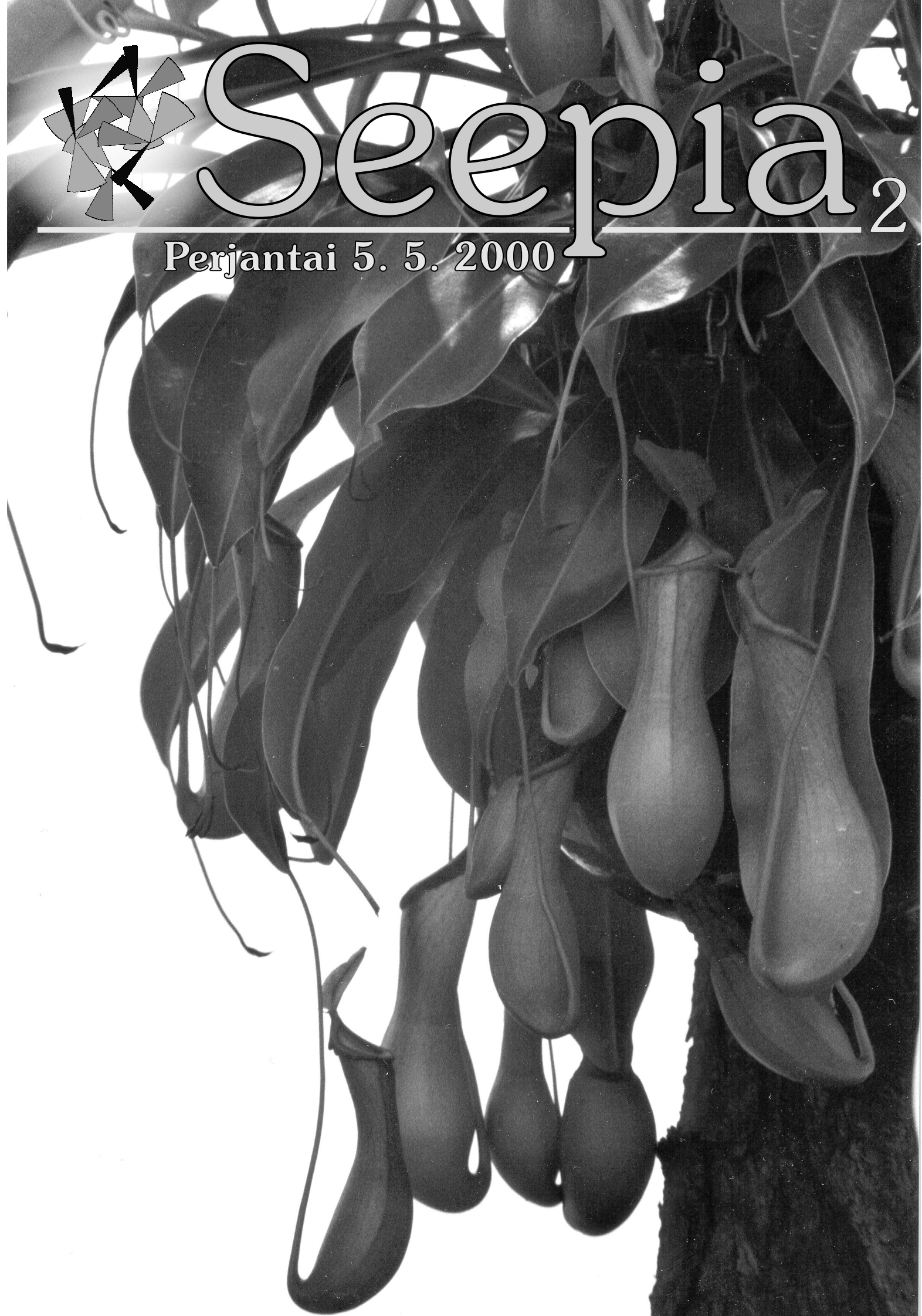


Seepia₂

Perjantai 5. 5. 2000



Tässä numerossa

3. Lihansyöjäkasvit
10. Raportti Saran Ošista
13. Euphorbia canariensis
14. Metabolian merkit
22. Kone, joka voitti Napoleonin
23. Kromatografiaa
24. Tykkien ballistiikkaa
28. Matematiikkaa afrikkalaisessa kalaha-pelissä
30. Martin Guerren paluu
32. Valon vankilat
36. Kirjallisuutta

Algebran oikkuja

Matemaattiset yhtälöt osoittautuvat ajoittain perin merkittäviksi. Ajatellaan, että ostetaan 100 kg perunoita, joista 99 % on vettä ja 1% kiinteää peruna-ainesta. Perunat jäävät ulos auringonpaisteseen ja nahistuvat sen verran, että niistä enää 98% on vettä. Tällöin perunasäkki painaa — 50 kg! Tarkastellaan ongelmaa merkitsemällä perunoiden painoksi 100a. Veden määrä on siis 99a ja kiinteän aineen a. Kun peruna-aineen osuus kuivahtamisen jälkeen on 2 %, voidaan muodostaa yhtälö $0,02x = a$, josta $x = 50a$, eli säkin paino on todellakin puolet alkuperäisestä.

Sen jälkeen pieni matemaattinen todistus. Oletetaan, että $a = b$. Kerrotaan yhtälö puolittain a:lla, jolloin saadaan $a^2 = ab$. Vähennetään puolittain b^2 : $a^2 - b^2 = ab - b^2$. Jaetaan molemmat puolet tekijöihin, $(a + b)(a - b) = b(a - b)$. Kun supistetaan $(a - b)$:llä, saadaan $a + b = b$, ja koska alkuoletuksen perusteella $a = b$, $2b = b$ eli $2 = 1$ m.o.t.

Teemu Varis

Seepia on Ressun lukion julkaisema neljä kertaa vuodessa ilmestyvä yleissivistävä lehti. Sitä jaetaan ilmaiseksi Helsingin matematiikka- ja luonnontiedelukioiden opiskelijoille.

Päätoimittaja:

Teemu Varis

Toimituskunta:

Aapo Ahola

Petri Arvo

Einar Karttunen

Jaakko Kortesharju

Sampo Tiensuu

Teemu Varis

Ulkoasu:

Sampo Tiensuu

Toimitukseen voi ottaa yhteyttä sähköpostitse:

toimitus@seepia.org tai koulujen sisäisen postin kautta (Ressun lukio / Pekka Piri).

Seepian kotisivut ovat internetissä osoitteessa:

www.seepia.org

Olemme kiitollisia palautteesta, korjauksista ja kysymyksistä.

Mikäli haluaisit kirjoittaa artikkelin Seepiaan, ota yhteyttä.

Seepian toimituksella on ylin päätösvalta julkaistavan materiaalin suhteen. Emme vastaa tilaamattoman materiaalin säilyttämisestä tai palauttamisesta.

Artikkelien tekijänoikeudet ovat niiden kirjoittajilla. Kuvien tekijänoikeuksien haltijat on mainittu niiden vieressä. Seepialla on kuitenkin oikeus korvauksetta käyttää uudelleen siinä julkaistua materiaalia.

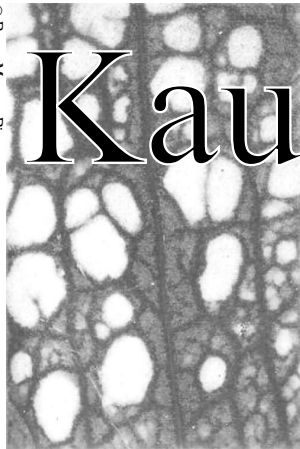
Julkaisun tai sen osien kopioiminen on kielletty lukuun ottamatta kopiointilain sallimaa osittaista kopiointia opetustarkoituksiin tai yksityiskäyttöön.

Seepian edellisiä numeroita voi tilata jälktilauksena hintaan 5 mk/kpl + postitus- ja käsittelykulut 20 mk niin kauan kuin painosta riittää.



2000.hel.fi
Euroopan kulttuurikaupunki
Europas kulturstad
European City of Culture

© Barry Meyers-Rice



Kauniita ja ovelia ansoja

Aikojen kuluessa kasvit ovat sopeutuneet eelämään sangen erilaisissa ekologisissa loke-roissa ja kehittäneet mitä moninai-simpia selviytymisstrategioita, ta-poja selviytyä kilpailussa tilasta ja valosta ja ravinteista. Kasvit käyt-tävät eläimiä hyväkseen lähes yhtä monin tavoin kuin eläimet kasveja. Jotkut ovat jopa oppineet pyydystämään ja syömään eläi-miä. Kasveja, jotka pyydystävät ja tappavat eläimiä, sulattavat ne ja käyttävät sulatustuotteet ravin-nokseen kutsutaan lihansyöjäkas-veiksi.

Lihansyöjäkasvien löytämi-sen jälkeen (D. anglica, 1554) kes-ti vielä kauan, ennen kuin niitä opittiin ymmärtämään. Kihokin lehdistä löytyneistä hyönteisistä ei monissa varhaisissa kuvauksissa ollut lainkaan mainintaa, ja vielä pitkään kasvitieteilijät uskoivat niiden pyydystävän hyönteisiä vain itsepuolustukseksi. Ensimmäinen ehdotus kihokin mahdollisesta hyönteissyönnistä on peräisin vuodelta 1780, 226 vuotta ensim-mäisen kihokkikuvauksen jälkeen. 1800-luvulla ajatus kasvien tavas-ta syödä lihaa alkoi jo olla yleisesti hyväksytty, ja lihansyöjäkasvit tu-livat tuli myös laajemmalti tunne-tuksi, kun evoluutio-opin kehittä-jän Charles Darwinin teos ”Insecti-vorous Plants” ilmestyi 1875. Lihansyöjäkasvit synnyttivät sekä kiinnostusta että pelkoa. Ajateltiin, että jos kasvit voivat pyydystää

hyönteisiä, niin mikseivät myös ih-misiä. Tämä synnytti muun muas-sa tarinan Madagaskarin ihmis-syöjäpuusta. Myös luonnonkansojen keskuudessa esiintyy lihan-syöjäkasvien pelkoa: eräiden alku-asukasheimojen jäsenet eivät us-kalla koskea *Nepenthestä* peläten siinä piileviä maagisia voimia.

Nykyään tunnetut lihan-syöjäkasvit kuuluvat kuuteen eri heimoon, jotka lienevät kaikki ke-hittyneet toisistaan riippumatta. Maapallon historian aikana kasvit ovat siis keksineet lihansyönnin ainakin kuusi kertaa.

Miksi kasvit sitten syövät li-haa? Mikseivät ne voi vain tyytyä elämään maasta imemiensä ravin-teiden ja yhteyttämistuotteittensa avulla kuten muutkin kasvit? Kasvien elinympäristöjä verratta-essa havaitaan, että lähes kaikki li-hansyöjäkasvit elävät kosteilla kasvupaikoilla, kuten soilla tai ve-sistöissä. liuottavan veden vuoksi on maaperässä niukasti ravinteita. Niinpä kasvien on sopeuduttava selviytymään vähillä ravinteilla tai kehitettävä lisää menetelmiä ra-vinteiden hankkimiseksi, kuten li-hansyönnin tai loisimisen Lihan-syöjäkasvien kehittyminen vähä-ravinteisessa ympäristössä on siis pikemminkin erittäin todennäköis-tä, samoin kuin elämän syntymi-sen sanotaan olevan erittäin to-dennäköistä Maan kaltaisilla pla-neetoilla. Lihansyöjäkasveja tun-netaan yhteensä noin 600 lajia eri puolilta maailmaa, mikä kertoo li-

hansyönnin tehokkuudesta. Suo-mesta lihamnsyöjäkasvilajeja on tavattu kaksitoista.



Kuva 3: Pitkälehtikiuhokki (*Drosera longifolia*) kukkii. Kukka on auki vain muu-taman tunnin jonakin aurin-koisena päivä-nä. Jos päivät ovat pilvisiä, kukka ei avau-du ollenkaan ja siemenet synty-vät itsepölyttei-sesti.

Erilaisia ansoja

Eri kasviheimot ovat kehit-tyneet toisistaan riippumattau ja ne käyttävät erilaisia menetelmiä saaliinsa pyydystämiseksi. On mielenkiintoista, että nämä usein muistuttavat ihmisen luomia anso-ja, kuten karpaspaperia, hiiren-loukkua tai sudenrautoja. Ansat jaotellaan yleensä kahteen pää-tyyppiin: aktiivisiin ja passiivisiin ansoihin. Aktiiviset ansat liikkuvat saadakseen saaliin kiinni, kun taas passiiviset vain odottavat...

© Barry Meyers-Rice



Kuva 4a: *Pinguicula leptoceras*. Lehdistä näkyvät pisteinä pyyntikarvat, joiden varsi koostuu yhdestä ainoasta solusta.

Kärpäspaperia

Kihokit (*Drosera*) ovat varmasti tuttuja kaikille Suomen soilla liikkuneille. Maassa on tiheässä pieniä kellanvihreitä ruusukkeita, joiden pyöreät tai pitkulaiset lehdet ovat punaisten pyyntikarvojen peitossa. Jokaisen karvan päässä kiiltää kirkas nestepisara.

Kihokien saaliit ovat pääasiassa hyttystä pienempiä hyönteisiä, vaikka ansaan jää silloin tällöin myös neidonkorentoja tai mittariperhosia. Hyönteinen tarttuu kihokin pyyntikarvojen päihin erittyviin

tahmeisiin pisaroihin. Yrittäessään irroittautua hyönteinen aiheuttaa mekaanisen ärsyksen, joka saa karvan kääntymään lehden keskustaa kohti. Näin hyönteinen tarttuu yhä useampiin karvoihin,

peittyä lopulta kokonaan lima- ja kuolee liman tukkiessa sen hengityselimet. Limassa olevat entsyymit liuottavat hyönteisestä ravinteita, lähinnä typpeä ja fosforia, jotka imeytyvät kasvin lehtiin sekä toimivat kemiallisena ärsyksenä saaden koko lehden kiertymään saaliin ympärille. Karvat taipuvat noin viidessätoista minuutissa, mutta lehden taipumiseen kuluu yleensä joitakin päiviä. Koko sulatusprosessi kestää noin kymmenen päivää, jonka jälkeen lehti avautuu uudelleen. Vain hyönteisen kitiinikuori on enää jäljellä. Kihokkeja kasvaa kaikkialla

maailmassa ja niitä tunnetaan yhteensä noin 150 lajia. Ulkomuoto vaihtelee suuresti lajien välillä. Lehtiä on kaiken muotoisia, ja kasvien koko vaihtelee muutaman sentin kokoisesta ruusukkeesta yli metrin korkuisiin haarautuviin ja runsaslehtisiin kasveihin. Suomessa kihokkeja kasvaa kolmea lajia: soiden kosteissa rimmissä kasvava pitkälehtikihokki (*D. longifolia*), kuivemmillä mättäillä viihtyvä pyöreälehtikihokki (*D. rotundifolia*) sekä Etelä-Suomessa harvinainen pikkukihokki (*D. intermedia*).

Yökönlehdet (*Pinguicula*) eivät ole kihokeille sukua, mutta ne ovat sopeutuneet käyttämään saman kaltaista pyyntimenetelmää. Niiden soikonmuotoiset lehdet ovat hyvin pienien karvojen peittämiä. Karvan varsi muodostuu yleensä vain yhdestä solusta, jonka päässä on muutamasta solusta muodostuva rauhanen. Kun hyönteinen tarttuu rauhanen erittämiin pisaroihin, laskee karvojen ja lehden solujen solunesteen paine, jolloin hyönteisen alle muodostuu kuoppa, johon kerääntyy erityisen paljon limaa. Lehden reunat myös taipuvat kihokin tavoin suuremman hyönteisen jäädessä saaliiksi. Yökönlehtiä tunnetaan 69 lajia, joista kolmea tava-

Miten kasvit liikkuvat

Lähes kaikissa kasveissa on havaittavissa jonkinlaista liikkumista. Tämä ilmenee esimerkiksi kukan kääntymisenä aurinkoon päin, tai kukan avautumisena ja sulkeutumisena vuorokaudenaikojen mukaan, kuten lumpeilla. Tällainen hidas liike johtuu yleensä solujen jakaantumisesta: kasvi taipuu, kun ulkoreunan solut kasvavat sisäreunan soluja nopeammin. Näin tapahtuu myös kihokin ja yökönlehden lehtien ja karvojen taipuminen.

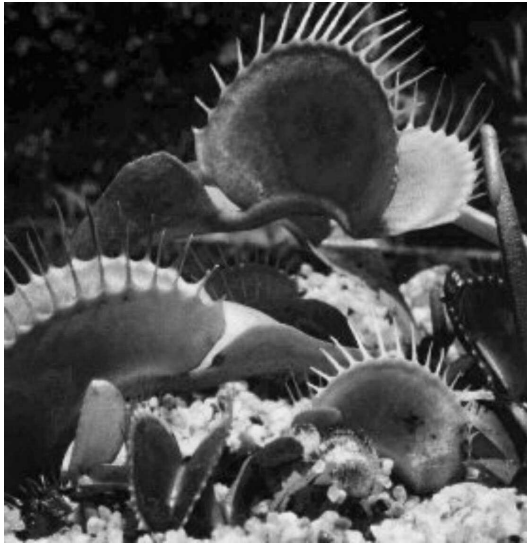
Kärpäsloukun tavoin nopeasti liikkuvat kasvit ovat sitävastoin suuresti hämmästyttäneet tiedemiehiä. Kärpäsloukun ja tämän sukulaisen *Aldrovanda Vesiculosan* liikuntamekanismeja onkin tutkittu paljon. Sulkeutuessaan kärpäsloukku siirtää protoneita ulkopinnan soluihin, jolloin ne tulevat happamiksi. Tämä aiheuttaa osmoottisen paine-eron, jonka vaikutuksesta suuri määrä vettä siirtyy sisäpinnan soluista ulkopinnan soluihin, mikä aiheuttaa lehden taipumisen. Solujen on todettu kuluttavan jopa 30% ATP:stään¹⁾ tässä operaatiossa. Myös muita nopeasti liikkuvia kasveja tunnetaan, kuten *Ibicella lutea*, eli ”paholaisen kynsi”, jonka lehdet liikkuvat kosketettaessa — ilmeisesti itsepölytyksen välttämiseksi, sekä tuntokasvina tunnettu Mimosa.

1) ATP-molekyylit (adenosiinitrifosfaatti) toimivat solujen tilapäisenä energiavarastona. Energiaa vapautuu, kun ATP muuttuu ensin ADP:ksi (di) ja edelleen AMP:ksi (mono).

© Sampo Tiensuu



Kuva 4b: *Pinguicula primuliflora*



Kuva 5a: Kärpäsloukun avoimia ansoja. Kun tuntokarvaa kosketetaan, puoliskot sulkeutuvat nopeasti hyönteisen ympärille.

taan Suomesta.

Kasveilla tavataan myös passiivisia ”kärpäspapereita”, joissa ruoansulatusnestettä on niin paljon, ettei kasvin tarvitse liikkua. Tällaisia ovat mm. Sateenkaarikasveiksi kutsutut *Byblikset* sekä ”portugalinkihokki” (*Drosophylum lusitanicum*).

Nopea kärpäsloukku

Tunnetuin lihansyöjäkasvi lienee aktiivisesti saalistava kärpäsloukku (*Dionea muscipula*), jota kasvaa ainoastaan yhdellä suoalueella Yhdysvalloissa Etelä- ja Pohjois-Carolinan raja-alueella.

Kärpäsloukun ansa toimii kuin ketunraudat. Sen kaksi puolisko sulkeutuvat saaliin ympärille lämpötilasta riippuen 1–3 sekunnissa.

Hyönteisten houkuttelemiseksi puoliskojen ulkoreunassa on kapea vyöhyke, jossa on meden kaltaista nektaria erittäin rauhasia. Suurin osa hyönteisistä joutuu ansaan nektarin houkuttelemisella, mutta saaliseläinten joukossa on medenkerääjien lisäksi muitakin hyönteisiä, jotka ovat vain sattumalta osuneet paikalle. Jäljelle jäävällä alueella on ruoansulatusrauhasia, jotka ovat yleensä houkuttelevan kirkkaanpunaisia. Tä-

män alueen keskellä on usein kolme, mutta joskus myös kaksi tai neljä tuntokarvaa. Varmuuden vuoksi yksi karvan kosketus ei vielä riitä ansan sulkeutumiseen, vaan hyönteisen täytyy koskettaa uudelleen joko samaa tai toista karvaa noin kahdenkymmenen sekunnin sisällä.

Kärpäsloukun sulkeutumisessa on kaksi vaihetta. Ensimmäisessä vaiheesta puoliskot sulkeutuvat mahdollisimman nopeasti, jolloin saalis jää loukkuun puoliskojen ulkoreunojen lomittain asetuvien pitkien piikkien taakse. (Vaikka piikit sijaitsevat harvassa, ja saattavat siksi vaikuttaa tehottomilta, on kuitenkin sangen tarkoituksen mukaista päästää pienet ravintoarvoltaan liian vähäiset hyönteiset pakenemaan, sillä niiden sulattaminen ei ole kasville edullista. Näin ansa pääsee mahdollisimman pian aukeamaan suurempaa saalista varten.) Toisessa vaiheessa puoliskot painautuvat tiiviisti toisiaan vasten, ja painavat saaliin lähelle alareunaa, missä saalis peittyä valkeaan ruoansulatusnesteeseen.

