään tutkitaan, niin huomataan että todella on syntynyt uusi aine, jolla on kokonaan uudet ominaisuudet. Siinä ei enää ole mitään rautahiukkasia, jotka voitaisiin magneetilla eristää, eikä voida löytää mitään sellaista nestettä, joka siitä erottaisi rikin ja jättäisi jäljelle raudan. Rauta- ja rikkihiuksaset eivät enää ole vierekkäin; ne ovat yhtyneet ja sulautuneet yhdeksi, muodostaen yhdistyksen, uuden aineen — rikkiraudan eli rautasulfidin — jonka ominaisuudet ovat kokonaan erilaiset kuin raudan tai rikin.

Lukemattomia muita esimerkkejä voitaisiin esittää siitä perinpohjaisesta erosta, mikä on olemassa kahden alkuaineen pelkän seoksen ja niiden kemiallisen yhdistyksen välillä. Muuan tuttu esimerkki on ruuti. Se on rikin, hiilen ja salpietarin mekaanista seosta ja vasta silloin kun ruuti sytytetään, alkaa todellinen kemiallinen yhtymisprosessi niiden välillä. Tämän prosessin tuloksena on useiden uusien kaasumaisten aineiden muodostu-

minen, jotka ovat ehdottomasti kokonaan erilaisia kuin alkuperäiset ruudin aineosat.

Paitsi sitä perinpohjaista ominaisuuksien muutosta, joka seuraa kahden alkuaineen yhtymistä, ovat kemistit keksineet muutamia hyvin merkillisiä tosiseikkoja, jotka koskevat niitä painosuhteita, missä noiden alkuaineiden yhtyminen tapahtuu. Alkuaineet ovat erittäin tarkkoja siinä suhteessa, kuinka pitkälle ne antautuvat yhtymään jonkun toisen alkuaineen kanssa eikä mikään saa niitä menemään pitemmälle kuin määrätyn matkan, kohdatakse toisten alkuaineiden lähestymistä. Kun rauta ja rikki yhtyvät, ne tekevät niin suhteissa: seitsemän osaa rautaa neljään osaan rikkiä. Jos kuumennetaan seosta, joka sisältää esim. kahdeksan grammaa rautaa ja neljä grammaa rikkiä, niin mikään ei saa tuota yhtä ylimääräistä grammaa rautaa luopumaan itsenäisyydestään ja yhtymään rikkiin. Samalla tavalla, jos ottaisimme seoksen, jossa on seitsemän grammaa rautaa ja viisi grammaa rikkiä, niin tuo ylimääräinen gramma rikkiä kieltäytyisi ehdottomasti muuttumasta miksikään muuksi kuin rikiksi. Niin ollen alkuaineet yhtyvät tarkalleen määrättyissä suhteissa. Kuinka tahansa ja missä tahansa joku yhdistys syntyykin, joko sitte kemistin laboratorissa tai luonnon laboratorissa, niin se on aina kokoonpantu samoista alkuaineista yhtyneinä keskenään täsmälleen samoissa määräsuhteissa eli painomäärissä.

On tosin tapauksia, joissa kaksi alkuainetta yhtyy muodostaen useamman kuin yhden yhdistyksen. Niinpä esim. on olemassa kaksi kuparioksidia (kuparin ja hapen yhdistystä), joista toinen sisältää kahdeksan paino-osaa kuparia kah-

nen kahdeksan paino-osaa kuparia yhtä paino-osaa kohti happea. Huomatkaa, että happimäärän, joka yhtyy kahdeksaan osaan kuparia, täytyy olla joko yksi tai kaksi paino-osaa; mitään yhdistystä ei voida muodostaa, joka sisältäisi yhden ja kahden paino-osan välillä happea kahdeksaa osaa kohti kuparia. Ja tämä on vain yksi esimerkki siitä, mikä havaitaan aina olevan laita. Kun joku alkuaine yhtyy toiseen muodostaen useamman kuin yhden yhdistyksen, niin ne toisen alkuaineen määrät, mitkä yhtyvät määrättyyn painomäärään ensimmäistä alkuainetta, suhtautuvat kuin yksi kahteen tai kaksi kolmeen — yleensä kuin kokonaisluvut.