Vesiherneet

Yökönlehtien kanssa samaan heimoon kuuluvat vesiherneet (*Urticularia*). Näillä kahdella suvulla ei kuitenkaan näytä olevan paljoakaan rakenteellista yhtäläisyyttä, ja sukulaisuus käy ilmi lähinnä saman kaltaisista kukista. Useimmat vesiherneet ovat juuretomia uposkasveja. Niiden varteen muodostuu pieniä läpällisiä pyyntirakkuloita. Vesiherne siirtää

vettä rakkulan seinämän läpi sisäpuolelta ulkopuolelle, jolloin rakkulan sisälle muodostuu alipainetta, mikä näkyy rakkulan litistymisenä. Rakkulan tuntokarvojen kosketus taivuttaa suun sulkevaa läppää hieman, mutta kuitenkin tarpeeksi rikkoakseen tasapainon, joka pitää läppää paikallaan. Paine-ero vetää läpän sisään, jolloin sisäänsyöksyvä vesi vie mukanaan karvaa koskettaneen eläimen. Paine-eron tasaannuttua tarpeeksi luukku sulkeutuu. Vesiherneiden hallussa on lihansyöjäkasvien nopeusennätys: ansan laukeaminen kestää vain noin $\frac{1}{30}$ sekuntia. Ansan virittyminen uudelleen sitävastoin kestää puolesta kahteen tuntiin. Muista lihansyöjäkasveista poiketen energiaa ei kulu ansan laukeamisessa vaan sen virittämisessä.

Passiiviset ansat

Passiiviset ansat ovat tyyppillisimmillään pieniä astioita, jotka houkuttelevat hyönteisiä erilaisilla tuoksuilla ja väreillä. Liian lähelle tätä avointa ”mahalaukku” uskaltanut hyönteiset putoavat astiassa olevaan ruoansulatusnesteeseen. Tällaisia ansoja tavataan kolmesta kasvi-heimosta: Tötterökasvit (*Sarraceniaceae*), Kannukasvit (*Nepenthaceae*) ja *Cephalototaceae*.

Tötterökasveihin kuuluu kolme sukua: *Sarracenia*, *Darlingtonia* ja *Heliamphora*. *Sarracenia*-suvun kasvit muistuttavat ensisilmäyksellä maassa seisovia paperitötteröitä. Tötterömäisyys käy vielä ilmeisemmäksi, kun huoma-



Kuva 5b: Rimpi-vesiherneen (*Urticularia intermedia*) ansoja. Vasemmanpuoleinen ansa on litistynyt sisällä vallitsevan alipaineen vaikutuksesta. Oikealla näkyvät tuntokarvat, joiden kosketus avaa ansaluukun, jolloin sisään syöksyvä vesi vetää karvaa koskettaneen eläimen mukanaan.



Kuva 6a: Eräs *Sarracenia*-hybridi

taan, että sen sivua ylös kulkee lehden muinaisesta kiertymisestä muistuttava reunus, jota kutsutaan siiveksi. Tötterön yläpuolella on useimmilla lajeilla hattu, joka pysyy ylhäällä kapean jalan varassa. Sisällä on vettä, johon saalishyönteiset putoavat.

Hyönteisten houkuttelemiseksi kasveilla on meden kaltaista nestettä erittäviä rauhasia. Niitä on erityisesti tötterön hatussa, sekä rullalle kiertyneessä reunuksessa, jota kutsutaan nektarirullaksi. Lentävät saalishyönteiset laskeutuvat ensiksi hatulle nektarin houkuttelemina, mistä ne jatkavat alaspäin nektarirullaa kohti, missä rauhasia on erityisen runsaasti. Rulla on kuitenkin liukas, ja tötterön sisäpuolelle jouduttuaan hyönteisillä ei ole enää minkäänlaista mahdollisuutta saada jaloiltaan otetta seinämästä. Täällä rau-

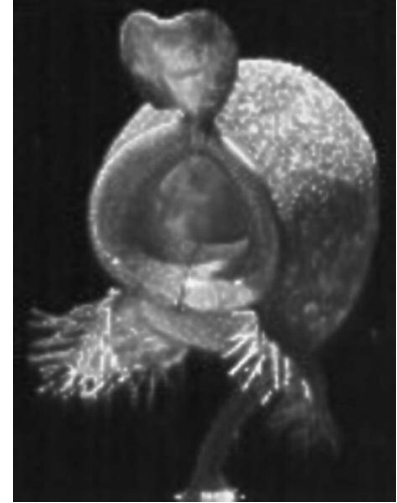
haset erittävätkin nektarin sijasta erilaisia ruoansulatusentsyymejä. Lopulta hyönteinen tippuu tötterön pohjalla olevaan veteen, jonne se hukkuu ja entsyymit sulattavat sen nopeasti. Tötterön alapäässä on lisäksi tiheässä pitkiä alaspäin sojottavia karvoja, jotka varmistavat, että hyönteinen pystyy liikkumaan vain alaspäin.

Tötterökasvit pyydystävät sekä maassa eläviä että lentäviä hyönteisiä. Maassa elävät hyönteiset löytävät tiensä ansaan tötterön nektarirauhasten peittämää siipeä pitkin kiipeämällä, kun taas lentävät laskeutuvat useimmiten hatulle. Hatulla on myös kaksi muuta tehtävää. Se estää sadetta valumasta tötteröön ja

vaikeuttaa hyönteisten pakoa tötteröstä: hyönteinen saattaa reunalta liukastuessaan lähteä lentoon. Kattoon törmätessään se kuitenkin menettää hetkellisesti lentokykynsä ja putoaa takaisin tötteröön. Vaikka hyönteinen onnistuisikin pelastautumaan kasvilta, se ei yleensä kuitenkaan opi erehdyksestään vaan yrittää uudelleen; ehkä huonommalla onnella.

Sarracenioiden sukulainen, *Darlingtonia californica*, on kehittänyt menetelmänsä vieläkin pidemmälle: Tötterön suuaukko on kuitunut ja yläosa kaartunut eteenpäin siten, että sinne muodostuu pieni ontelo. Hattu on muotoutunut punaiseksi kaksiaaraiseksi houkuttimeksi.

Tötterön pieni nektarirullan reunustama sisäänkäynti johtaa pienelle tötterön kaartumisesta



Kuva 6b: *Nepenthes ampullaria* suoraan masta nouseva kannu. Alaosassa näkyvät siivet.

syntyneelle nektarirauhasten peittämälle tasolle. Tämä tarjoaa hyvän tarttumapinnan hyönteisen jaloille, joten se on turvassa niin kauan kuin se pysyttelee tasanteella. Mutta katto on täynnä läpinäkyviä ikkunoita, joista tulee sisälle jopa enemmän valoa kuin pienestä sisäänkäynnistä. Kun hyönteinen ruokailtuaan aikoo poistua, törmää se valon houkuttelemana kattoon ja putoaa tötteröön. *Darlingtonia*a kutsutaan joskus myös ”Kobra liljaksi” sen iskevää kobraa muistuttavan ulkomuodon vuoksi.

Heimoon kuuluu myös 5 *Heliamphora*-suvun lajia, jotka eivät ole rakenteeltaan yhtä kehittyneitä kuin *Darlingtonia* ja *Sarracenia*l.

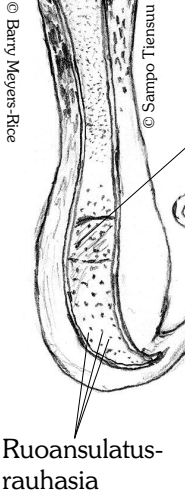
Pieniä kirjavia kannuja

*Nepenthes*et ovat trooppisillaseuduilla kasvavia köynnöskasveja. Lehtien kärjistä kasvaa tukevan keskisuonen jatkeena pitkiä tarttumavarsia, jotka kiertyvät oksien ympärille kannattaen kasvia. Näiden tarttumavarsien päähän muodostuvat *Nepenthes*en pyyntikannut.

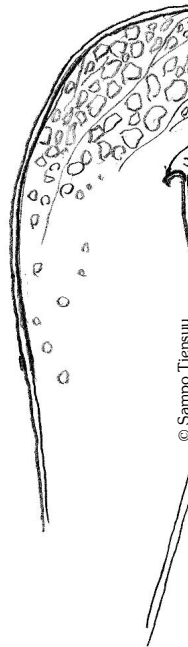
Kannut ovat yleensä kirjavia ja kauniin näköisiä. Jotkut niis-

nektarirulla
liukas sisäpinta

Perjantai 5. 5. 2000



Ruoansulatusrauhasia



Seepia

Perjantai 5. 5. 2000

Ruoan-
sulatus-
neste

kärhi

Kuva 7a:
Kaavakuva
Nepenthes
kannusta
(*Nepenthes x*
*coccinea*²⁾)

ikkunoita



Kuva 7b:
Kaavakuva
Darlingtonia
californiana
halkileikatusta
tötteröstä.

tä muistuttavat itse asiassa suuresti koristeltua kermakannua. Kannut ovat paras lajituntomerkki, joskin niissä esiintyy runsasta muuntelua jopa yksilötasolla. Lisäksi tunnetut 60 *Nepenthes*-lajia risteytyvät helposti keskenään, ja tuloksena on satoja hybridejä.

Yhdessä kasvissa voi olla jopa kolmenlaisia kannuja. Ilmassa roikkuvat kannut ovat tyypillisimmillään kapeita ja korkeita (kuten kansikuvan *Nepenthes x coccinea*). Maahan asti yltävät tarttumavarret taas kasvattavat pyöreämpiä ja tukevampia tasapohjaisia kannuja joiden etureunassa on huomiota herättävät piikikkäät siivet. Maassa lepäävät kannut ovat lisäksi toisin päin kuin roikkuvat: roikkuvien kannujen kansi aukeaa tarttumavarresta pois päin, kun taas lepäävät kannut avautuvat tarttumavarteen päin.

Jotkut lajit kasvattavat kannuja myös suoraan juuristosta nousevan lyhyen varren päähän. Tällaisen kannut poikkeavat usein merkittävästi ulkonäöltään tarttumavarsien päihin kasvaneista kannuista. Niiden etureunassa on samanlaiset siivet kuin lepäävillä kannuilla (kuva 6b).

Tähän sukuun kuuluvat kaikkein suurimmat lihansyöjäkasvit. Niiden köynnökset saattavat olla yli kymmenen metriä pitkiä ja jotkin lajit ovat hyönteisten lisäksi sopeutuneet pyydystämään suurempiakin eläimiä, kuten sammakkoita. Joskus on havaittu jopa jyrjsijöitä ja lintuja.

Hyönteisten ravintoarvo

Vaikka lihansyöjäkasvit ovat sopeutuneet eläinravinnon käyttöön, ne tulevat kaikki toimeen myös ilman hyönteisiä. Ne tuottavat sokeria yhteyttämällä, ja suurimmalla osalla on juuret ravinnon ottoon. (poikkeuksena esimerkiksi vesiheimet) Kasvit hankkivat kuitenkin hyönteisistä lisäravinteita tärkeimpinä typpi, fosfori

ja rikki, joita kasvien märeillä märeillä kasvupaikoilla on niukasti. Saalista saaneet kasvit kasvavatkin nopeammin ja suuremmiksi sekä kukkivat runsaammin kuin saaliita jääneet. Hyönteisten ravintoarvon on laskettu olevan keskimäärin $22,8 \frac{J}{mg}$ (kuivapainosta), mikä on enemmän kuin kasveilla ($18,9 \frac{J}{mg}$). Hyönteisten lisäksi joidenkin lihansyöjäkasvien on todettu kykenevän ottamaan ravinteita ansaan sattuneista siemenistä sekä sateen mukana tulleesta siitepölystä ja itiöistä.

Ruoansulatus

Kaikilla lihansyöjäkasveilla ruoan sulatus tapahtuu vesialtaassa. Se on joko pysyvä, kuten *Nepenthes*illä ja *Sarracenia*oilla, tai muodostuu tilapäisesti, kuten karpäsloukulla ja kihokeilla. Kaikilla lihansyöjäkasveilla ruoansulatuksesta vastaavat ns. ruoansulatusrauhaset. Näillä rauhasilla on kolme tehtävää: ne vastaanottavat saaliista lähteviä kemiallisia ärsykkeitä, jotka kertovat, milloin ruoansulatus on syytä aloittaa, erittävät ruoansulatusentsyymeitä ja siirtävät ioneja nesteeseen lisäten sen happamuutta sekä imevät saaliista peräisin olevat ravinteet kasvin solukoihin.

Tärkeimpiä entsyymeistä ovat erilaiset proteaasit, jotka pilkkovat proteiinimolekyylien pitkiä peptidiketjuja yksittäisiksi aminohapoiksi, joita kasvi pystyy hyödyntämään, sekä fosfataasit, jotka puolestaan pilkkovat fosforiyhdisteitä. Lisäksi monilla kasveilla on myös DNA:ta ja RNA:ta pilkkovia nukleaaseja, rasvoja rasvahapoiksi hajottavia lipidaaseja sekä tarkkelystä mono- ja disakkarideiksi pilkkovia amylaaseja. Hyönteisten kitiinikuori on yleensä ainoa entsyymeiltä säästytvä osa. Muutamat kihokit ja *Nepenthes*et erittävät kuitenkin myös kitinaasia, joka mahdollistaa myös kitiinin hyödyntämisen. Kitiini on N-asetyyliglukosamiini-molekyyleistä koostuva polysakkaridi ja toimii siksi

typen lähteenä.

Sulatusneste hajoilla on kolme päätehtävää: ne osallistuvat saaliin hajottamiseen, luovat optimaaliset toimintaolosuhteet entsyymeille sekä laskevat veden pintajännitystä. Tämä nopeuttaa hyönteisten hukkumista ja vettymistä sekä helpottaa entsyymien pääsyä hyönteisen sisäosiin. Lihansyöjäkasvien ansoissa esiintyvä happo on pääasiassa suolahappo (HCl).

Happojen ja entsyymien lisäksi ruoansulatukseen osallistuvat kasvin kanssa symbioosissa tai mutualistisessa suhteessa elävät bakteerit. Jotkin kasvit eivät itseasiassa tuota entsyymejä lainkaan, jolloin niiden ruoansulatus on yksinomaan bakteerien varassa.

Elämää lihansyöjäkasvien vesialtaissa

Luonnosta tuskin löytyy vesialtaita ilman elämää. Bakteereja elää jopa merenpohjalla kuumien lähteiden yli 200-asteisessa vedessä. Myös lihansyöjäkasvien ansoissa elää oma eliölajistonsa. Monet lajit ovat jopa sopeutuneet

Latinankielisistä nimistä

longifolius	pitkälehtinen
rotundifolius	pyöreälehtinen
ampullarius	pullontekijä
coccinatus	helakanpunaninen
mirabilis	ihmeellinen
alatus	siivekäs
pinguis	öljy / räikeä
amphora	astia
flavus	keltainen, vaalea
vesiculosus	rakkulallinen
nepenthes	juoma surun ja kärsimyksen unohtamiseksi
sarracenia	Michel Sarrazinin mukaan (ransk. fyysikko ja luonnontieteilijä)

2) (*Nepenthes rafflesiana* x *N. ampullaria*) x *N. mirabilis*

elämään ainoastaan näissä ansoissa. Eliöt ovat kehittäneet sangen erilaisia selviytymis-strategioita ja muodostavat hyvinkin monimutkaisia ravintoketjuja. Monet eliöistä hyötyvät kasvin pyydystämisestä hyönteisistä ja sen tarjoamasta suojasta. Joidenkin tiedetään jopa talvehtivan *Sarracenian* jäätyneissä tötteröissä.

Erään hyttysen *Sarracenian* ansoissa elävät toukat kelluvat veden pinnalla syöden juuri hukuneita, vielä pinnalla kelluvia hyönteisiä³⁾, kuluttaen niistä jopa yli 50%. Jotkin toukat puolestaan syövät uponneita jo osittain hajooneita hyönteisiä peittäen niitä meduusamaisena harjana⁴⁾, kun taas toiset tyytyvät ruokailemaan saalishyönteisiä hajottavilla alkueläimillä⁵⁾. Kaikki kuitenkin hyötyvät selvästi kasvin tuottamasta erityisestä kemiallisesti poikkeava sekä sateelta ja muilta satunnaisilta ilmiöiltä suojatusta elinympäristöstä. Monet lihansyöjäkasvien eläimistä ovat myös sangen pitkälle erikoistuneita, kuten *Nepenthen* ansoissa veden pinnan tuntumassa hyönteisiä saalistava hämähäkki⁶⁾, joka on kehittänyt itselleen suojaväriyksen, jossa se muistuttaa *Nepenthes* seinää peittävää rauhasta.

Kaikki hyönteiset eivät ole yhtä ystävällisiä isäntiään kohtaan. Eräs *Nepenthes*issä elävä toukka⁷⁾ kutoo kannun suulle verkon, johon se erittää erittäin happamia tahmeita nestepisaroiita pyydystäen sekä sisään että ulos yrittäviä hyönteisiä. Verkko peittää suun kokonaan, joten kannu jää täysin ilman saalista.

Vaikka lihansyöjäkasvit syövätkin hyönteisiä, myös ne tulevat usein syödyiksi. Eräs toukka kutoo *Sarracennian* tötterön suulle verkon, jolloin se saa rauhassa syödä tötterön sisäpinnan solukkoa. Aikanaan se koteloituu, ja kaivautuu aikuisena ulos. Tötterö

vastaa siis monien muiden hyönteisten puun lehdestä kotelopakseen käärimää rullaa.

Myös eräs vesihernelaji (*Urticularia humboldtii*) on sopeutunut elämään kasvin osiin muodostuvissa vesialtaissa. Se elää lähinnä eräiden trooppisten bromelioiden (*Brocchinia tatei* ja *B. micrantha*, Ananaskasvit) lehtiruusukkeiden keskelle muodostuvissa altaissa. Altaissa riittää vesihernelle paljon ruokaa, sillä ne voivat olla yli kahden litran kokoisia, ja ne ovat ekologisesti pitkälle evolvotuneita ja runsaslajisia ekosysteemeitä. Vesiherne siirtyy bromeliasta toiseen pitkien ilmarönsyjen avulla.

Saattaa vaikuttaa siltä, ettei näin suuri eliömäärä pystyisi kauaa elämään pienessä vesialtaassa hapen puutteen vuoksi. Eliöt kulluttavatkin paljon happea, mutta *Sarracenia* ovat kääntäneet tämän edukseen. Niillä on kannun vettä sisältävällä alueella paljon yhteyttäviä soluja, jotka käyttävät veden hiilidioksidia ja tuottavat happea. Näin kasvi varmistaa itselleen runsaan hiilidioksidin saannin ja symbioottisille ja mutualistisille eliöille riittävän määrän happea.

Melkein lihansyöjiä

Lihansyöjäkasvit määritellään yleensä kasveiksi, jotka pyydystävät, tappavat ja syövät eläimiä. Monia kasveja, jotka nykytieteen mukaan toteuttavat vain osan näistä ehdoista, on kuitenkin aikaisemmin luultu lihansyöjiksi. Näistä kasveista lähimpänä lihan-syöntiä lienevät *Roridula*-suvun kasvit:

Roridula-sukuun kuuluvat kaksi Etelä-Afrikkalaista kasvilajia muistuttavat ulkonäöltään suuresti kihokkeja, joiksi ne on aiemmin virheellisesti luokiteltukin. Tarkempi tutkimus on kuitenkin osoittanut niiden poikkeavan rakenteeltaan merkittävästi kihokeista. *Roriduloilla* on pyyntikarvoja, joihin hyönteiset tarttuvat ja kuole-

vat. Kasvien ei kuitenkaan ole havaittu millään tavoin sulattavan saalistaan. Kasvien lehdillä elää pieniä hämähäkkejä, jotka syövät kiinnijääneitä hyönteisiä. Samalla hämähäkit erittävät ravinteikasta nestettä, joka mahdollisesti imeytyy kasvin lehtiin, ja näin kasvi saattaa epäsuorasti hyötyä saaliistaan. Hyönteisten pyydystäminen saattaa olla myös keino tuhohyönteisten torjumiseksi.

Myös joitakin ananaskasveja (*Bromeliaceae*) on pidetty lihansyöjinä (*Catopsis berteroniana*, *Brocchinia reducta* ja *Brocchinia tatei*). Bromelioilla on suuri lehtiruusuke, jonka keskelle muodostuu sadeveden täyttämä allas. Em. kasveilla on todettu olevan rauhasia, joiden kautta ne ottavat sisäänsä altaaseen kuolleiden hyönteisten hajotessa veteen liuenneita ravinteita. Bromeliat eivät kuitenkaan eritä ruoansulatus-nestettä, eikä niiden ole todettu tappavan hyönteisiä.

Suomessakin sangen yleisen lutukan siementen pinnalle muodostuu tahmeaa ainetta, johon pienet vesieläimet, kuten hyttysentoukat tarttuvat ja usein kuolevat. Tämän merkitystä kasville ei tunneta. Ehkä hyttysentoukat toimivat ravinteikkaana kasvualustana uudelle kasville. Tämä ilmiö on joka tapauksessa niin voimakas, että lutukkaa on jopa istutettu hyttysten vähentämiseksi.

Käyttötarkoituksia ja uskomuksia

Lihansyöjäkasvien erikoinen ulkonäkö on saanut ihmiset keksimään niille mitä erilaisimpia käyttötarkoituksia. Niillä on myös uskottu olevan taikavoimia. Yökönlehtien on uskottu suojelevan noidilta ja yökönlehtiä syöneen karjan maidon uskottiin suojelevan pieniä vauvoja ja heidän äitejään. Sekä yökönlehtiä että kihokkeja on käytetty haavojen sekä lukuisten erilaisten sairauksien parantamiseen. Niitä on myös käy-

3) *Wyeomyia smithii*

4) *Blaesoxipha fletcheri*

5) *Metriocnemus knabi*

6) *Misumenops nepenihicola*

7) *Xenoplatyrus beaveri*

tetty maidon juoksuttamiseen. Yökönlehtien avulla juoksutettua hyvin säilyvää maitoa kutsuttiin venyökkäpiimäksi.

Monilla kansan uskomuksilla saattaa hyvinkin olla perää. Lihansyöjäkasvien sisältämällä lukuisilla ruoansulatusentsyymeillä saattaa olla paljonkin tuntemattomia vaikutuksia ihmisen elimistössä. Jotkin lääkeainekäytöt ovat säilyneet tähän päivään asti: pohjanmaan 4H-kerholaiset keräävät joka vuosi tonneittain pyöreälehtikihokkeja, joista sveitsiläinen luontaistuotevalmistaja Vogel valmistaa *Drosinula*-nimistä yskänlääkettä. Myös yökönlehtiä on käytetty yskänlääkkeenä, mutta pyöreälehtikihokin tehoaineita niistä ei ole löydetty.

Nykyään monet lihansyöjäkasvit sekä niiden elinympäristöt ovat uhanalaisia. Niiden elinym-

päristöjä on raivattu pelloiksi, ja monet alun perinkin vain pienellä alueella kasvaneet lajit ovat vaarantuneet keräilyn vuoksi. Mm. Darlingtonian tötteröitä ja Sarracenian kukkia näkee jopa kukka-asetelmissa.

Lihansyöjäkasveja voi käydä katsomassa Helsingin yliopiston kasvitieteellisessä puutarhassa, ja ajoittain niitä löytyy myös kukkakaupoista. Lihansyöjäkasvien kasvattaminen on mielenkiintoista joskin vaativaa, mutta Adrian Slackin kirjasta (ks. 31) löytyy yksityiskohtaisia ohjeita, kuten myös paljon muuta lajikohtaista tietoa. Juniperin, Robinsin ja Joelin kirja puolestaan käsittelee lihansyöjäkasvien biologiaa ja kemiaa. Kasvatusohjeita, populaaritietoa ja lihansyöjäkasvikauppoja löytyy myös Internetistä.

Sampo Tiensuu

Roraima

Etelä-Amerikan pohjoisosassa sijaitsee Pöytävuoriksi kutsuttu korkeitten ylätasankojen ryhmä. Näistä kuuluisin on nimeltään Roraima. Se on noin 2800 metrin korkeudella, ja sen pystysuorat kallioseinämat pitävät sen täysin eristyksissä ulkomaailmasta.

Alueella kasvaa on sen eristyneisyyden ja erityisten olosuhteiden vuoksi yli yhdeksänsataa endeemistä, eli siellä syntynyttä ja ainoastaan siellä tavattavaa kasvilajia. Sateisuus ja irtomaan puute tekevät elinympäristön useille kasveille mahdottomaksi. Harvakseltaan kivenkoloihin jääneessä ravinteettomassa hiekassa monet lihansyöjäkasvit kuitenkin menestyvät hyvin. Alueella kasvaa lukuisia kihokki-, vesiheerne- ja Sarracenia-lajeja, joista seitsemän kihokkia ja viisi Sarraceniaceae-heimon lajia on siellä endeemisiä.

Lihansyöjäsienet

Kasvien tavoin myös monet sienet ovat oppineet pyydystämään eläimiä. Monet niistä kasvattavat rihmastoonsa pieniä pyyntilennkkejä, jotka pullistuvat äkillisesti, kun sukkulamato yrittää kiemurella niiden läpi. Sukkulamato jää kiinni, jonka jälkeen sieni kasvattaa rihmastonsa sen sisään ja hajottaa sen samoin kuin monet muut sienet hajottavat kuolleita eliöitä. Ansan laukaisee mitä ilmeisimmin mekaaninen ärsyke, vaikka kokeissa on todettu sienen reagoivan heikosti myös lämpö- ja kemiallisiin ärsykkeisiin.

Ansojen rakenne vaihtelee lajikohtaisesti. Joillakin lajeilla ne muodostuvat kolmesta renkaaksi asettuneesta solusta, jotka pullistuvat kosketuksesta. Toisilla ne taas ovat monisoluisia vaihtelevan kokoisia. Ne syntyvät, kun rihma kääntyy ja kasvaa kiinni alkupäähensä. Joillakin lajeilla rihma voi vielä jatkaa kasvuaan ja muodostaa rykelmiä, joissa on monta eri suuntaan osoittavaa silmukkaa toisiinsa kiinni kasvaneena. Myös saaliseläimet vaihtelevat lajeittain. Jotkin sienet pyytävät esimerkiksi ameeboja tai muita alkueläimiä. Lihansyöjäsieniä tunnetaan yli 50 lajia mm. sukuista *Trichothecium*, *Arthrobotrys*, *Dactylaria*, *Monacrosporium* ja *Dactylella*.

8) *Genlisea* on vasta vähän aikaa sitten löydetty suku. Sen ansassa on rakkula, johon johtavan putken kautta eläimet uivat sisään. Ansan aktiivisuudesta tai passiivisuudesta ei ole varmaa tietoa. ks. www.sarracenia.com/faq.html

Lihansyöjäkasvit taksonomisessa järjestyksessä

Jokaisen suvun perässä on tunnettujen lajien ja suomessa tavattujen lajien määrät sekä esiintymisalueet. Jos suvulla on suomenkielinen nimi, se on sulussa latinankielisen nimen jäljessä. Kolmannessa sarakkeessa on kunkin suvun ansatyyppi. (A=aktiivinen, P=passiivinen)

Sarraceniales

Sarraceniaceae (Tötterökasvit)

Darlingtonia	1 (D. California)	luoteis USA	Tötterö (P)
Heliophora	5	Amerikka	Tötterö (P)
Sarracenia	8	itäinen P. Amerikka	Tötterö (P)

Nepenthales

Nepenthaceae (Kannukasvit)

Nepenthes	60	Indonesia, Australia, Madagaskar	Kannu (P)
-----------	----	----------------------------------	-----------

Droseraceae (Kihokkikasvit)

Aldrovanda	1 (A. vesiculosa)	Euraasia	Ketunraudat (A)
Dionaea	1 (D. muscipula)	Pohjois-Carolina	Ketunraudat (A)
Drosera (kihokit)	141/3	maailmanlaajuinen	Kärpäsperi (A)

Drosophyllaceae

Drosophyllum	1 (D. lusitanicum)	Portugali	Kärpäsperi (P)
--------------	--------------------	-----------	----------------

Violales

Dioncophyllaceae

Triphyophyllum	1	Länsi-Afrikka	Kärpäsperi
----------------	---	---------------	------------

Saxifragales

Byblidaceae

Byblis	5	Luoteis-Australia	Kärpäsperi (P)
--------	---	-------------------	----------------

Cephalotaceae

Cephalotus	1 (C. follicularis)	Lounais-Australia	Kannu (P)
------------	---------------------	-------------------	-----------

Scrophulariales

Lentibulariaceae (Vesiheernekasvit)

Genlisea	19	Afrikka, Etelä-Amerikka ⁸⁾	
Pinguicula (yökönlehdet)	69/3	P. Amerikka, Euraasia	Kärpäsperi (A)
Utricularia (vesiheerneet)	219/6	maailmanlaajuinen	alipaineensa (A)

RAPORTTI SARAN



Teksti alkaa itää talsiessani syyskuisessa aamusumussa. On siksi märkää, ettei oikopolkuja ole käyttäminen: musta keskivenäläinen maa liimautuu kenkiin kuin liisteri ja kiipii ylöspäin. Näkyvyyttä on arviolta kaksisataa metriä. Miltei joka suunnalla on lähempänä reaalisosialistisia kerrostaloja.

Tämä on Svetotehstroin jättilähiö Saran ošissa, Mordoviasa eli Mordvan tasavallassa. Kaupunki löytynee järkevästä kokoiselta Venäjän tai Neuvostoliiton kartoilta nimellä Saransk.

Käytän nimeä Saran oš, koska olen paikalla uralistina, suomen sukukielten ja niitä puhuvien kansojen tutkijana. Sar, Saran oš, Saranskoi - nimitys ei ole vakiintunut, niin kuin ei mikään kaupunkielämään liittyvä mordvan eli mokšersän kielessä. Mordvalaiset

ovat maanviljelijäkansaa. Kaupungit ovat täällä venäläisten perustamia, niissä alkuperäisväestöä on vain venäläistynä vähemmistö.

Suomalaiset opetussuunnitelmat tuntien esittelen lyhyesti mordvan kansan, ennen kuin raportoin laajemmin sen "pääkaupungista".

Mordva on suomen suku-kieli, jonkin verran etäisempi kuin saamelaiskielet. Maallikolle tämä merkitsee, että puhuttu mordva on täysin käsittämätöntä ja kuulostaa ensi alkuun venäjältä. Korvan harjaannuttua hieman alkaa suomalainen (kieliopinnoittakin) erottaa mordvan venäjästä: painotus on toinen ja vokaalien osuus suurempi. Kieltä opiskellessa löytyvät sanaston ja kieliopin ikivanhat yhtäläisyydet, jotka sitovat suomen mordvaan huomattavasti

tiukemmin kuin tunnetumpaan unkariin.

Itsensä mordvalaisiksi ilmoittavia on entisen Neuvostoliiton alueella miljoonan verran (1989: 1 154 000). Heistä mordvaa puhuu äidinkielenään noin kaksi kolmannesta (1989: 67 %). Kolmannes mordvalaisista - eli hyvin suuri osa nuorisosta - on siis ainakin kieleltään venäläistynyt, heikoin tilanne on kaupungeissa ja tasavallan ulkopuolisilla alueilla. Mordoviassa (26 000 km²) elää runsaat 300 000 mordvalaista, enemmistö on venäläiset ja toiseksi tärkeimpänä vähemmistö on tataarit. Monet myrskyisät vuosisadat ovat hajottaneet suurimman osan mordvalaisista ympäri Venäjänmaata.

Mordvalaiset jaetaan kahteen pääryhmään: ersäläisiin ja mokšaläisiin. Kaikista mordvalai-

OŠISTA



sista ersäläisiä on noin kaksi kolmannesta, mutta Mordoviassa heitä on hieman vähemmän kuin mokšalaisia. Paljon on kiistelty siitä, onko kyseessä yksi vai kaksi kansaa ja kieltä. Tällä hetkellä mordvalaisten kansallistunne on niin heikko, että kysymykseen on vaikea vastata. Kielinä ersä ja mokša eivät tunnu olevan toisistaan kauempana kuin (vanhojen ihmisten puhumat) Varsinais-Suomen ja Savon murteet. Koettakaa pa kuvitella, että Suomessa käytettäisiin virallisesti läntistä ja itäistä kirjakieltä... Toisaalta, vaikka kieli olisikin yhteinen, voi kulttuuri erottaa kaksi kansaa toisistaan.

Palaan Saran ošin hitaasti hälvenevään sumuun. Auringon näin viimeksi toissapäivänä. Puolan korkeudella sijaitsevan Mordovian ilmasto on erittäin mantereinen. Neljäkymmentä astetta ei ole

tavatonta lukema sen enempää kesällä kuin talvellaakaan. Kesästä olen selvinnyt, talvi on edessäpäin. Kerrostaloalueella keskilämmitys kytketään toimintaan lokakuun alkaessa. Talvivalokuvissa opiskelijatyöt hymyilevät paksujen turkiskaulusten ja turkislakkien välistä. Eläinsuojelijat ovat jossakin toisessa todellisuudessa, samoin vihreät ja tasa-arvoliike. Ihmiset keskittyvät itsensä suojelemiseen. Se on tarpeen esimerkiksi ahtaudesta julkisiin kulkuneuvoihin.

Nytkin tunnelma johdinauton ovella tuo ala-asteen mieleeni. Pahinta on linjojen keskivaiheilla, joskus ovet eivät mahdu sulkeutumaan. Olen tottunut siihen, että halutessani istumapaikan nousen autoon päätepysäkiltä. Saran ošin yli 300 000 asukasta kuljettavat edes ja takaisin venäläiset johdinautot (lippu 1,5 ruplaa), pienet venäläiset ja suuret unkarilaiset linjurit (2 ruplaa) sekä ns. Reittitaksit (3 ruplaa). Rahastajatädit tunkeutuvat kaikkien Venäjän-kävijäin ihmettelemällä tavalla ihmismassoja läpi ja todella myyvät useimmille matkustajille liput.

Paperille painettua paikallisliikenteen aikataulua en ole milloinkaan nähnyt. Pysäkkitauluista voi saada suuntaa-antavaa tietoa tai sitten ei. Ihmiset eivät tunnu haluavankaan tietää, onko jokin tietty vuoro myöhässä poikkeuksellisesti vai tavan mukaan. Sinänsä hyvä perussääntö "odota tai kuole" on sisäistetty niin perusteellisesti, että mieluummin odotetaan täpötäyttä linjuria kaksi tuntia kuin kävellään tunnissa perille. Samaa ajatusmallia sovelletaan moninaisiin elämän asioihin, sillä ei ole tavatonta, että valtion palkat myöhästyvät kuukauden tai pari.

Opiskelijatoverini ovat nähneet yhden kaupungin kartan yliopistolla. Psykologituttuni mukaan niitä sai myös kirjakaupoista viitisen vuotta sitten, "mutta nyt painos on loppu ja karttaa on aivan turha etsiä". Kartoittaminen

on kehittävä harrastus. Erityisen kiintoisaksi työn tekee se, että katuja päälle on paikoitellen rakennettu esim. tehtaita. Äkkiseltään luulisi L. Tolstoin kadun päättyvän Pole ajevinkatuun. Kierrettyäni vastaan tulleen tehdasalueen löydän nimettömän kadunpätkän. Ei sentään, erään talon seinässä lukee "L. Tolstoin katu" ja numero. Virallinen tieto vai pelkkä jäänne? Turha kysyä.

Jos kysellä haluatte, menkää vaikka Saran ošin pääpostiin kysymään puhelinluetteloa. Niin minäkin menin paikallisen ystäväni kanssa. Saimme myös kiinnitettyä kahvitaukoa pitävän henkilökunnan huomion.

- Ei ole. Teidän täytyy ostaa se.

- Hyvä. Mistä niitä saa?

- Emme me tiedä.

Tämä pätee jo Pietarissakin: venäläinen palveluammatin harjoittaja ei tiedä eikä halua tietää mitään, mikä ei kuulu toimenkuvaan.

Ensimmäinen tuttujen luona näkemäni puhelinluettelo oli tukevan romaanin kokoinen, peräisin vuodelta 1986. Toisesta paikasta löytynyt vuoden 1994 opus oli jo lupaavamman kokoinen.

- Mistäköhän näitä saa ostaa?

- Torilta, mutta ei se ole kovin hyvä ostos. Kaikkien numeroiden alku on muuttunut, eivätkä uudet numerot ole automaattisesti pääteltävissä.

- Milloin ne muuttuivat?

- Pari vuotta sitten.

- No minä haluaisinkin tämän vuoden luettelon.

- Ei sellaista ole. Ei niitä julkaista joka vuosi. Minun luetteloni on uusin.

Olen nyt pitkään kertoillut ilmiöistä, jotka voivat hämmentää suomalaista. Venäjällä, etenkin Moskovan ja Pietarin ulkopuolella, ne ovat kuitenkin luonnollisia asioita, joihin ihmiset ovat sopeutuneet. Ei täkäläisille tule mieleenkään kaivata tiedonhakupalveluja. Tietoa saa tutuilta, käymällä



Kuva 12a: Asuintalo vuohineen ja kanoineen

paikan päällä, joukkoviestimistä, yleisesti ottaen sattumalta. Ei pidä kuvitella, ettei puhelinluettelottomassa ja kartattomassa kaupungissa olisi mitään. Saran omissa on melkein kaikkea, mitä kuvitella saattaa - jos se sattuu löytymään ja toimimaan.

Ruokakauppoja riittää, ja niissä on ruokaa: leipää, olutta, votkaa, kalasäilykkeitä, keksejä, vihanneksia, suklaata, lihaa... Kilo tummaa leipää maksaa nelisen ruplaa tai enemmän, ja leipä on yksi edullisimmista elintarvikkeista. Tavallisella alle 200 Suomen markan kuukausipalkalla eläminen on tiukahkoa, semminkin kun naisväki tuntee muotitietoisien pukeutumisen velvollisuudekseen. Työttömyys on huomattava ongelma, sillä valtaosa Saran ošin tehtaista on sulkenut ovensa. Inflaatio koskee lähinnä hintoja, palkankorotukset ovat harvinaisia. Täydennystä haetaan sukulaisilta maalta, monella on myös siirtolapuutarhamainen mökki kaupungin ulkopuolella. Lisäksi halvempia vaihtoehtoja etsitään osittain kauppahallimaisilta toreilta.

Paljon on kioskeja, kelloseppiä ja parturi-kampaamoja. Talous- ja kodintarvikeliikkeet painottavat valikoimissaan remonti-

tarvikkeita. Pankeilla näyttää menevän hyvin. Rahanvaihtopisteitä on kohtalaisen paljon, mutta yleensä ne eivät tunne muita valuuttoja kuin Yhdysvaltain dollarin ja Saksan markan. Muita yleisiä ja melko yleisiä palveluita ovat apteekit, vaatekaupat, kirja- ja papereikaupat, postit, sokerileipurit... Yhden tietotekniikkaliikkeenkin tunnen, mutta musiikki- tai äänilevykauppaa en ole vielä löytänyt. Joskus haaveilen yritysluettelon laatimisesta.

Hotelleja Saran omissa on ainakin kaksi. Keskustan jättiläisen, hotelli Saranskin taso on peseytymistiloja lukuunottamatta aivan siedettävä. Asiakkaat ovat enimmäkseen työmatkalaisia, joiden yöpymisen yritys maksaa; jopa saapumisilmoituksessa tiedustellaan työkomennuksen numeroa. Tämä on helppo ymmärtää, kun vertaa yöpymisen hintaa palkkatasoon. Kahden hengen huone maksaa noin 80 Suomen markkaa.

Ravintoloi- ta on muutama, mutta suomalaisine opiskelija-asuineni en ole yrittänyt sisälle. Onneksi osa kah-

viloista tarjoaa lämmintä ruokaa ilman solmiopakkoa. Viihtyisimmässä kahvilassa pihvi paistettujen perunoiden, vihannesten, leivän ja mehulasillisen kera maksaa Suomen rahassa kymppin verran. Annos on hyvä, vaikkei järin suuri.

Asioipa Venäjällä hotellissa, kahvilassa, kaupassa tai missä tahansa, henkilökunta ei tyrkytä mitään. (Äärimmäisyydestä toiseen: vieraisilla käytäessä isäntäväen tehtävä on kuvitella, että vieraan maha on pohjaton.) Palveluammattien harjoittajat eivät tunnu havaitsevan minkäänlaista yhteyttä menekin ja elintasonsa välillä. Jos mieli ostaa jotakin, on asia seikkaperäisesti selvitettävä myyjälle. Kieliongelman sattuessa henkilökunta rupeaa olkapäitään kohtautellen neuvottelemaan:

- Mitähän tuo tahtoo?
- Olutta kai, muttei osaa selittää, minkä merkkistä.
- Jaa. No ei voi sitten mitään.

Tässä tilanteessa vain asiakkaan yritteliäisyys - elekieli, sanakirja, kohdallani usein myös mordvan puhuminen - voi auttaa. Tavarat ovat ja pysyvät tiskien takana tai sisällä, valintamyymälöitä ei ole. Torilla käsin puhuminen on hiukan helpompaa.

Tunnen Saran ošin palvelut huomattavasti paremmin kuin kulttuurielämän. Tai-



demuseossa olen sentään käynyt pariinkin otteeseen. Museo on nimetty jonkinasteista kansainvälisestä mainetta saavuttaneen kuvanveistäjä Stepan Erzjan mukaan, ja Erzjan vaikuttavat puuveistokset muodostavat huomattavan osan kokoelmista. Vuosien 1941-45 suuren isänmaallisen sodan museo on ollut korjaustöiden vuoksi suljettuna. Rakennustaiteen ystäville monet puutalokaupunginosat tarjoavat museokäynnin veroisia elämyksiä. Musiikkiteatterissa esitetään oopperoita ja musikaaleja, elokuvateatterit mainostavat "Tähtien sodan" I jaksoa näkyvästi mutta värittömästi. Kulttuurihoivissa esiintyy kevyehkö(n) musiikin tahtia, ja äskettäin siellä koontui mordvalaisten kolmas kansankonferenssi. Korkeinta opetusta tarjoavat nyttemmin myös suomen kieltä opettava yliopisto sekä opettajakorkeakoulu (pedagoginen instituutti).

En malta jättää mainitsematta pakettiautoa, joka kerran kiinnitti huomioni Svetotehstroissa. Ensimmäisenä havaitsin teks-

tin "Finlux", tarra kyljessä taas mainosti: "Titaani-vaihtautot Toyota-liikkeistä". Takaovia koristivat Saamen liput! Rekisterikilvet olivat venäläiset.