Nämä tärkeät ja merkilliset seikat, jotka koskevat niitä määräsuhteita, missä alkuaineet yhtyvät keskenään, keksittiin pian sen jälkeen kun vaaka oli tullut osaksi kemiallisen laboratorin säännöllistä kalustoa ja kemistit alkoivat hakea selitystä tälle ilmiölle. Seuraus oli, että he joutuivat pitämään ainetta rakennettuna äärettömän pienistä eri hiukkasista, joita sanottiin molekyyleiksi ja joita ei enää voitu jakaa millään muulla kuin kemiallisilla keinoilla. Pieni palanen rautaa, kylliksi suurennettuna, muistuttaisi näin ollen kannunankuulakasaa, jossa jokainen kuula edustaisi molekyylä. On muistettava luonnollisestikin, että tämä on ainoastaan teoria, kuva, sillä kukaan ei ole koskaan jakanut ainetta niin hienoon tilaan, ettei sitä olisi voitu jakaa vieläkin hienommaksi; yksinäistä, erillään olevaa molekyylä ei ole koskaan voitu eristää; sen täytyy tosiaankin olla paljon pienemmän kuin mikään, mitä koskaan on nähty voimakkaimmankaan mikroskoopin alla.

Vaikkakin jonkun aineen mole-

kyyli on pienin osa tuota ainetta, mikä voi omin päin olla olemassa, niin on mahdollista hajottaa se vielä kemiallisin keinoin. Kemistien kokeilut ovat johtaneet heidät uskomaan, että molekyyli on kokoonpantu niin sanotuista atomeista, joskus samanlaisista, joskus erilaisista. Kun kaikki molekyylin atomit ovat samanlaisia, niin kysymyksessä on silloin alkuaine; kun atomit ovat erilaisia, on kysymyksessä yhdistys. Erottaaksemme toisistaan ne atomit, jotka ovat yhdessä läsnä jossakin molekyylistä, me tuomme sen rinnalle toisen molekyylin, jossa on toisenlaisia atomeja. Useissa tapauksissa silloin atomit nopeasti vaihtavat kumppania ja syntyy uusia molekyyliä, s. o. uusia aineita. Otaksukaamme nyt esim. että me tuomme yhteen molekyylin AB, joka sisältää yhden atomin A ja yhden atomin B, sekä toisen molekyylin CD, sisältäen yhden atomin C ja yhden atomin D; silloin tapahtuu kemiallinen reaktio (ainevaihdos), josta on seurauksena kahden uuden molekyylin, AC:n ja BD:n, tai mahdollisesti AD:n ja BC:n, muodostuminen.

Tämä tapa kuvata aineen kokoomusta tekee meille mahdolliseksi selittää ne tarkat paino-suhteet, joissa alkuaineitten on huomattu ja huomataan yhtyvän keskenään. Otetaanpa esim. jo ennen mainitut kuparin ja rikin yhdistykset. Kemistit ovat tulleet siihen johtopäätökseen, että kupariatomi on neljä kertaa niin raskas kuin happiatomi. Yksinkertaisin keino, millä yhtyminen voisi tapahtua, olisi se, että yksi atomi kuparia yhtyisi yh-

teen atomiin happea muodostaen yhden hiukkasen (tai molekyylin, joksi sitä nimitetään) kuparioksiidiä. Jokainen kuparioksiidi-molekyyli niin ollen sisältäisi neljä paino-osaa kuparia yhtä paino-osaa kohti happea — eli, mikä on sama asia, kahdeksan paino-osaa kuparia kahta paino-osaa kohti happea. Ja se, mikä on sanottu jokaisesta eri molekyylistä, voidaan sanoa myöskin kuparioksidimassasta, joka on yksinkertaisesti vain kokonaissumma myriadeista eri molekyyleistä. Kuparin suhde happeen kuparioksidimassassa olisi sama kuin jokaisessa molekyyliyksilössäkin.

Muistaen että atomit ovat jakamattomia me voimme helposti nähdä, että seuraava yksinkertaisin tapa, miten kupari voisi yhtyä happeen, olisi se, että kaksi atomia kuparia yhtyisi yhteen atomiin happea tai yksi atomi kuparia yhtyisi kahteen atomiin happea. Kun kupariatomi on neljä kertaa niin raskas kuin happiatomi, sisältäisi edellin näistä kahdesta yhdistyksestä kahdeksan paino-osaa kuparia yhtä paino-osaa kohti happea, kun taas jälkimäinen sisältäisi kahdeksan paino-osaa kuparia neljää paino-osaa kohti happea. Kuten edellä on mainittu, on yksi näistä yhdistyksistä, nimittäin edellinen, todella keksitty, ja on luultavaa, että jälkimäisenkin on olemassa.

Aineen kokoomusta koskevan atomiteorian avulla voimme me niin ollen selittää sen merkillisen yksinkertaisuuden ja säännöllisyyden, joka on ominaista alkuaineiden yhtymistavalle.