Kun viimeistelen raporttiani lokakuun loppupuolella, on taannoinen aamusumu enää harmaa muisto. Sitä seurasi helleaalto,

jonka aikana vain keltaiset lehdet muistuttivat syksystä, sitten ensi hallat. Ensilumi tuli ja meni lokakuun 20. päivän tienoilla. Elämä jatkuu Saran ošissa, ja talvi tulee varmemmin kuin johdinauto.

MCJT

Seepian Saran ošin
erikoiskirjeenvaihtaja

Kuva 13: Sanomalehdet saa puistossa lukea ilmaiseksi



Euphorbia canariensis

Kanarian saarilla käyneet ovat saattaneet nähdä tämän kasvin (*Euphorbia canariensis*), joka ei ulkonäöstään huolimatta ole

kaktus, vaan tyräkkikasveihin (*Euphorbiaceae*) kuuluva puu. Se on kuitenkin vastaavassa ympäristössä eläessään kehittänyt saman kaltaisen rakenteen. Varsi on vih-

reä, mehevä ja neli- tai viisisärmäinen. Lehdet ovat muuttuneet 5-15mm pitkiksi piikeiksi, jotka sijaitsevat kolmen tai neljän ryhmässä. Oksat haarautuvat muodostaen puumaisen rakenteen, ja varsi on alhaalta puutunut. Kasvi voi kasvaa jopa kaksitoista metriä korkeaksi. Tyräkit ovat kehittäneet nämä ominaisuudet täysin kaktuksista riippumatta, sillä ne ovat kehittyneet eri mantereilla, eivätkä edes ole keskenään läheistä sukua. Tyräkkien sukuun kuuluvat sen sijaan huonekasveina kasvatetut joulutähti (*E. pulcherrima*) ja piikkikruunu (*E. mili*) sekä Suomessa luonnonvaraisena kasvavat ranta- ja kenttätyräkki (*E. palustris* ja *E. esula*).

Sampo Tiensuu

pulcherrima = kaunein
palustris = suolla kasvava



Metabolian merkit

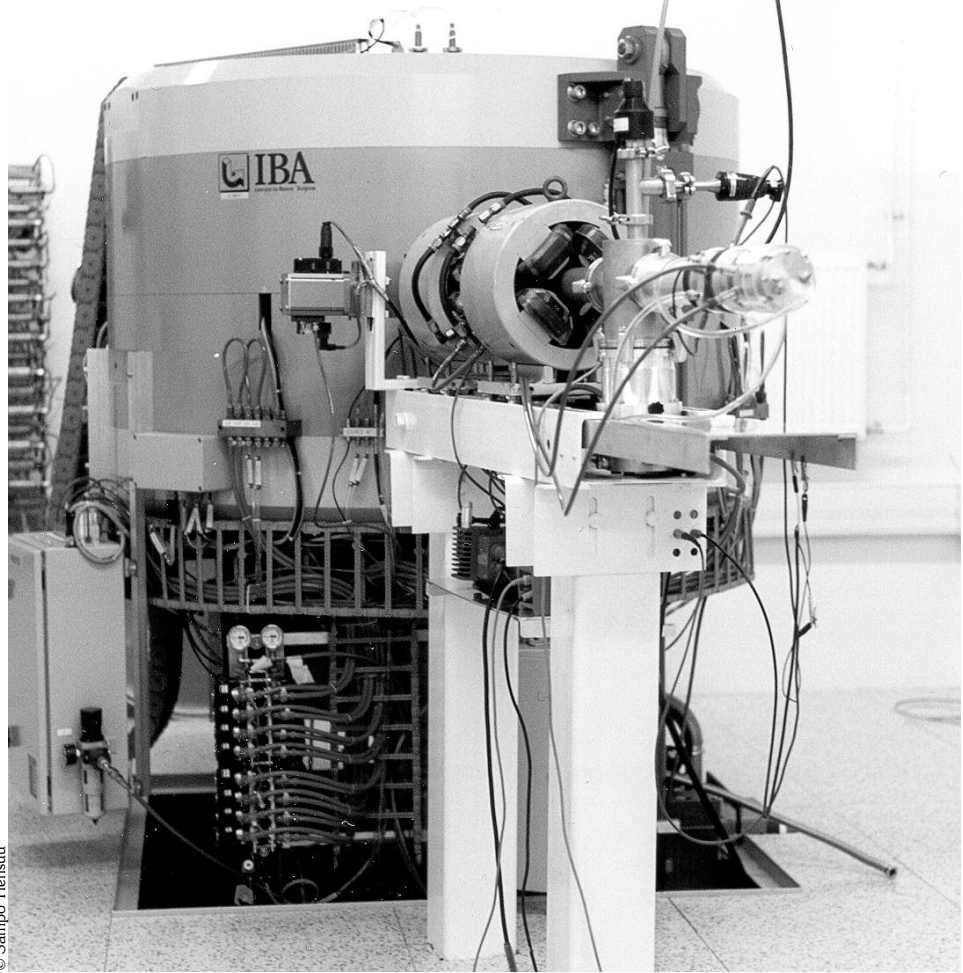
Helsingin yliopiston radiokemian laitos on Suomen ainoa radiokemiallista tutkimusta tekevä yliopistollinen instituutio. Keskeinen asema on ymmärrettävästi ydinenergian tuotantoon liittyvällä tutkimuksella.

Tutkimusprojekteihin kuuluu kallio- ja maaperän radioaktiivisuuden seuranta, ympäristöön liittyvä tutkimus sai varsinaisesti alkunsa jo 1960-luvulla atomipommikokeiden seurauksena. Tällöin tutkittiin erityisesti radioaktiivisen laskeuman mukana tulneiden radionuklidien ^{137}Cs ja ^{90}Sr esiintymistä ravintoketjussa jäkälä-poro-ihminen. Radioaktiivisuuden ympäristötutkimukseen Tšernobylin reaktorionnettomuus toi melkoisesti uusia tutkimuskohteita. Laskeuman vaikutuksia tutkittiin Suomessa mm. sienistä, kaloista ja jäkälistä sekä vieläkin Lapin väestöstä.

Tärkeä laboratorion työsarja ovat ydinjätteen loppusijoitukseen liittyvät tutkimusalueet. Eräs näistä alueista, joka alkoi vuonna 1978, liittyy voimalajätteiden puhdistukseen ioninvaihtomenetelmällä. Tarkoituksena on ollut estää ydinjätteen pääsy ympäristöön sekä vähentää myös ydinjätteen kokonaistilavuutta loppusijoitusta ajatellen.

Lisäksi osasto tutkii ravintoaineiden säteilytystä.

Lyhytikäisillä positronisäteilijöillä leimattujen lääkeaineiden käyttö lääketieteellisessä tutkimuksessa kasvaa jatkuvasti. Seepian toimitus tutustui positronisäteilijöiden tuotantoon ja radio-lääkeaineiden valmistukseen. Yli-



Kuva 14: Syklotroni, jolla radioaktiivista fluoria tehdään $\text{H}_2[^{18}\text{O}]$ -rikastetusta vedestä.

opiston kemian laitoksilla oppainamme olivat assistentti Eeva-Liisa Kämäräinen, jonka lisensiaattityö koskee fluori-18:lla leimattujen lääkeaineiden syntetisointia, sekä laboratorioinsinööri Esko Karttunen, joka vastaa fluori-18:n tuotannosta uudella syklotronilla.

Radioaktiivisten lääkeai-

neiden avulla voidaan tutkia hyvin mm. hermoston ja aivojen toimintaa. Tässä yleisesti käytettävä menetelmä on nk. *positroniemissiotomografia*. Tutkimusta varten valmistetaan melko lyhyessä ajassa (n. 10-110 min) puoliintuvia β^+ -aktiivisia aineita (Seepia 1 / 1999, β -säteily), jotka liitetään johonkin solujen käyttämään orgaaniseen

aineeseen, kuten mannoosin (eräs monosakkaridi, ks. s. 20) johdannaiseen. Tällaista radioaktiivisesti merkittyä ainetta kutsutaan leimatuksi radiolääkeaineeksi. Radiolääkeaine annetaan potilaalle, jonka elimistössä aine kulkeutuu tutkittavaan kohteeseen. Hajotessaan radioaktiivinen ydin emittoi positronin, ja emissio kuvataan nk. PET-kameralla (Positroni-EmissioTomografia). PET-kuvauksen hyödyntämisestä lisää sivulla 19.

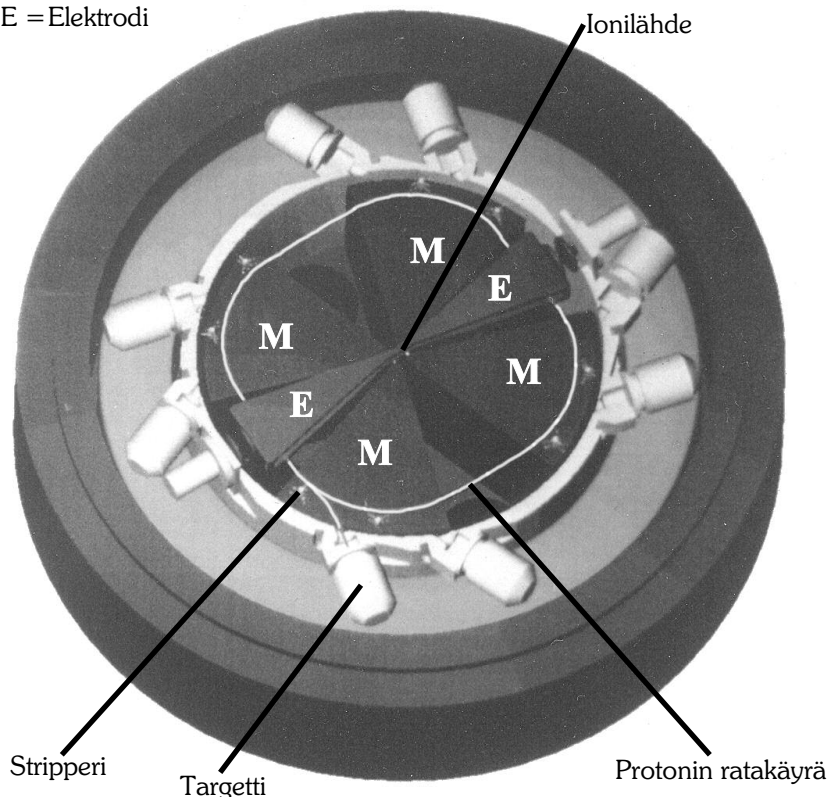
Potilaita on PET-kuvattu Suomessa vain Turussa, jossa on käytössä Suomen ainoa PET-kamera. Tänä vuonna saadaan kuitenkin HYKSiin, Meilahteen ns. koinvidenssi-PET-kamera, jota voidaan myös käyttää positronisäteilijöillä. Kamera on tavallista PET-kameraa huomattavasti halvempi, mutta ominaisuuksiltaan se ei ole aivan PET-kameran veroinen. Lähitulevaisuudessa sairaalassa käytettävät leimatut lääkeaineet tuotetaan kyseisellä radiokemian osastolla Kumpulassa, josta lääkkeet kiidätetään Meilahteen.

Säteilijät

Lääketieteellisessä käytössä ovat seuraavat ns. lyhytikäiset positronisäteilijät: fluori-18, typi-13, hiili-11 ja happi-15, joita Radiokemian laitoksen syklotronilla pystytään tuottamaan. Näiden radionuklidien ytimet hajoavat lähettäen positroneja eli β^+ -säteitä. Puoliintumisaika ($T_{1/2}$) on kaikilla verraten lyhyt, minuuteista pariin tuntiin.

Tässä käsittelemme tarkemmin fluori-18:aa. Sitä tuotetaan Helsingissä tavallisimmalla ja parhaan tunnetun saaliin antavalla menetelmällä: pommittamalla $H_2^{18}O$:ta eli raskaalla happi-isotoopilla rikastettua vettä protoneilla. ^{18}O on stabiili mutta harvinaisen hapen isotooppi. Harvinaisuuden vuoksi sillä sikastetun veden valmistaminen on vaikea. Sen puhdistuskin tuottaa ongelmia,

M = Magneetit
E = Elektrodit



Kuva 15: Syklotronin sisus. Kun ionilähteestä lähtenyt vetyioni saavuttaa valkealla piirretyn radan, se syöksyy stripperin läpi ja saavuttaa targetin elektroninsa menettäneenä.

koska se ei kemiallisesti eroa tavallisesta vedestä.

Lyhytikäisiä positronisäteilijöitä tuotetaan jatkuvasti yleistyvään PET- eli positroniemiisiotomografiakuvaukseen. Menetelmässä leimataan jokin elimistön aineenvaihduntaan tai muihin kemiallisiin toimintoihin osallistuva yhdiste jollakin em. Radionuklideista. Tällaisia yhdisteitä ovat mm. elintärkeät ravintoaineet kuten sokerit, mutta myös elimistölle vieraat fysiologisesti aktiiviset aineet kuten lääkeaineet tai entsyymi-inhibiittorit.

Lyhytikäisten positronisäteilijöiden käytössä ongelmia tuottaa korkea radioaktiivisuus ja nimenomaan isotooppien lyhyt elinikä. Synteetit on pakko suorittaa mahdollisimman nopeasti, vaikka orgaanisen kemian reaktiot ovat usein verkkaisia. Ei voida odotella reaktion tasapainotilan saavuttamista eikä valita hy-

viä mutta hitaita reaktioita maksimisaannon toivossa, sillä itse merkkiaineet puoliintuvat kullekin radionuklidille ominaisen puoliintumisaajan mukaan.

Lyhytikäisten positronisäteilijöiden käytössä on selviä etujakin. Radioaktiivisilla fluorin, hiilen, hapen ja typen isotoopeilla voidaan korvata elintärkeitä alkuaaineita, vetyä, hiiltä, happea ja typpeä. Kun esimerkiksi ^{18}F :lla korvataan vety 2-deoksi-D-glukoosissa (2-FDG), joka jakaantuu kudoksiin glukoosin tavoin, voidaan seurata tämän sokerin metabolista¹⁾ käyttäytymistä elimistössä. Nykyaikaiset PET-kamerat muodostavat kuvan 20 sekunnin välein, joten aineenvaihdunnan reaaliaikainen seuraaminen on mahdollista, toisin kuin millään muulla menetelmällä.

Lyhytikäisiä β^+ -säteilijöitä

1) Metabolia = aineenvaihdunta, aineiden kemiallinen käsittely elimistössä.

Taulukko 16a: Yleisesti käytettyjen radioisotooppien ominaisuuksia.

Isotooppi	Puoliintumisaika	Hajoamistapa	Maksimiaktiivisuus moolia kohti (bequerelia)
Typpi-13	9 min 58 s	β^+ (100%)	$6,33 \cdot 10^{19}$
Hiili-11	20 min 24 s	β^+ (99%)	$3,41 \cdot 10^{20}$
Fluori-18	109 min 42 s	β^+ (97%) EC* (3%)	$6,99 \cdot 10^{20}$
Tritium	12 a 128 d	β^- (100%)	$1,07 \cdot 10^{15}$
Hiili-14	5730 a	β^- (100%)	$2,31 \cdot 10^{12}$

Taulukko 16b: ^{18}F :n tuottoon käytetyt ydinreaktiot.

Alussa lähtöaine, sulussa ensin hiukkanen, jolla lähtöainetta pommitetaan, sitten reaktiossa vapautuva hiukkanen, lopussa reaktiotuote. Neon-18 beetahajoaa itsestään fluori-18:ksi.

20Ne (d, α) 18F
 20Ne (p, 2pn) 18F
 16O (3He, p) 18F
 16O (α , pn) 18F
 18O (p, n) 18F
 20Ne (3He, n) 18Ne, 18Ne - 18F
 6Li (n, α) 3H, 16O (3H, n) 18F

p = protoni
 n = neutroni
 d = deuteroni = 2H = pn

käytettäessä potilas saa melko pienen säteilyannoksen. Lisäksi niillä saadaan tutkittavasta kohteesta enemmän informaatiota kuin perinteisillä pitkäikäisillä radionuklideilla tehokkaan mittausmenetelmän ansiosta. Tutkimuksen aikana on säteilyä joka tapauksessa oltava havaittava määrä, joten on edullisempaa, että säteilijän määrä on puoliintunut 20 minuutissa (^{11}C) kuin vaikkapa 5730 vuodessa (^{14}C , β^- -säteilijä). Puoliintumisaikojen lyhydestä johtuen ei jäteongelmiakaan ole.

Syklotroni

Vielä jokunen vuosi sitten radioaktiiviset leimausaineet tuotettiin Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen hiukkaskiihdyttimellä. Vuonna 1998 radiokemistit saivat kuitenkin oman nykyaikaisen syklotronin. Syklotroni on eräänlai-

nen hiukkaskiihdytin, jossa haluttu hiukkanen kiihdytetään spiraalin muotoista rataa pitkin suureen nopeuteen, minkä jälkeen se ammutaan kohtioon, jolla siten muodostuu radionuklideja.

Tärkeimmät kliinisessä käytössä olevat positronisäteilijät ovat ^{11}C , ^{18}F ja ^{18}O . Näistä ^{18}F on keskeisin yliopistossa tutkittava ja lääkeainesynteesissä käytettävä nuklidi.

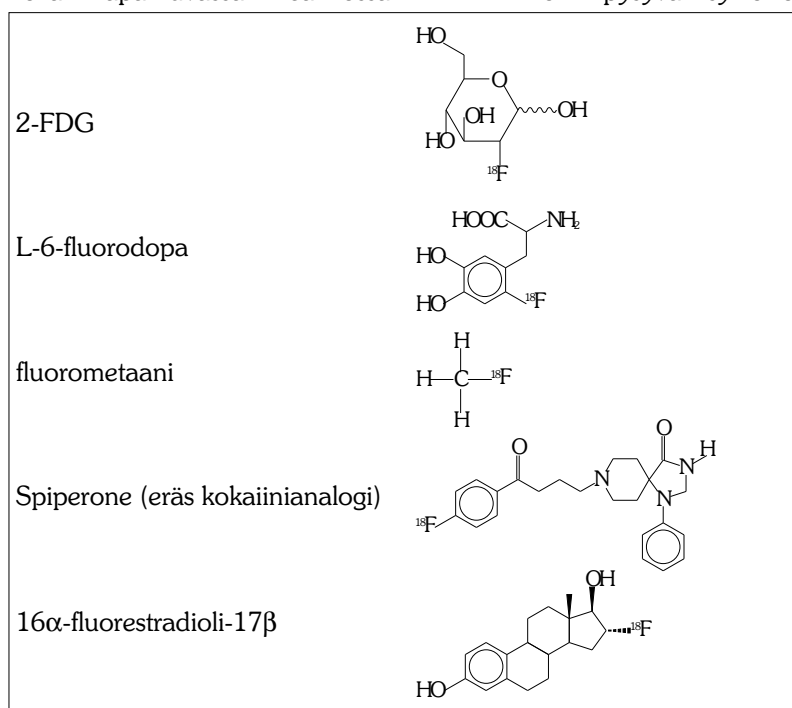
Yliopiston syklotroni on positroneja emittoivien radionuklidien valmistukseen suunniteltu hiukkaskiihdytin. Sen hinta on 4-5 miljoonaa. Syklotroni on sylinterimäinen astia, jonka sisällä kiihdytetty hiukkassuihku suunnataan syklotronin portista eräänlaisen putken läpi O-18:lla rikastettua vettä sisältävälle kohtiolle. Kohtiolla tapahtuvassa reaktiossa

O-18 muuttuu F-18:ksi, joka otetaan talteen lääkeainesynteesiä varten. Syklotronilla valmistettavat leimausaineet ovat β^+ -aktiivisia, kun taas reaktorisäteilytyksessä muodostuu β^- -aktiivisia aineita.

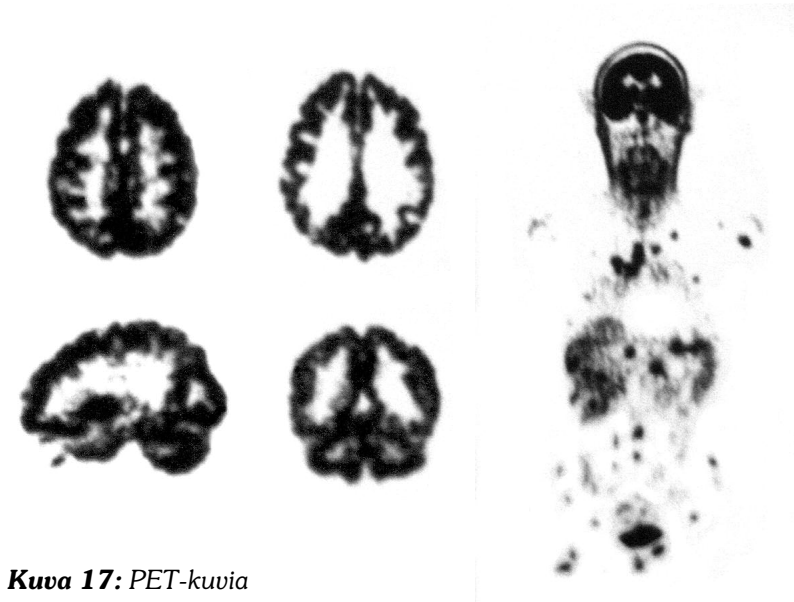
Syklotronin sisällä kiihdytyksen aikana vallitsee noin $2 \cdot 10^{-5}$ mbar vakuuutila. Syklotronin avaamista vältetään, koska avattaessa vakuumi häviää. Mahdollisimman hyvä tyhjiö tarvitaan, sillä väliaine estäisi hiukkasen kiihtymisen suureen nopeuteen.

Syklotronin keskustassa on ionilähde, johon syötetään vetyä. Ionilähteeseen johdetaan sähköjännite, jolloin muodostuu negatiivisia H-ioneja. Ionit saavat liike-energiansa sähkökentästä, jonka aiheuttavat syklotronin halkaisijalla olevat elektrodit.

H-ionit pysyvät syklotro-



Kuva 16: Yleisimmät ^{18}F -lääkeaineet



Kuva 17: PET-kuvia

nin magneettien avulla oikeanlaisella radalla. Ionit saavat ovaalin muotoisen radan, jonka säde kasvaa niin, että ionit siirtyvät syklotronin keskustasta sen ulkoreunaan kohti (Kuva 15). Syklotronin sähkökenttä vaihtelee 40 MHz:n taajuudella.

Sähkökentän värähtelyn amplitudi on noin 30 kV. Spiraali- maista rataa edetessään H⁺-ionien kierrosmatka pitenee, mutta kierros aika pysyy samana, sillä värähtelyn taajuus on jatkuvasti sama! Tällöin ionien nopeus suurenee.

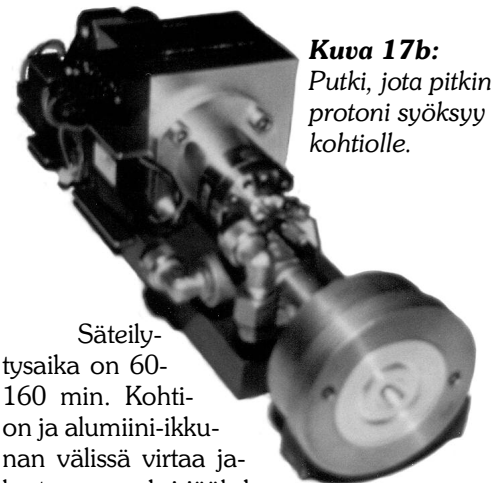
Kun ioni on saavuttanut suunnitellun liike-energian, siltä täytyy poistaa elektronit, jotta kohtiolle saadaan ammutuksi pelkkä H⁺-ioni eli protoni. H⁺-ionin energia on tällöin vaatimattomat 10 MeV ja se on tehnyt syklotronissa n. 80 kierrosta ollen suunnilleen 35 cm päässä syklotronin keskustasta. Negatiivisia ioneja kiihdyttävässä syklotronissa elektronien riistäminen tapahtuu erityisen elegantilla tavalla.

Elektronien irrottamiseen käytetään nk. stripperiä. Stripperissä on ohut hiilikalvo, jonka läpi vetyionin ydin syöksyy. Elektronit jäävät kuitenkin hiilikalvoon, koska niiden liikemäärä on pienen massansa takia paljon protonia vähäisempi. Ne ovat siten helpommin pysäytettävissä. Stripperi

todellakin "riisuu" ionin elektroneistaan (vrt. engl. strip = riisua; poistaa; irrottaa; riistää). Jäljelle jäänyt protoni saadaan ohjattua ulos syklotronikammioista positiivisen varauksensa ansiosta: kun elektronit on revitty irti, positiivinen ioni tunteeikin magneettisen (+-merkkisen) vetovoiman työntövoimana, jolloin protoni ohjautuu sivuun normaalilta radaltaan ja syöksyy ulkoisen putken (engl. beam tube) läpi kohti targettia eli kohtiota. Ulkoisessa putkessakin vallitsee tyhjiö, sillä muutoin protonisuihku absorboituisi väliaineeseen saavuttamatta targettia.

Protonivirta, jonka suuruus on 80 µA, syöksyy kohtioon alumiini-ikkunan läpi. ¹⁸O-vesikohtion etuseinä on Havar-nimistä metallilejeerinkiä. ¹⁸O-vesi on hyvin kallista, n. 2000 mk/kg, joten kokeissa pitoisuus on laimennettu 86%:sta 43%:iin. Hinnan vuoksi reagoimaton H₂¹⁸O voidaan ottaa kohtiolta talteen seuraavia kokeita varten. Kemian laitoksella tutkimukset tehdään käyttäen 300 mg:n kohtiovesikuppia; 1500 mg:n kohtio otetaan käyttöön vasta, kun suuria määriä ¹⁸F:a tarvitaan sairaalakäytössä. Kohtioden materiaaleista suuri osa on hopeaa. Kohtiomateriaalin valinnalla on merkitystä nuklidien tuotannossa: kohtiosta irtoavat ionit

saattaisivat huonontaa reaktion saalista ja sen puhtautta. Hopeaa käytetään myös hyvän lämmönjohtokyvyn vuoksi, sillä parempia ¹⁸F-saaliita saadaan, kun kohtiolle ei tapahdu kuplintaa.



Kuva 17b: Putki, jota pitkin protoni syöksyy kohtiolle.

Säteilytysaika on 60-160 min. Kohtion ja alumiini-ikkunan välissä virtaa ja-loutensa vuoksi jäähdytysaineena käytettävä heliumkaasu. Paineistettu helium myös työntää säteilytetyn veden edelleen letkua pitkin synteosisastolle, kun kohtion venttiili avataan säteilytyksen päätteeksi.

PET-kamera

Kun positronisäteilijä hajoaa, muuttuu eräs sen protoneista neutroniksi heikkovoiman vaikutuksesta. Ydinreaktiossa lähtee omille teilleen β⁺-säde (positroni) sekä neutriino. Neutriino ei juurikaan vuorovaikuta vaan kiittää lähes valonnopeudella vaikkapa maapallon läpi. Positroni sen sijaan ei ehdi merkittävän matkan päähän ennen kuin törmää johonkin läheiseen elektroniin. Vastahiukkasia kun ovat, nämä kohdattessaan annihiloituvat²⁾ kahdeksi 511 keV:n fotoniksi. Nämä fotonit lähtevät täsmälleen päinvastaisiin suuntiin.

PET-kamera koostuu ympärän muotoon asetetuista gam-

2) Nykyaikainen hiukkasfysiikka sisältää lähes kaikille tunnetuille hiukkasille vastahiukkaset, joilla on päinvastaiset ominaisuudet hiukkaspariensä kanssa, esim. elektroni ja positroni. Kun vastahiukkaset kohtaavat, jäljelle jää vain sähkömagneettista säteilyä. Tämän tapahtuman nimi on annihiloituminen

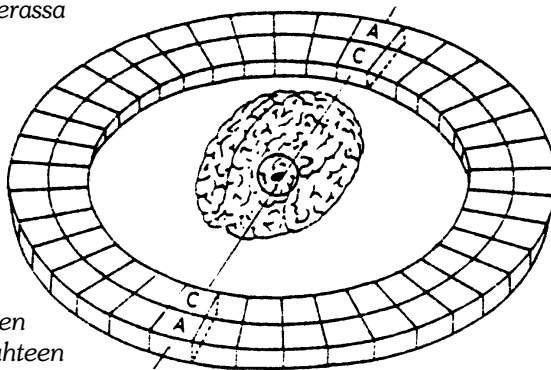
Kuva 18: PET-kamerassa

gammamaisimet
ympäröivät
tutkimuskohdetta.

β^+ -aktiivisen
radionuklidin
hajoamisen
yhteydessä syntyy
kaksi vastakkaisiin
suuntiin lähtevää

gammäsädettä. Näiden
osuessa yhtäaikaa kahteen
detektoriin tiedetään, että

β^+ -aktiivisella radionuklidilla leimattua merkkiainetta on detektorien
välisellä akselilla.



mailmaisimista, joiden keskelle tutkittava kohde asetetaan. Kun kahteen detektoriin osuu yhtäaikaan kaksi tutkimuskohteesta (esim. potilaan pää) lähtenyt gammakvantti, tiedetään merkkiainetta olevan näiden detektorien välisellä akselilla. Kun tietoa eri akseleilla hajonneista positronisäteilijöistä on tarpeeksi, pystytään tietokoneella muodostamaan kuva merkkiaineen jakautumisesta kohteesta. Koska huomiota otetaan vain yhtäaikaiset γ -sädehavainnot, ei PET-kameraa tarvitse suojata ulkoiselta säteilyltä. Nykyisten PET-kameroiden erotustarkkuus on 3-5 mm. Vuonna 2000 Helsinkiin hankittava ns. koinvidenssi-PET-kamera on tavallista laitetta pienempi ja halvempi, mutta sen tarkkuuskaan ei ole aivan näin suuri.

Fluori-18

Fluori on luonnossa hyvin harvinainen alkuaine, eikä ihmisessä tiedetä esiintyvän fluoro-organisia yhdisteitä. Kuitenkaan vedyn korvaaminen fluorilla ei useinkaan muuta orgaanisen yhdisteen käyttäytymistä elimistössä. Toisinaan fluorin korkea elekt-

3) Elektronegatiivisuus = atomin kyky vetää elektroneita puoleensa kemiallisessa sidoksessa. Mitä suurempi sitoutuneiden atomien elektronegatiivisuusero on, sitä poolisempi sidos on. Tällöin sidoksen toisella jäsenellä on negatiivinen osittaisvaraus ja toisella positiivinen.

ronegatiivisuus³⁾ saattaa vaikuttaa yhdisteen reaktiivisuuteen. Sitä paitsi fluorin lisääminen kasvattaa yhdisteen rasvaliukoisuutta. Näitä ominaisuuksia on käytetty hyödyksi fluorilääkeaineita suunniteltaessa: esimerkiksi rasvaliukoisuuden kasvu voi sopivasti muuttaa aineen jakautumista elimistössä. 2-FDG:ssä taas on olennaista, että se ei metaboloitu loppuun asti hiilidioksidiksi ja vedeksi kuten tavallinen, leimaamaton glukoosi, vaan fosforyloituu heksokinaasientsyymin vaikutuksesta glukoosi-6-fosfaatiksi, joka jää kudoksiin noin tunnin ajaksi. Olennaista on fluorin sijainti nimenomaan molekyylin 2-asemassa: tällöin sen kyky toimia heksokinaasin substraattina ei olennaisesti vähene.

Yleisimmät tavat valmistaa fluori-18-isotooppia ovat neon-20:n pommittaminen deuteroneilla⁴⁾ ja H_2 18O:n pommittaminen protoneilla. Kummassakaan reaktiossa kiihdytettävien hiukkasten energia ei ole kovin korkea, joten erityisen voimakasta kiihdytintä ei tarvita.

Kun ^{18}F :a valmistetaan neonista, kohtiokaasuun on lisättävä pysyvää fluorikaasua. Näin yksinkertaisina fluorimolekyyleinä saatava ^{18}F on välttämättömästi laimentunut tavallisella ^{19}F :lla. Tällaisella pysyvän ja radioaktiivisen fluorin seoksella leimatussa

4) Deuteroni = raskaan vedyn I. deuteriumin ydin, joka sisältää protonin ja neutronin.

lääkeaineessa on omat ongelman-
sa: Yhdisteet, jotka ovat fluori-isotooppia lukuunottamatta identtisiä, toimivat keskenään samoissa tehtävissä samoissa elimistön kolkissa. Kuitenkin vain ^{18}F :n sisältävät yhdisteet voidaan havaita. Esim. aivotutkimuksissa saattaa asioita kokonaan jäädä pimentoon, kun tavallista fluoria sisältävä aine syrjäyttää säteilevän merkkiaineen. Sitä paitsi säteilevien, hyödyllisten molekyylien osuus koko lääkeainemäärästä vähenee jatkuvasti fluorin puoliintuessa.

Laimentunutta molekulaa-
rista ^{18}F :a käytetään elektrofiiliseen fluoraukseen. Siinä fluori muodostaa kovalenttisen sidoksen hiilen kanssa elektronirikkaassa kohteessa kuten alkeenissa tai aromaattisessa hiilivedyissä. Fluori on hyvin reaktiivinen aine, joten sen sijoittaminen nimenomaan haluttuun kohtaan yhdistettävä on vaikeaa. Toisinaan fluori liitetään ensin asetyyli-ryhmään, koska muodostuva asetyylihypofluoriitti (CH_3COOF) on vähemmän reaktiivista kuin F_2 . Elektrofiilinen fluoraustapa on tärkeä ^{19}F :lla laimentamisesta ja heikohkoista saaliista huolimatta, koska tietyt fluorausreaktiot ovat mahdollisia vain tällä menetelmällä.

^{18}O -rikastettua vettä pommittaessa muodostuu tavallisella fluorilla laimentamatonta (ns. kantajavapaata) ^{18}F -(aq)-liuosta, jossa fluori on $^{18}F^-$ -muodossa. Tällä muodolla voidaan suorittaa nukleofiilisiä fluorausreaktioita. Tällöin jokin ns. lähtevä ryhmä, vaikkapa toinen halogeeni, korvataan fluorilla. Negatiivinen fluoridi-ioni on saatava tarpeeksi reaktiiviseksi, jotta reaktio tapahtuisi. Vedessä tämä ei onnistu, sillä ioni hydratoituu⁵⁾ erittäin voimakkaasti. Siis fluoriliuokseen lisätään esim. kaliumkarbonaatti-aminopolyeetterikompleksi lisäämään fluorin

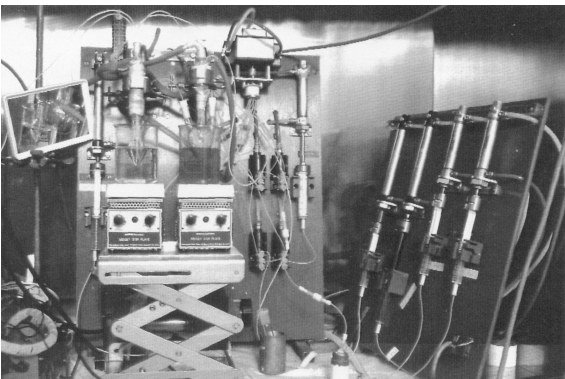
5) Hydratoitumisessa poolisten vesimolekyylien positiiviset puolet kääntyvät kohti negatiivista fluori-ioniä, ja vesimolekyylit järjestäytyvät tiukaksi ryhmäksi ionin ympärille.

reaktiivisuutta ja vesi haihdutetaan. Seuraavaksi leimattava lähtöaine sopivassa liuottimessa lisätään kuivatun fluoridikompleksin päälle, jolloin tapahtuu varsinainen leimausreaktio. Käytetyn liuottimen ominaisuudet on edelleen harkittava fluorin reaktiivisuutta ajatellen: sen ei tule reagoida happona, koska fluoridi-ioni on emäs, ja sen pitää olla hyvin polaarinen, jotta saavutettaisiin suuri liukoisuus.

¹⁸F-radiolääkeaineet

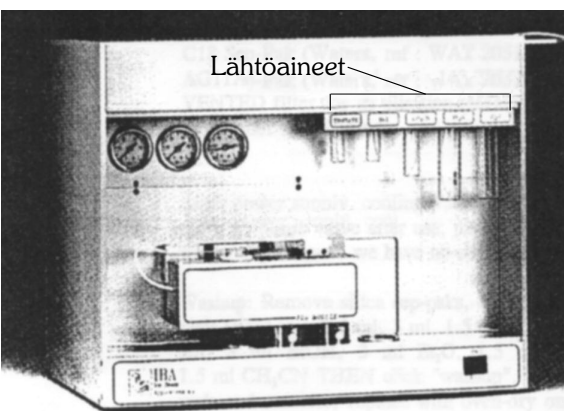
Laajassa käytössä on tällä hetkellä viisi ¹⁸F-merkattua radiolääkeainetta.

Tärkein näistä on glukosianalogi 2-FDG, jonka ensimmäinen synteesimenetelmä julkaistiin jo vuonna 1978. Tällöin saannot olivat vielä hyvin pieniä, koska käytettiin elektrofiilistä fluorausta, jolloin tavallista ¹⁹F:ää on



Kuva 19a: Vanha tietokoneohjattu 2-FDG-synteesilaitteisto

Kuva 19b: Uusi synteesimoduli



mukana. Nykyisin nukleofiilisesti ns. Hamacherin menetelmällä saadaan hyviä synteesisaaliita ja saavutetaan korkea puhtausaste

2-FDG jakautuu elimistöön glukosin tavoin, muttei hapetu vedeksi ja hiilidioksidiksi vaan jää fosforyloituneena kudoksiin noin tunnin ajaksi. Tänä aikana voidaan PET-kameralla selvittää monenmoista.

- Epilepsian hoidossa keskushermoston häiriökeskusta voidaan tutkia ennen mahdollisia kirurgisia toimenpiteitä 2-FDG:n avulla, koska keskuksen aineenvaihdunta (siis myös energian ja siten glukosin tarve) lisääntyy kohtauksen aikana ja vähenee kohtausten välillä.
- Dementiassa aivokudos rappeutuu. Tähän liittyvää aineenvaihdunnan heikkenemistä on tutkittu 2-FDG:llä.
- Liike- ja käytöshäiriöitä sekä dementiaa aiheuttavassa Huntingtonin taudissa aivojen tumakkeen happiaineenvaihdunta heikkenee jo paljon ennen näkyviä oireita, joten taudista voidaan saada tieto PET-kuvauksella.
- Skitsofreniassa ja muissa mielalahäiriöissä on todettu 2-FDG:n avulla glukosiaineenvaihdunnan muuttuneen aivoissa.
- Sydämen glukosimetaboliaa on tutkittu 2-FDG:n avulla. Normaalisti sydän ei tuota energiaansa glukosista vaan rasvahapoista, mutta hapenpuutteen sa olevat alueet käyttävät anaerobista glykolyysiä⁶⁾. Tästä johtuu, että 2-FDG kerääntyy happeottomille alueille sydämessä. Sydämen osien elinvoimaa arvioitaessa päästään näin tarkempiin ratkaisuihin leikkauksissa.

6) Anaerobinen glykolyysi = epätaloudellinen tapa tuottaa glukosista energiaa happeottomassa tilassa, käyminen.

- Pahanlaatuinen kasvain suosii glukosin anaerobista hapettamista, ja on todettu 2-FDG:n kerääntyvän tällaiseen kudokseen. Tällöin kasvaimet näkyvät "kuumina alueina" PET-kuvauksessa. Jotkut aivokasvaimet taas käyttäytyvät täsmälleen päinvastoin. PET-kuvauksella voidaan myös erottaa sädehoidon vaurioittama kudos ja uudelleenkasvava syöpäkudos toisistaan, sillä jälkimmäisen aineenvaihdunta on hyvin vilkasta.

Elektrofiilisesti valmistettava L-6-[¹⁸F]-fluorodopa on aivojen dopamiinimetabolian⁷⁾ tutkimusaine. Valmistustavasta johtuen synteesisaaliit ovat melko alhaisia, ja siksi yritetäänkin kehittää nukleofiilistä menetelmää. Synteetille omat rajoituksensa asettaa se, että lopputuotteen tulee olla puhtaasti L-muotoista optista isomeeria, koska aivojen dopamiiniaineenvaihdunta käyttää vain sitä.

Dopamiinireseptorien tutkimiseen puolestaan käytetään ¹⁸F-leimattuja psykoosin hoitoon tarkoitettuja kokaiinin kaltaisia butyrofenonineuroleptejä. Yksin näiden aineiden valmistaminenkin on ongelmallista, saati sitten leimattuna versiona. Tätä nykyä nukleofiilisellä monivaiheisella synteesillä saadaan heikohko mutta riittävä saanto.

[¹⁸F]Fluorometaani on yksinkertaisin käytetyistä ¹⁸F-lääkeaineista. Koska sillä suoritettava aivojen paikallisen verenkierron tutkimus ei vaadi pitkää aikaa, voidaan käyttää myös lyhytikäisempää positronisäteilijää ¹¹C:tä.

16α-[¹⁸F]Fluoroestra-dioli-17β on rintasyövän tutkimiseen tarkoitettu estrogenijohdannainen. Sitä valmistetaan nukleofiilisesti ja saalis on hyvä.

7) Dopamiini = eräs hermoston välittäjäaineista. Välittäjäaineet kuljettavat hermoimpulsseja synapseissa eli hermosolujen väleissä (Itse solussa impulssi on sähköinen).

2-FDG -synteesi

Yksi yleisimmistä käytössä olevista radiolääkeaineista on 2-FDG eli 2- ^{18}F fluoro-2-deoksi-D-glukoosi (Kuva 16). Radiokeimian laitoksella on tehty ja tehdään edelleen tutkimusta 2-FDG-synteesin parissa tuotannon käynnistämiseksi sairaaloiden tutkimuksia varten.

Synteesin lähtöaineena on tetra-asetyloitu D-mannoosi eli 1,3,4,6-tetra-O-asetyyli-2-trifluorometaanisulfonyyli- β -D-mannopyranoosi (Kuva 21a), johon syklotronissa tuotettu ^{18}F -liitetään. Mannopyranoosi tarkoittaa mannoosia, jonka päät ovat liittyneet yhteen muodostaen molekyylistä rengasmaisen (vastakohtana avoketjuisille sokerimolekyyleille).

Kyseessä on nukleofiilinen substituutioreaktio, mikä tarkoittaa, että fluoridimuodossa oleva ^{18}F toimii nukleofiilinä luovuttamalla elektroninsa D-mannoon 2. hiilellä olevalle triflaattiryhmälle (SO_2CF_3) liittyen itse triflaattiryhmän paikalle. Lisäksi reaktio on stereospesifinen, eli optimaalinen reaktio edellyttää lähtöaineena β -D-mannosijohdannaista.

2-FDG-synteesissä liuotimen tulee sietää reaktioissa tarvittavaa $+98^\circ\text{C}$ lämpötilaa kiehumatta ja hajoamatta. Tähän tehtävään sopii asetonitrili (CH_3CN), joka on polaarisuudeltaan sopivaa ja aprotista⁸⁾.

Synteesireaktiossa käytetään nk. Hamacherin menetelmää, jonka perusta on kaliumkarbonaatti/aminopolyeetteri-kompleksi. Kaliumin käyttö (K_2CO_3 -muodossa) yhdessä liukoisuutta parantavan aminopolyeetterin eli Kryptofix 2.2.2:n kanssa on tehokas tapa saada fluoridi-ioni liukoisaan muotoon. Tällä tavalla edistetään fluorin aktiivisuutta ja katalysoidaan fluorausreaktiota. Kompleksi valmistetaan asetonitrililiuokseen vähän ennen synteesin aloittamista ja laitetaan ensimmäiseksi synteesipulloon. Sitten synteesiastiaan johdetaan ns. kan-

8) Liuotin, joka ei vastaanota eikä luocuta protonia, ei siis reagoi happona tai emäksinä. Vastakohtana amfiprottoninen.

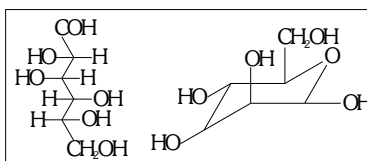
Stereoisomeriaa

Mannoosi on aldoheksoosi (eli 6-hiilinen aldehydisokeri) monosakkaridi. Luonnossa aldoheksoosien 1. hiilen aldehydiryhmä ja 5. hiilen hydroksiryhmä reagoivat keskenään muodostaen pyranoosirakenteen, jossa sokerin molekyyliketju on liittynyt rengasmaiseksi. (Kuva 20c) Mannopyranoosi on siis rengasmuotoinen mannoosi.

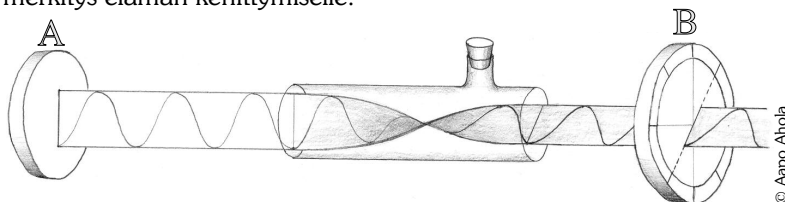
Mannosilla on luonnossa kaksi erilaista optisesta isomeriasta johtuvaa muotoa. Näiden ero voidaan havaita polarimetrin avulla. (Kuva 20b) D-mannoosi eli (+)-mannoosi on muoto, joka noudattaa ”oikeakätistä” kiertosuuntaa, eli D-mannosimolekyylit kiertyvät tasopolaroidun valon värähdystasossa valon etenemissuuntaan nähden oikealle. Vastaavasti mannoosin toinen optinen enantiomeeri, L- eli (-)-mannoosi kiertyy vasemmalle.

Kun mannosimolekyylin päät liittyvät ja syntyy mannopyranoosi, voi hydroksiryhmä liittyä syntyneen renkaan 1. hiileen kahdella eri tavalla. Näin mannopyranoosi saa joko α - tai β -muodon. Tämä aiheuttaa α - ja β -muodoille erilaisen avaruusrakenteen, joka vaikuttaa mm. yhdisteiden ominaiskiertokykyyn ja stabiiliuteen.

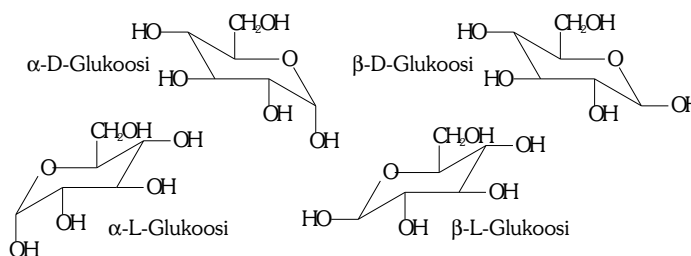
Eroavuudet sokereiden avaruusrakenteissa saattavat tuntua yhdentekeviltä, mutta niillä on merkitystä biologisille toiminnoille elävissä organismeissa. Ne antavat sokereille ja aminoyhdisteille erilaisia kemiallisia- ja sitä kautta toiminnallisia ominaisuuksia, joilla on suuri merkitys elämän kehittymiselle.



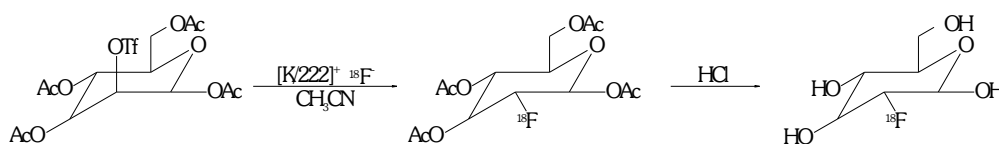
Kuva 20a: Suoraketjuinen ja rengasrakenteinen mannoosi.



Kuva 20b: Polarometri. Prisma A tasopolaroi siihen tulevan valon, eli päästää lävitseen vain tietyssä värähdystasossa tulevaa valoa. Näyteputkessa on tutkittavan aineen liuos. Tasopolaroidun valon läpäistessä optisesti aktiivisen aineen taso kääntyy. Prismaan B kiinnitetystä astekiekosta voidaan lukea ominaiskiertokulma.



Kuva 20c: Rakennekaavat ja ominaiskiertokyvyt asteina neljälle glukoosin stereoisomeeriselle muodolle glukoosin ollessa konformaatioisomeriaaltaan yleisemmässä ”tuolimudossa”.



Ac = asetyyliryhmä (CH_3COO)
Tf = SO_2CF_3

Kuva 21a: Hamacherin menetelmä

tajavapaa eli fluoridimuodossa oleva syklotronista saatu ^{18}F -vesi.

Pääreaktio koostuu kahdesta osasta. Reaktioyhtälö on seuraava: Ensimmäisessä vaiheessa ^{18}F -korvaa tetra-asetyloidussa D-mannopyranoosissa olevan triflaattiryhmän "OTf" (missä Tf = SO_2CF_3) kalium-Kryptofix-kompleksin katalysoidessa reaktiota. Toisessa vaiheessa sokerimolekyylin sitoutuneet asetyyliryhmät "Ac" poistetaan hydrolyysireaktiossa suolahappoa lisäämällä. Reaktiossa myös sokeri muuttuu mannoosista glukoosiksi. Lopputuote on 2- ^{18}F fluoro-2-deoksi-D-glukoosi eli 2-FDG.

Synteesissä on useita osavaiheita ja se koostuu varsinaisesta substituutio-osioista sekä puhdistusosiosta. Suojakaasuna ja veden poistajana käytetään typpi-kaasua. Puhdistusosio koostuu mm. useasta Sep-Pak-suodatussesta, ionienpidätyskromatografiasta, eluoinnista ja lopputuotteen sterilisoivasta 0,22 μm suodatussesta.

Synteesi tapahtuu täysin automaattisesti uuden synteesilaitteen avulla. Aiemmin synteesi tehtiin radiokemian laitoksella kootulla tietokoneohjatulla välineistöllä. Työtä ei voi suorittaa käsin, sillä tutkimuksissa käytetyt aktiivisuudet ovat erittäin suuria, jopa 3100 MBq eli $3,1 \cdot 10^9$ β^+ -hajoamista sekunnissa.

Tutkijat hoitavat synteesin tietokoneen ääressä. Synteesilaitte on lyijymuurin takana, mutta synteesihuoneeseen ei silti voi mennä synteesin aikana - kuitenkin jo seuraavana päivänä. Siihen mennessä synteesiliuoksesta emittoituneet β^+ -säteet eli positronit ovat jo kohdanneet vastahiukkasensa - elektronit - muuttuen fotoneiksi.

Synteesiä tehdään 2-3 ker-

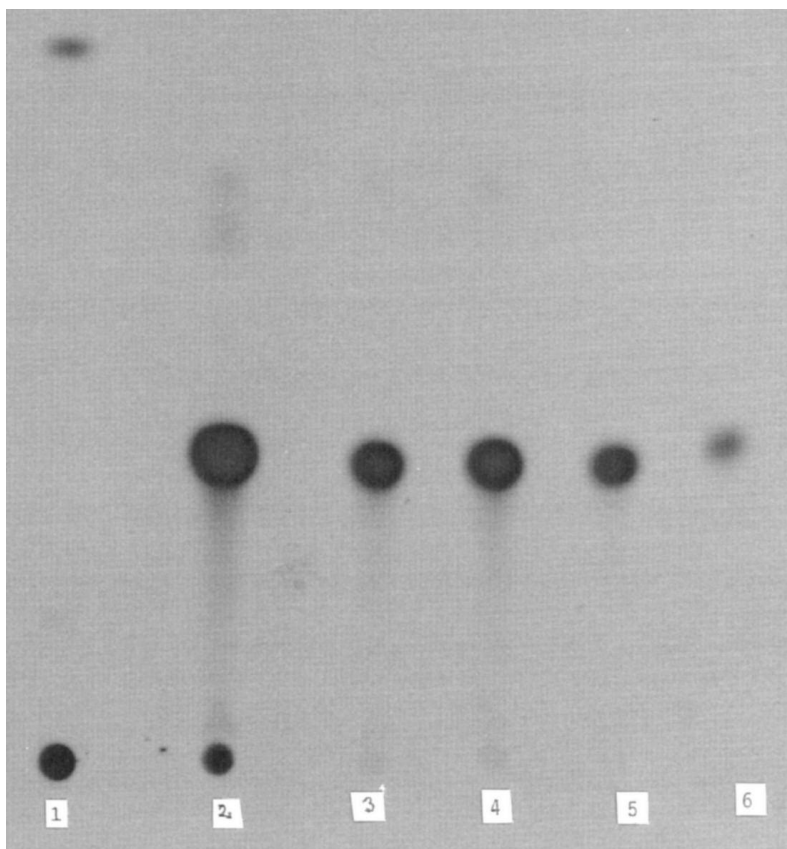
taa viikossa, mutta tulevaisuudessa jopa päivittäin, kun Meilahden sairaalassa aletaan tutkia potilaita koinsidenssi-PET-kameralla.

Puhtauden tarkistus

Leimatuissa fluorilääkeaineissa käytettävä ^{18}F puoliintuu 110 minuutissa ja ^{11}C jo 20 minuutissa. Tämän vuoksi synteesissä valmistettu radiolääkeaine täytyy mahdollisimman nopeasti saada käyttöön. Valmistusmenetelmi-

en täytyy olla äärimmäisen tarkasti suunniteltuja. Valmistuksen pitää tapahtua siten, että päästään hyväksyttävään lopputuotteeseen. Pyrogeenit sekä muut mikrobit pyritään valmistusprosessissa eliminoidaan astioiden, vesien ja reagenssien puhtaudella.

Ennen tuotteen käyttöön ottoa on suoritettava tietty määrä eläinkokeita toksisuuden testauksiksi. Samoin suoritetaan ennalta pyrogeenisuus- ja sterilisyystestejä useasta tuotantoerästä pe-



Kuva 21: 2-FDG:n synteesin välivaiheita sekä lopputuote. Ensin näytteet on ajettu ohutlevyn läpi (kts. Kromatografia, s. 23). Sitten levyn päälle on asetettu valottumaan röntgenfilmi. Näytteessä 1 on vain 2-FDG:tä raskaampia ja kevyempiä radioaktiivisia aineita. Toinen näyte on 2-FDG:n raakalopputuotteesta, jossa säteileviä epäpuhtauksia edelleen näkyy (pilkku alareunassa). Näytteet 3 - 6 ovat puhdistettua 2-FDG:tä.

räkkäin. Kun tuote täyttää farmaseuttiset vaatimukset, se voidaan ottaa kliniseen käyttöön. Jos synteesiin tehdään muutos, täytyy sterilisyys- ja pyrogeenisyydestit tehdä uudelleen. Toisinaan näitä testejä tehdään eristä muutenkin pistokokeina.

Yksittäisen synteesierän radiokemiallinen että kemiallinen puhtaus puhtaus täytyy varmistaa pikaisesti synteesin jälkeen. Radiokemiallinen puhtaus todetaan autoradiografisella ohutlevykromatografiamenetelmällä. Näytteet pipetoidaan silikageelilevyille, ja

asetonitriili:vesi (seossuhde 95:5) -ajoliuosta käyttäen suoritetaan ohutlevykromatografia. Tämän jälkeen ohutlevy kuivataan ja niiden päälle asetetaan röntgenfilmi. Filmi "valottuu" radioaktiivisuuden vuoksi. Kun filmi on kehitetty, voidaan nähdä väli- ja lopputuotteiden aktiivisuusjakaumat (kuva 21).

Kemiallinen puhtaus synteesin lopputuotteissa on yleensä erittäin hyvä, eikä suuria puhtaus-testejä siltä osin tarvita. 2-FDG:n tapauksessa kuitenkin ainoa aine, jonka pitoisuus täytyy tarkasti tut-

kia, on voimakkaasti toksinen reaktiokatalysaattori Kryptofix 2.2.2. Koska radiolääkeaineita käytetään etenkin aivotutkimuksessa, tämä myrkky on tärkeää eliminoida. Sen määrä tutkitaan erityisellä kromatografialla jodilla kyllästetyssä kammiossa.

**Aapo Ahola
ja
Jaakko Kortesharju**

tarkistanut FL Eeva-Liisa Kämäräinen

Kone joka voitti Napoleonin

Seepiassa 1 julkaistun shakkipelin historiasta kertovan artikkelin yhteydessä mainittiin von Kempelenin rakentama shakkia pelaava kone. Saimme kirjeen, jossa aiheesta pyydettiin lisätietoa.

Vuonna 1769 Itävallan keisarinna Marie Theresa oli kutsunut Wolfgang von Kempelenin (1734–1804) seuraamaan erään ranskalaisen magnetiikkakokeita. Tilaisuuden yhteydessä hän kuitenkin ilmoitti pystyvänsä rakentamaan vielä paljon ihmeellisemmän koneen. Tämä shakkia pelaava kone valmistui seuraavana vuonna, jolloin von Kempelen esitteli sen julkisesti Wienissä. Kone kiersi pitkään ympäri Eurooppaa voittaen suurimman osan peleistään.

Esityksen alussa koneen esittelijä aina avasi laatikon etuluku osoittaakseen ettei ketään ollut sisällä, eikä laatikkoon olisi aikuista miestä mahtunutkaan. Laatikossa oli kuitenkin peili, joka sai laatikon näyttämään tyhjältä, mutta sen taakse jäävään tilaan mahtui pieni shakinpelaaja. Alkuaikoina konetta käytti Puolalainen sodassa jalkansa menettänyt shakkimestari Worowski, joka muulloin esiintyi tekojalokojen kanssa, eikä häntä siksi osattu epäillä. Koneen käyttäjällä oli paljon työtä, sillä hän joutui siirtoa miettiessään liikuttamaan koneeseen kuuluvan turkkilaiseksi puetun nukan käsiä ja silmiä sekä harhautukseksi tarkoitettua valekoneistoa. Koneesta käytettiin nimitystä "the Turk".

Vuonna 1805 von Kempelen myi koneensa keksijä Johann N. Maelzelille, joka jatkoi koneen esittelemistä. Kone pelasi mm. Napoleonin vastaan von Kempelenin kuoleman jälkeen 1809. Myöhemmin aikoina koneen sisällä toimi useita eri pelaajia, mm. M. Mouret, joka pelasi mustilla antaen sotilaan tasoitusta ja voitti 99% peleistään.

Lopulta kone tuhoutui Philadelphian museon palossa 5. 7. 1854.

Itävaltalainen keksijä Wolf-

gang von Kempelen rakensi myös maailman ensimmäisen puhesyntetisaattorin, sekä teki lukuisia parannuksia mm. hydraulisiin pumppuihin, joista hänen aikansa ihmiset eivät kuitenkaan olleet kiinnostuneita.

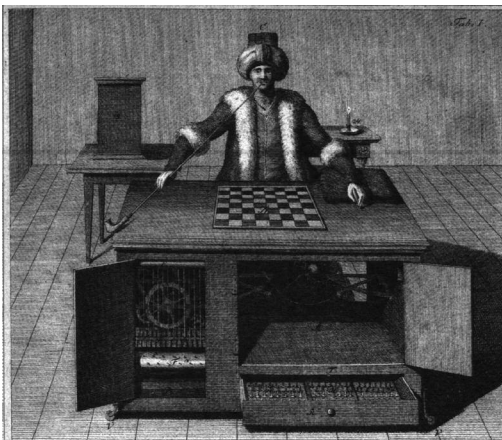
Sampo Tiensuu

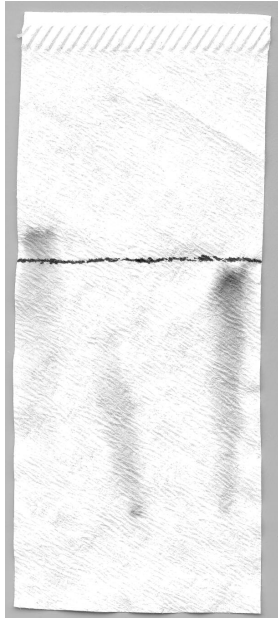
Napoléon 1er — The Turk (Allgaier) Schoenbrunn, 1809, C20

1. e4 e5 2. ♖f3 ♘c6 3. ♔c4 ♗f6 4. ♗e2 ♕c5 5. a3 d6 6. 0-0 ♔g4 7. ♖d3 ♗h5 8. h3 ♕xe2 9. ♖xe2 ♗f4 10. ♖e1 ♗d4 11. ♕b3 ♗xh3+ 12. ♗h2 ♖h4 13. g3 ♗f3+ 14. ♗g2 ♗xe1+ 15. xe1 ♖g4 16. d3 ♕xf2 17. h1 ♖xg3+ 18. ♗f1 ♕d4 19. ♗e2 ♖g2+ 20. ♗d1 ♖xh1+ 21. ♗d2 ♖g2+ 22. ♗e1 ♗g1 23. ♗c3 ♕xc3+ 24. bxc3 ♖e2+ (0-1)

Korjaus

Seepian edellisessä numerossa julkaistun shakin historiaa käsittelevän artikkelin lopussa sanottiin, että Englannissa vielä 1800-luvun alkuun asti pelin patitunut puoli oli häviäjät. Todelisuudessa hän oli kuitenkin voittaja. Pahoittelemme virhettä.





Kuva 23: Kromatografiaa voi tehdä itsekkin. Kuvassa kolmen vesiliukoisen huopakynän kromatografia kahvisuodatinpaperilla.

Kromatografiaa

Sana kromatografia juontuu kreikan kielestä: “chromatos” merkitsee väriä. 1900-luvun alussa venäläinen tutkija Tswett erotti kasveista uutettuja väriaineita toisistaan kromatografisesti liitujauhoa sisältävässä lasiputkessa. Eri väriaineet muodostivat liitujauhoon erivärisiä juovia. Useimmat kromatografisesti tutkittavat aineet ovat kuitenkin värittömiä, joten ne saadaan näkyviin erillisellä kemiallisella käsittelyllä.

Menetelmässä nk. liikkuva faasi, esim. liuotin tai kaasu, kulkee nk. stationäärifaasin läpi, jona voi toimia menetelmästä riippuen kiinteä aine tai neste. Tutkittavan näytteen eri aineet kulkevat liikkuvan faasin mukana niin reippaasti kuin sen ominaisuudet sen sallivat: jotkut aineet juomittuvat stationäärifaasiin heti alkuunsa, jotkut taas kulkevat vikkellästi sen läpi liikkuvan faasin mukana. Kromatografisilla menetelmillä voidaan mm. puhdistaa, erotella ja tunnistaa aineita näytteestä.

TLC:ssä eli **ohutlevykromatografiassa** ohuelle, yleensä silikageelistä valmistetulle levyille tiputetaan täplä näytettä. Sitten levyn reuna upotetaan liuottimeen, joka toimii liikkuvana faasina. Liuotin imeytyy levyyn ja kiipeää sen toiseen reunaan saakka, jolloin näytteen eri aineet kulkevat sen mukana eripituisia matkoja riippuen niiden kemiallisista ominaisuuksista. Tämän jälkeen aineet muutetaan näkyviksi sopivan reagenssin avulla (Esim. rikkihapon 30-prosenttinen metanoliliuos mustuttaa metanolin haihtuessa kaikki orgaaniset yhdisteet) tai niitä tarkastellaan suoraan, mikäli ne näkyvät tavallisessa tai UV-valossa. 2-FDG:n tapauksessa saadaan levyiltä näkyviin kaikki radioaktiiviset yhdisteet kätevästi asettamalla sopiva filmi valottumaan ohutlevyn päälle. 2-FDG tulee näkyviin filmillä tunnetun matkan (Rf-arvo, joka on ominainen kullekin aineelle) päässä liuotinrintaman lähtöreunasta. Muut valottuneet täplät, joilla on omat Rf-arvonsa, merkitsevät radioaktiivisia ¹⁸F-epäpuhtauksia tuotteessa.

Gravitaatio- ja flash-kromatografiassa näyte lisätään esim. lasiputkeen pakatun stationäärifaasin (silikageeli) päälle. Systeemiin valutetaan jatkuvasti varovaisesti liikkuvaa faasia (jotain sopivaa liuotinta) ja putken alapäästä valuu peräkkäin näytteen aineosia, koska toiset niistä kulkevat hitaammin ja toiset nopeammin stationäärifaasin läpi. Flash-kromatografia eroaa gravitaatiokromatografiasta siinä, että putkessa käytetään painetta. Tällöin tarkkuus ja nopeus paranevat.

Kaasukromatografiassa näyte injektoidaan pienessä tilavuudessa kantokaasun eli liikkuvan faasin (typeä, vetyä, heliumia tai argonia) mukana kolonniin, jonka stationäärifaasissa tutkittavat yhdisteet erotetaan. Stationäärifaasi voi muodostua esim. kiinteistä partikkeleista tai se voi olla haihtumaton liuos ohuena kalvona kolonnin sisäpinnalla. Nykyisin stationäärifaasi on tavallisesti hyvin ohuen putken nk. kapillaarikolonnin seinässä päällysteenä. Se ei saa tietenkään kiehua kovinkaan matalassa lämpötilassa. Yhdisteet tunnistetaan sen ajan perusteella, jonka ne viettävät matkalla stationäärifaasin läpi; tämä nk. retentioaika on kullekin yhdisteelle luonteenomainen. Järjestelmän toisesta päästä ulos tuleva kaasuvirta analysoidaan esim. liekki-ionisaatiodetektorilla, jossa korkea lämpötila hajottaa yhdisteiden sidokset. Muodostuneet ionit tuottavat sähköisen signaalin, jonka avulla voidaan määrittää tutkittavan aineen pitoisuus. Varsinkin pienillä ainemäärillä kaasukromatografiaa käytetään myös aineiden erotteluun näytteestä.

HPLC eli korkeapainenestekromatografia toimii periaatteessa samankaltaisesti kuin flash-kromatografia, mutta stationäärifaasi on hyvin hienojakoista ainetta, jolloin tarvitaan korkea paine työntämään liikkuvan faasin ja näytteen sen läpi. Näin saadaan nopea ja tarkka tulos. Milloin tutkittavien yhdisteiden joukossa on vaikeasti haihtuvia tai korkeassa lämpötilassa hajovia aineita, on käytettävä kaasukromatografian sijasta HPLC:tä. HPLC:tä voidaan käyttää sekä tuotteen puhdistukseen että puhtauden analysointiin HPLC-kromatografia voidaan jakaa normaali- ja käänteisfaasikromatografiaksi. Normaalifaasikromatografiassa stationäärifaasi on poolisempi kuin liikkuva faasi, käänteisfaasikromatografiassa päinvastoin. Näistä jälkimmäinen on yleisemmin käytössä, koska usein pooliset yhdisteet halutaan nopeimmin järjestelmän läpi.

Tykkien ballistiikkaa

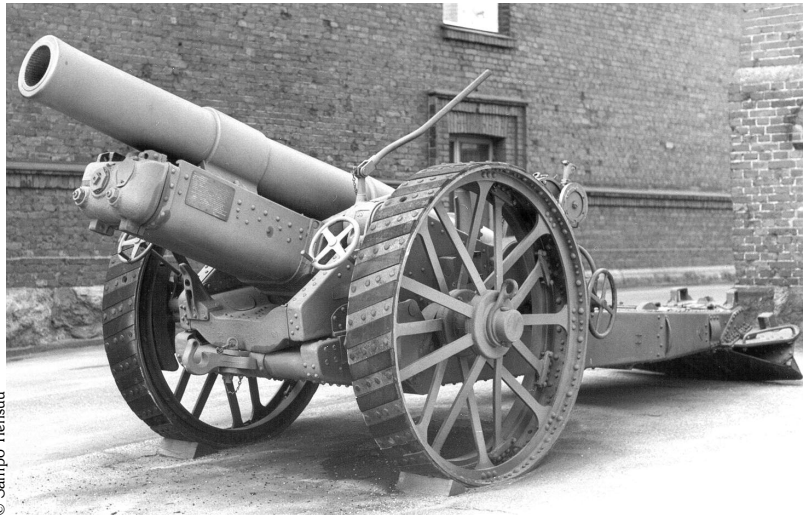
Maaliskuussa 2000 talvisodasta tuli kuluneeksi 60 vuotta. Sotaa on muisteltu ja siitä on kirjoitettu paljon. Eräs aselaji on jäänyt näissä muisteloissa sivualalle: kenttätykistö. Sääli, sillä Suomen piskuinen, mutta osaava tykistö hoiti oman osuutensa sodassa mallikkaasti ja oli mukana rakentamassa paljon puhuttua talvisodan ihmettä.

Tykillä ampuminen on yksinkertaista, mutta kaunista mekaniikkaa ja geometriaa, johon tutustuminen on vaivan arvoista. Tässä artikkelissa keskitytään toista maailmansotaa edeltäneeseen ja sen aikaiseen tykistötoimintaan, ensinnäkin historiallisista syistä, toiseksi koska silloiset menetelmät ja laitteet ovat ajan patinan ansiosta viehättävämpiä kuin nykyajan tietokoneet, laseretäisyyssmittarit ja vastaavat.

Suomen kenttätykistön kehitys vuosina 1918-1945

Tykistönkenraali Vilho Nenonen sai kansalaissodan jälkeen Mannerheimilta tehtäväkseen suomalaisen tykistön luomisen. Hänen johdollaan Suomen kenttätykistö saavutti kansainvälistäkin arvostusta osaamisellaan. Miehistölle järjestettiin toistuvia leirejä ja ampumaharjoituksia, upseereita puolestaan komennettiin esimerkiksi Teknilliseen korkeakouluun opiskelemaan matemaatiikkaa ja ballistiikkaa. Lisäksi 20- ja 30-luvuilla julkaistiin runsaasti sotilasammattikirjallisuutta.

Tietotaitoa ei tykistöltä puuttunut, mutta sitäkin enemmän kalustoa. Kansalaissodassa valkoiset olivat saaneet sotasaa-



Kuva 24: Vapaussodan aikainen tykki sotamuseon pihalla

liiksi kosolti venäläisiä tykkeitä ampumatarvikkeineen, ja nämä yli-ikäiset asevanhukset, tosin perusteellisesti huolletut, muodostivat kenttätykistön rungon talvisodan syttyessä.

Vuonna 1936 hallitus päätti perustaa valtion tykkitehtaan Jyväskylään. Tehtaan rakennustyöt päättyivät vuonna 1938, mutta kotimaisia haupitseja ei saatu joukoille ennen jatkosotaa. Kalustoa olisi ehdottomasti pitänyt hankkia ulkomailta, mutta päättäjät heräsivät vasta sodan kynnyksellä syksyllä 1939. Tällöin sotatarvikemarkkinat olivat jo melkein sulkeutuneet, mutta hankinnat kiertoteitse olivat vielä osittain mahdollisia. Tykkeitä ja ampumatarvikkeita aiottiin ostaa Saksasta ja muualta Euroopasta ja kuljettaa Ruotsin kautta Suomeen. Saksan hallitus myönsi materiaalitoimituksille kauttakuluvun, mutta perui sen pelätessään suhteittensa Neuvostoliittoon vaarantuvan tiedon asekaupoista ja -kuljetuksista vuodettua julkisuuteen. Viime hetkellä, lokakuussa 1939, Ruotsista saatiin joitakin kanuunoita, mutta tarve olisi ollut moninkertainen.

Sodan syttyessä kenttätykistöllä oli käytössään vajaat viisisataa tykkiä, näistä osa 1800-luvun loppupuolelta peräisin olevia, asevarikkojen kätkeistä kaivettuja. Kalustopulaa kuvaa hyvin, että armeijan 9. divisioonan kenttätykistörykmentti oli jäädä tyystin vaille aseita! Myös ampumatarviketilanne oli heikko ja kotimainen ammustuotanto vasta lähtökuopissaan. Kenttätykistön kantama oli keskimäärin alle kymmenen kilometriä. Raskasta tykistöä oli aivan liian vähän, vain 10% kalustosta. Tykkeitä oli kymmeniä eri malleja, mikä vaikeutti niiden huoltoa.

Talvisodan aikana jatkettiin asehankintoja ulkomailta. Ruotsista saatiin yhteensä sata tykkiä. Ranskasta saatiin lahjoituksena yli kolmesataa kanuunaa, tosin vanhentunutta mallistoa, joista kuitenkin vain pieni osa ehti joukoille ennen Moskovan rauhaa. Myös lukuisista muista Euroopan maista saatiin pienempiä ase-eriä, ja kenraaliluutnantti Nenosen johtaman valtuuskunnan onnistui ostaa Yhdysvalloista kaksisataa tykkiä, jotka eivät tosin myöskään ehtineet talvisodan rintamille. Sodan

jälkeen tykistön materiaalitilanne oli tykkihankintojen ja sotasaaliina saadun kaluston myötä parantunut, mutta varustautumista täytyi silti jatkaa.

Saksan suhtautuminen Suomeen muuttui alkusyksystä 1940, kun Operaatio Barbarossa, suurhyökkäys Neuvostoliittoon, alkoi hahmottua. Salaisten neuvottelujen tuloksena sovittiin saksalaisten kanssa huomattavista sotatarvikehankinnoista. Suomeen saatiin Saksasta jatkosodan loppuun mennessä runsaat kuusisataa tykkiä, ja kaikkiaan kenttätykistön vahvuus kohosi reilusti yli tuhanteen tykkiin.

Ballistiikka

Sotiva ihmiskunta on kautta aikojen käyttänyt erilaisia heitokoneita ja tykkejä, mutta vasta Newtonin mekaniikan myötä 1600-luvun lopulla ammusten radan laskeminen tuli mahdolliseksi. Ballistiikka on mekaniikan haara, joka tutkii ammusten liikettä aseiden π -pussa ja sen ulkopuolella. Tässä artikkelissa käsitellään näistä jälkimmäistä, ulkoballistiikkaa.

Tarkastellaan aluksi painovoiman alaista liikettä ilman ilmanvastusta. Ammus lähtee tykin suusta nopeudella v_0 kulmassa α tykinputken päästä kulkemaan vaakasuoraan, nk. putkivaakasuooraan nähden. Tätä kulmaa kutsutaan ballistiikassa lähtökulmaksi. Valitaan putkivaakasuoora x -akseliksi ja suunta ammuksen lähtöpisteestä ylöspäin y -akseliksi. Ammus etenee tasaisella nopeudella x -suunnassa, ja y -suunnassa sen nopeus muuttuu tasaisesti painovoiman vaikutuksesta. Ammuksen nopeudet x - ja y -suunnassa ovat:

$$v_x = v_0 \cos \alpha \quad (1)$$

$$v_y = v_0 \sin \alpha - gt \quad (2)$$

Ajassa t kuljettu matka akselien suunnissa on siten

$$x = v_0 t \cos \alpha \quad (3)$$

$$y = v_0 t \sin \alpha - \frac{1}{2} gt^2 \quad (4)$$

Ratkaisemalla t yhtälöstä (3) ja sijoittamalla se yhtälöön (4) saadaan ammuksen radan yhtälö

$$y = x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} \quad (5)$$

Tämä esittää alaspäin aukeavaa paraabelia, jonka akseli on pystysuora. Näistä ylläolevista yhtälöistä voidaan selvittää joitakin ammuksen lennon perustotuuksia kuten lakipisteen koordinaatit, lentoaika ja ampumamatka, joka on pisin lähtökulman ollessa 45 astetta. Kun tiedetään maalin sijainti sekä ammuksen lähtönopeus, voidaan etsimällä oikea lähtökulma ampuu tähän kohteeseen. Kulma saadaan ratkaisemalla yhtälö (5) tana:n suhteen. Yhtälö pyörrähtää muotoon:¹⁾

$$-\frac{gx^2}{2v_0^2} \tan^2 \alpha + x \tan \alpha - \frac{gx^2}{2v_0^2} - y = 0 \quad (6)$$

Kyseessä on toisen asteen yhtälö, jolle löytyy kaksi ratkaisua, jos maali on tykin kantaman sisäpuolella; maaliin voidaan siis osua kahta eri rataa pitkin. Loivempi kulma vastaa laakalaukausta, jota käyttävät esimerkiksi kiväärit, ja jyrkempi järeämmän tykistön kaarilaukausta. Yhtälöllä on yksi ratkaisu, jos kohde on ampumaalueen rajalla. Mikäli tykillä ei voi yltää maaliin saakka, yhtälöllä ei ole reaalisia ratkaisuja.

Ilmanvastuksella on merkitystä

Todellisuudessa tykillä ampuminen ei ole läheskään näin yksinkertaista. Laskelmia sotkevat ennen kaikkea ilmanvastus ja tuuli. Lisäksi poikkeuksia lentorataan aiheuttavat mm. maan pinnan kaarevuus, painovoiman muuttuminen ammuksen etäisyyden maan keskipisteestä mukaan sekä

1) Käytämme hyväksi tietoa, että $\frac{1}{\cos^2 \alpha} = \tan^2 \alpha + 1$

maapallon pyörimisestä johtuvat putomiskiihtyvyyden vaihtelu leveyspiiristä riippuen ja corioliskiihtyvyys. Näiden vaikutus on kuitenkin vähäinen, esimerkiksi maan pinnan kaarevuudesta johtuva heitto korkeussuunnassa kymmenen kilometrin matkalla on vajaat kahdeksan metriä. Myös pienten virhelähteiden laskennallinen huomioiminen on toki mahdollista, muttei järin mielekästä ainakaan vanhojen tykkien kohdalla, joiden ampumamatka oli lyhyt, ammuksen lähtönopeus suhteellisen pieni 300-500 $\frac{m}{s}$ sekä mittauksien, tykin asennon ja tähtäyksen epätasällisuudesta syntyvä hajotus suuri.

Ilmanvastus F_v aiheutuu ilman molekyyliden törmämisestä lentävään kappaleeseen. Kappaleen nopeuden v kasvaessa myös siihen vaikuttava ilmanvastus kasvaa, koska molekyylejä törmää siihen samassa ajassa enemmän. Samoin myös kappaleen poikkipinta-ala A ja ilman tiheyden ρ suureneminen lisäävät törmäysten määrää. Newton esitti näihin ajatuksiin pohjautuen neliövastuslain

$$F_v = \rho A v^2 \quad (7)$$

Kaava pitää melko hyvin paikkansa pienillä nopeuksilla, mutta on kuitenkin osoittautunut aikojen saatossa epätasälliseksi. Johtaessaan lakia Newton oletti ilmamolekyyliden törmäävän lentävään esineeseen, menettävän liike-energiansa ja jäävän paikalleen kuin täit tervaan. Todellisuudessa ilmahiukkaset kimpoilevat ammuksen pinnasta, liukuvat sitä pitkin ja synnyttävät pyörteitä. Fyysikko Ernst Mach huomasi 1800-luvun lopulla, että ilmanvastus kasvaa voimakkaasti äänen nopeuden läheisyydessä. Suurilla nopeuksilla ilma ammuksen edessä puristuu kokoon, jolloin sen tiheys kasvaa ja ilmanvastus suurenee. Lisäksi kappaleen taakse muodostuu alipaine, joka hidastaa etenemistä. Myös ammuksen muodolla, ei vain sen poikkipinta-alaalla, on väliä: ensimmäisen

maailmansodan aikana erään ranskalaisen meritykin ampumamatka kasvoi 12 800 metristä 18 100 metriin pelkästään tykin kranaattia virtaviivaistamalla. Ilmanvastukseen vaikuttaa myös ilman tiheyden vaihtelu lämpötilan, ilmanpaineen, kosteuden ja korkeuden maanpinnasta mukaan. Newtonin jälkeen fyysikot ovat kehittäneet lukuisia ilmanvastusta kuvaavia malleja, mutta yleisesti ottaen voidaan tyytyä lakiin

$$F_v = ipAf(v) \quad (8)$$

missä i on ammuksen muodosta riippuva muotokerroin ja $f(v)$ ammuksen nopeudesta riippuvan, mittaustulosten perusteella muodostetun funktion f arvo. Ilmanvastuksen seurauksena ampumamatka sekä ammuksen loppunopeus pienenevät ja ammus saapuu maahan jyrkemmässä kulmassa kuin ilmanvastuksettomassa tapauksessa.

Käytännön toiminta

Tykkimiesten tärkeimpänä tehtävänä oli selvittää, kuinka maali sijaitsi patteriin, useiden tykkien muodostamaan tuliyksikköön nähden, sillä tarkkojen tietojen perusteella tykit oli kyllä helppo suunnata. Suunnanmäärittämisessä törmätään väistämättä kulmiin, ja tykistöllä onkin oma kulmayksikkö, piiru, joka on määritelty siten, että yhtä piirua vastaava ympyrän kaari on tuhannesosa ympyrän säteestä, eli se on 0,001 radiaania tai likimain 0,068. Yhden piirun korjaus tykin suuntauksessa siirtää täten ammuksen osumispistettä ampumamatkan tuhannesosan verran. Tästä päästään tykkimiesten nyrkkisääntöön: korjaus piiruisa on yhtä kuin korjaus metreissa jaettuna ampumamatkalla kilometreissä²⁾. Esim. Tähystäjä

2) Todellisuudessa korjaus metreissa ei ole ympyrän kaaren, vaan janan pituus, ja näinollen kaava ei ole aivan piirun määrittämisen mukainen. Koska piiru on kuitenkin hyvin pieni kulma ja ampumamatka huomattavasti pidempi kuin korjaus, tällainen yksinkertaistus on voitu tehdä.

huomaa, että kranaatit putoilevat 20 metriä maalina olevasta talosta vasemmalle ampumatkan ollessa 5 km. Hän pyytää tähtäystä korjattavaksi $\frac{20}{5} = 4$ piirua oikealle. Periaatteessa täyteen ympyrään mahtuisi $2 \cdot \pi \cdot 1000$ eli likimäärin 6283,185... piirua, mutta käytännössä suomalaisten suuntausvälineiden ympyrälevy oli jaettu 6000 yhtäsuureen osaan, jolloin yksi piiru vastaa esim. 1 km matkalla 1,05 metriä.

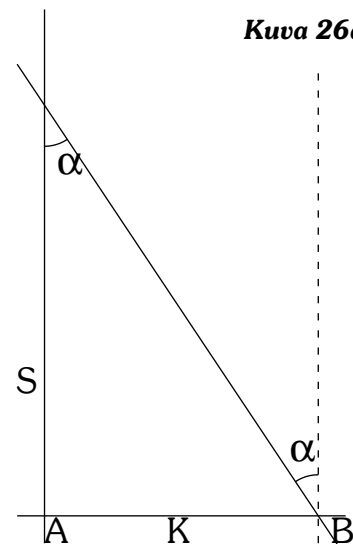
Tarkat kartat olivat tärkeitä tykistölle: niiden avulla voitiin hyvinkin luotettavasti arvioida korkeuksia ja etäisyyksiä. Tähystämiseen käytettiin kiikareita ja kaukoputkia. Radioita ja muita viestintävälineitä tarvittiin yhteydenpitoon tulenjohtoryhmän ja patterin välillä. Suuntausvälineitä oli lukuisia, ja niistä mainittakoon tykin putkeen kiinnitettävä kiertokaukoputki, jossa piirujaoitettu ympyrälevy on liitetty kaukoputkeen ja jolla täten voidaan suunnata tykki sivusuunnassa. Kiertokaukoputket olivat arvokkaita laitteita: niitä tuli käsitellä äärimmäisen varovasti, ja sellaisen pudottaminen oli rangaistava teko.

Koska mitään laskukoneita ei sotien aikaan ollut saatavilla, oli pakko kehittää muita keinoja, joiden avulla ammunta sujui juohevasti eikä laskuihin kulunut liikaa aikaa. Tavalliselta tykkimieheltä ei vaadittu kovin kummoista laskupäätä eikä ballistiikan tuntemusta. Ne muutamat laskutoimitukset, joita kentällä tarvitsi tehdä, oli tiivistetty helposti muistettaviksi kaavoiksi. Useat tiedot, kuten tykin korotuskulma tietyllä ampumamatkalla tai tuulen aiheuttama poikkeama lentorataan, voitiin lukea taulukoista ja kuvaajista, niitä

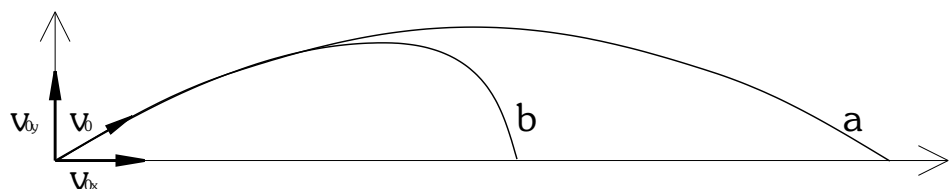
ei täytynyt laskea joka kerta erikseen paikan päällä. Laskuissa käytettiin viljalti apuna logaritmeja, joilla voidaan muuttaa kerto- ja jakolasku yksinkertaisemmiksi yhteen- ja vähennyslaskuksi.

Etäisyys maaliin oli mahdollista katsoa kartasta, mutta oli myös muita tapoja sen määrittämiseksi. Kun asetetaan tykin ja kohteen kautta kulkevaa tähtäysviivaa vastaan kohtisuoraan kantaviiva K , jonka pituus tiedetään, ja mitataan kulma α , saadaan etäisyys S edellämainitun nyrkkisäännön avulla; sen mukaanhan matka kilometreissä on korjaus (K) metreissa jaettuna kulmalla a piiruisa. Vaihtoehtoisesti K voi olla jonkin maalialueella olevan esineen tai olennon, esimerkiksi sotamiehen tai hevosen, pituus, leveys tai korkeus ja a kulma, jossa se näkyy.

Kuva 26a:

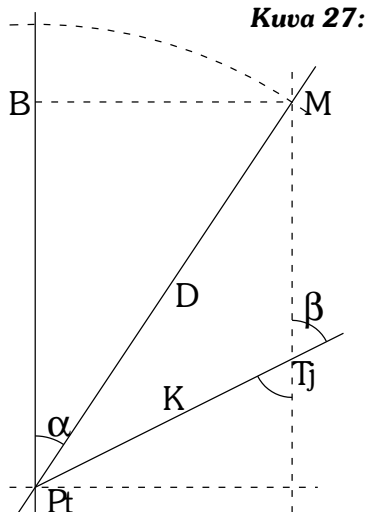


Kun ampumapaikalta on näköyhteys maaliin, käytetään suoraa suuntausta. Ensin suunnataan tykki sivusuunnassa ja asetetaan tykin korotuskulma vastaa-



Kuva 26a: Ammuksen lentorata a: tyhjiössä ja b: ilmassa

maan oikeaa matkaa, sitten tähystetään, millä korkeudella maali sijaitsee ja korotetaan tai madalletaan korotuskulmaa tämän mukaan. Jos maali ei näy tykeille,



Kuva 27:

täytyy käyttää epäsuoraa suuntausta. Tällöin maalia tähystetään tulenjohtopaikalta, jonne se näkyy, ja patteri suunnataan näin saatujen tietojen perusteella. Epäsuorassa suuntauksessa menetelmät saattoivat hieman vaihdella, mutta periaate oli aina kutakuinkin sama kuin oheisessa kuvassa. Patterin Pt tykit on suunnattu yhdensuuntaisesti tulenjohtopaikan Tj ja maalin M kautta kulkevan tähystys-suoran kanssa kohti pistettä B. Etäisyydet patterilta maaliin ja tulenjohtopaikalle tunnetaan, ja täytyy selvittää kulma α , jota myös siirtokorjaukseksi kutsutaan. Kuvioon piirretään jana S, joka on kohtisuorassa tähystys-suoraa kohtaan, joka kulkee maalin ja tulenjohtopaikan kautta. S on yhtä pitkä kuin jana BM, ja taas voidaan hyödyntää nyrkkisääntöä:

$$\alpha = \frac{S}{D/1000} \quad (D \text{ annettu metreissä})$$

Janan S mittaaminen ei ole järkevää käytännöllistä, vaan sen pituus selvitetään trigonometrialla. Kun tiedetään tähystys-suoran ja kannan K välinen kulma β , $S = K \sin \beta$. Siirtokorjaukseksi saadaan siis

$$\alpha = \sin \beta \frac{K}{D/1000}$$

Tykin ja maalin välinen korkeuserosta johtuva maastokulma voidaan helposti laskea vaikkapa karttatietojen perusteella ja ottaa huomioon tykin korotuskulmassa. Näiden toimenpiteiden jälkeen suuntausta täsmennetään haku- ja tarkistusammunnan avulla ennen varsinaista vaikutusammuntaa.

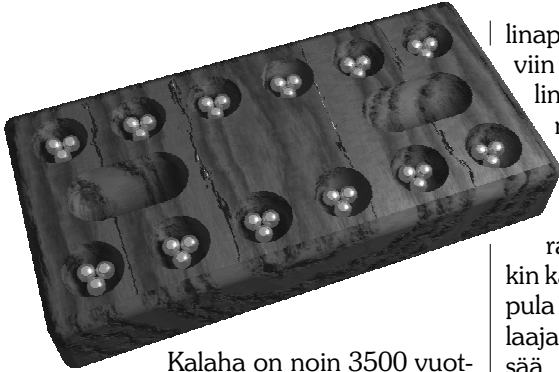
Teemu Varis

Ohjeita tykin käyttäjälle

"Palauttimen nesteellä täyttäminen: Putki tuetaan kehdon tukiraudan avulla. Poista palauttimen ilmanpaine. Tarkista, että kehto on pituus- ja poikittaissuunnassa vaakasuorassa. Poista kansi D, tulppa E ja vasen tulppa H. Kiinnitä yhdysputki aukkoon H. Nestemäärä 18,75 ltr. pumpataan sylinteriin. Poista yhdysputki ja sulje tulppa H. Poista oikea tulppa H, kiinnitä yhdysputki sukkoon H. Nestemäärä 18,18 ltr. pumpataan hitaasti sylinteriin kunnes sitä virtaa aukoista D ja E. Putkelle annetaan 5° korotus. Aseta tulpat D ja E paikoilleen. Poista yhdysputki ja aseta tulppa H paikoilleen. Aseta putki vaakasuoraan. Poista tulpat D ja E. Nestettä lisätään D:n kautta kunnes neste uudelleen virtaa aukoista D ja E. Suljetaan tulpat D ja E. Neste väärtinöljyä. Nestemäärä 36,93 ltr. 0,57 ltr jää pumppuun. Ilmalla täyttäminen: Poista tulppa F, kiinnitä yhdysputki ja painemittari. Avaa venttiili G. Painesäiliön avulla nostetaan painetta kunnes paine näyttää 46 ilmakehää. Sulje venttiili G, poista yhdysputki painemittareineen. Aseta tulppa F paikoilleen. Paineen poistaminen: Korota tykkiä 15°. Poista tulppa F ja avaa venttiili G." (Ohjelaatta kuvan 24 tykissä.)

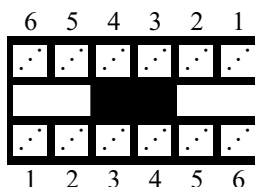
"Täyttöohje hidastimelle: Putki tuetaan kehdossa olevaan tukiraudan avulla. Poista hidast. ja Palauttimen kiinnitysmutterit ja hidast. säätövipu sekä kehdon etukansi. Pal. mäntälankojen vastamuttereita ei saa poistaa, jos palauttimessa on painetta. Kohota tykkiä noin 5 astetta. Poista tulpat A, B ja C sekä varasäiliön kansi. Varasäiliöön kaadetaan öljyä, kunnes sitä virtaa ulos aukosta C. Tulppa C suljetaan. Jatka kääntämistä, jatka kääntämistä, kunnes neste virtaa ulos aukosta A ja B, jotka nyt suljetaan. Aseta putki vaakasuoraan. Lisä varasäiliöön nestettä, kunnes nesteen pinta on suodattimen alakärjen tasalle. Valvo, että tulppien ja kansien teljet ovat paikalleen. Neste: Väärtinöljyä Nestemäärä noin 27,57 ltr. Tyhjennys: Poista tulppa A. Kohota tykkiä 10° Poista säätökara N° 248" (Ohjelaatta kuvan 24 tykissä.)

Matematiikkaa afrikkalaisessa kalaha-pelissä



Kalaha on noin 3500 vuotta vanha, Punaisenmeren alueelta lähtöisin oleva kahden pelattava peli. Suorakulmion muotoisessa pelilaudassa on kummallakin pitkällä sivulla kuusi kuppia, joita kutsutaan **amboiksi**, sekä kummassakin päädyssä iso kuppi, jota kutsutaan **kalahaksi**. Pelaajat istuvat laudan vastakkaisilla puolilla, jolloin pelaajalle kuuluvat hänen puolellaan olevat ambot, sekä hänen oikealla puolellaan oleva kalaha. Pelissä on tarkoitus saada kalahaansa enemmän nappuloita, kuin vastustaja. Jatkossa laudan alapuolta pelaavaa kutsutaan pelaajaksi A ja yläpuolta pelaavaa pelaajaksi B. Vaikka pelilaudalla nappulat jakaantuvat molempien pelaajien kesken, niitä ei erotella toisistaan esimerkiksi väreillä tai muilla tunnusmerkeillä. Ne ovat samanlaisia ja saattavat sekoittua keskenään eli joutua vastustajan puolelle ja vaikka takaisin omalle puolelle pelin aikana.

Pelin alussa jokaiseen amboon laitetaan kolme pelinappulaa:

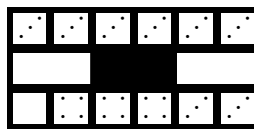


Pelaaja A valitsee jonkun ambon omalta puoleltaan tyhjentäen sen ja **kylvää** siinä olleet pe-

linappulat vastapäivään seuraaviin amboihin laittaen yhden pelinappulan kuhunkin amboon niin kauan kuin nappuloita riittää. Kalahat ovat pelikuppeja ambojen tapaan kylvön aikana, eli mikäli seuraava kuppi vastapäivään onkin kalaha, sinne lisätään yksi nappula samaan tapaan. Tällöin pelaaja on saanut yhden pisteen lisää. Mikäli tämänkin jälkeen on

vielä pelinappuloita jäljellä, jatketaan nappuloiden lisäämistä vastustajan puolelle.

Ensimmäisen vuoron jälkeen lauta saattaa näyttää esimerkiksi tältä:



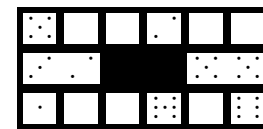
Esimerkissä kylvö alkoi 1. ambosta.

Mikäli viimeinen kylvettävä nappula joutuu omaan kalahaan, saa itselleen uuden pelivuoron. Jos kylvövuorolla viimeinen pelinappula tulee omaan tyhjiin amboon, saa tämän ja vastakkaisella puolella olevassa vastustajan ambossa olevat pelinappulat siirtää omaan kalahaan.

Jokaisen kylvön jälkeen vaihtuu vuoro (lukuun ottamatta tapausta jossa viimeinen kylvettävä pelinappula joutuu omaan kalahaan). Kalahassa olevia nappuloita ei saa kylvää. Sinne joutu- neet nappulat ovat siellä pelin loppuun asti. Peli päättyy, kun kylvövuorossa olevan pelaajan ambot ovat tyhjät. Lopussa omalle puolelle jäljelle jääneet pelinappulat lisätään omaan kalahaan. Se, jonka kalahassa on enemmän pelinappuloita on voittaja.

Tässä artikkelissa käytämme merkintätapaa, jossa kylvöt merkitään kylvettävän kupin numerolla siten, että eri pelaajien

kylvöt erotetaan väliviivalla. Pelaajan tehdessä useampia kylvöjä peräkkäin kylvöjen numerot merkitään väliviivan samalle puolelle. Vuorot erotellaan toisistaan pilkuilla. Nappuloiden syönti merkitään tähdellä (*). Peli voisi tällöin alkaa esimerkiksi: **(1-2, 5-31, 2-5, 3-2, 2*-1*)**, minkä jälkeen aseman pitäisi näyttää tältä:

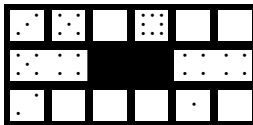


Pelistrategiaa

Kannattaa tarkkailla tilanteita, joissa olisi mahdollisuus siirtää viimeinen nappulansa omaan tyhjiin amboon. Tällaisen tilanteen uhatessa on vastustaja oman etunsa vuoksi pakotettu omalla vuorollaan ennakoivasti tyhjentämään vastakkaisella kohdalla oleva ambonsa, jottei seuraavalla vuorolla menettäisi siellä olevia nappuloitaan. Jos kyseisessä ambossa on paljon nappuloita, saattaa osa joutua toiselle puolelle. Ei kuitenkaan kannata ahnaasti tyhjentää omia amboja ansojente-komielessä liikaa, sillä siitä saattaa koitua vastustajalle vain etua. Eräs haitta on se, että omat nappulat alkavat kertyä loppupäähän oikealle. Jossakin vaiheessa ne on pakko kylvää, jolloin suuria määriä pelinappuloita joutuu vastustajan puolelle, nimenomaan vasemmalle alkupäähän, jossa nappulat ovat aina parempia kuin amboriviston loppupäässä. Tällöin on mahdollisuus tehdä odotussiirtoja amborivin alkupäässä odottaen, ettei vastapelaajalla ole alkupäässä enää mitään mitä kylvää. Tällöin hän joutuu lopulta kylvämään rivin loppupäästä viimeisetkin nappulansa, joista suurin osa joutuu toisen pelaajan puolelle. Siis

etenkin pieniä nappulamääriä sisältäviä amboja kannattaa säilyttää alkupäässä, jotta niillä voi tarvittaessa tehdä odotussiirtoja (varsinkin yhden nappulan ambot ovat usein tehokkaita). On kuitenkin syytä muistaa, etteivät loppupään ambot saisi paisua liian suuriksi, sillä pelin lopussa voi koitua kohtaloksi se, että on pakko kylvää viimeinen jättiambonsa vastustajansa puolelle. (On kuitenkin taktisia tilanteita, joissa tämä voi olla eduksi.) Odotussiirroksi kutsutaan siis joko sitä, että siirretään vuoro vastustajalle tekemällä kylvö, joka ei muuta oman pelin tilannetta ratkaisevasti, mutta aiheuttaa vastustajalle hänen tilannettaan huonontavan pakottavan kylvön, tai vain ennakoivaa oman puolen tilanteen varmistelua. Pelin edetessä on yhä enemmän tyhjiä amboja, jolloin yksi suuri kylvö täyttää monia amboja yksittäisillä pelinappuloilla. Silloin odotussiirtojen tekeminen tulee helpomaksi.

Pelaajaa B pakottava kylvö (1-3):

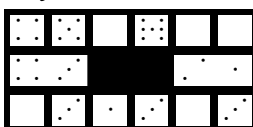


Ylläolevassa kuvassa pelaajan B on pakko tehdä vuorolaan kylvö 3. ambosta, jotta pelaaja A ei saisi 8 pistettä seuraavalla kylvöllään (uhkana silloin 3. ambon kylvö).

On parempi pitää useampia vähän nappuloita sisältäviä amboja kuin kasata joihinkin suuria nappulamääriä. Taktisesti saatetaan joskus olla jopa hyvä paisuttaa vastustajan varastoja tarkoituksellisesti suorastaan syyttämällä pelinappuloita hänen puolelleen.

Esimerkki pelitilanteesta:

Paras siirto on ensin kylvää 4. ambo saaden lisävuoron, jonka jälkeen kylvää 3. ambo:



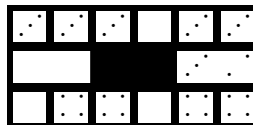
Näin on saavutettu voitto-

asema. Pelaaja B häviää seuraavilla siirroillaan, koska pelaajan A ei ole pakko kylvää mitään pelaajan B puolelle. Tietenkin pelaaja A voisi kylvää tyhmästi 6. ambonsa mutta se vain tasoittaisi tilannetta. Teki pelaaja B mitä vain, johtaa yllä olevan kuvan tilanne hänen häviöönsä edellyttäen että tehdäänärkevin mahdollinen kylvö, eli alkaen 4. ambosta. Tämä esimerkki esittelee hyvin sen, miten tuhoisia suuria nappulamääriä sisältävät ambot voivat olla.

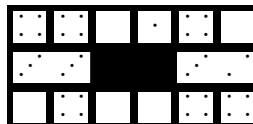
Aloitutus

Aloitutus on pelin kannalta tärkeä, eikä niin yksinkertainen kuin voisi luulla. Ensimmäiseksi siirroksi on useita hyviä mahdollisuuksia. Ambojen 1-3 kylväminen on mielestäni turhan passiivista: se ei luo uhkauksia, mutta kasaa omiin loppupään amboihin nappuloita. Ambojen 4-6 kylväminen sitä vastoin aiheuttaa välittömän syöntiuhkauksen. Alussa näyttäisi houkuttelevalta aloittaa: (41*-), jolloin saisi kalahaansa yhteensä 5 nappulaa. Vastustajalla on kuitenkin vastaisku: kun hän tekee samoin, saa hän kylvönsä lopuksi omaan kalahaansa yhden nappulan enemmän kuin aloittaja!

1. ja 2. kylvön jälkeen (31*-):



Vastaiskun jälkeen (- 31*-):



Pelaaja B taas voi aloittaa pelinsä pelaamalla saman siirron kuin pelaaja A mikä johtaa usein tasaiseen asemaan. B voi aloittaa myös luomalla uhkauksen tai vastauhkauksen. Esimerkiksi jos A kylvää 5. ambonsa, voi B kylvää 5. tai 6. ambonsa. Silloin B:llä on A:n tavoin välitön syöntiuhka seuraavalla kylvöllään. Uhkauksen edessä B voi toki myös siirtyä puo-

Esimerkkipeli:

45-46

A uhkaa syöntiä kylvämällä 1. tai 2. ambonsa. B ei voi suoraan torjua uhkausta (kaksi uhkaa yhtä aikaa), mutta hän luo vastauhkauksen. (katso seuraava siirto)

1*-5

B uhkaa kylvää 1. ambonsa syöden vastustajan 2. ambon nappulat.

2-

A:lla on kaksi puolustusta:

a) Vastustaja uhkaa 2. amboa, joten 2. ambon kylväminen pelastaa tilanteen. Siirto kuitenkin kasaa liikaa nappuloita amborivistön loppupäähän.

b) Jos A kylvää 3. ambonsa, B:n 1. ambon nappulamäärä muuttuu, jolloin hänen uhkauksensa poistuu. Tämä siirto kasaa vähemmän nappuloita loppupäähän, ja olisi siksi ollut a):ta parempi.

6. ambon kylväminen ei pelasta tilannetta, sillä viimeinen nappula tulee B:n 4. amboon, jonka vastustaja voi kylvää seuraavalla vuorolla.

-63*

B saa joka tapauksessa 3 nappulaa kalahaansa.

6-

Näyttää luonnolliselta, sillä kaikki muut kylvöt keskitävät nappuloita yhä enemmän loppupäähän.

-561646562

Luonnollinen siirto!

4-3

A:lla ei ole enää mahdollisuuksia.

656-

Pelaaja B vei voiton.

lustuskannalle kylvämällä uhatun ambon.

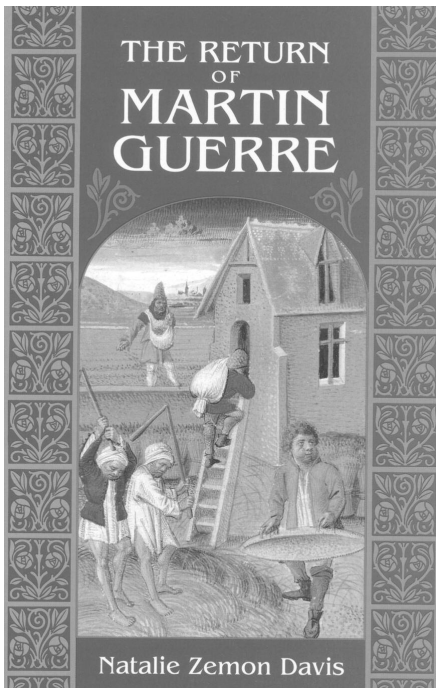
Muita pelejä

Kalahan tapaisia pelejä on jopa satoja erilaisia ja niitä kutsutaan yleisesti mancala-peleiksi. Nimi on lähtöisin Arabiankielisestä verbistä *naqala*, "siirtää". Ne ovat kaikki lautapelejä, mutta usein maahan kaivetut pelikuopat käyvät laudan sijasta. Pelinappulatkin voivat hyvin olla hiottujen kuulien sijasta vaikka herneitä tai kiviä. Pelikuppien määrä ja niissä olevien pelinappuloiden määrä on pelikohtaista. Yleensä joka kupissa on sama määrä nappuloita, mutta niiden kylvämissuunta vaihtelee pelin mukaan. Joissakin peleissä suunta saattaa vaihtua myös kesken kylvön. Se, minkälaisen kylvön seurauksena on nappuloiden syöminen tai niiden joutuminen omaan voittokuppiin, on pelikohtaista.

Petri Arvo

MARTIN GUERREN PALUU

Näkökulma moderniin mikrohistoriaan



Englantilainen historiantutkija **John H. Elliot** valitteli virkaanastujaisluennossaan Oxfordissa 1990 nuorison historiantietämystä. Hänen mukaansa opiskelijat tunnistivat paremmin Martin Guerren kuin Martin Lutherin. Elliotin huomautus on mielenkiintoinen. Muutamassa vuodessa tuntematon 1500-luvulla elänyt baskitalonpoika oli noussut suuren yleisön tietoisuuteen.

Mikrohistoriaan suuntautuneen englantilaisen sosiaalishistorioitsijan **Natalie Zemon Davisin** tutkimus *The Return of Martin Guerre* ilmestyi vuonna 1983. Se saavutti nopeasti laajan lukijakunnan. Suuren suosion saanut kirja liitettiin mentaliteettien eli arkipäiväisen ajattelun historian klassikoiden joukkoon, **Braudelin, Le Roy Ladurien** ja **Darntonin** teosten rinnalle. Kirjan lukijoita kiehtoivat Davisin nerokas kysy-

myksenasettelu sekä tutkimuksessa esitettyjen tapahtumien nokkelu juoni.

Tutkimuksen aiheena on pienen eteläranskalaisen kylän arjen seisauttava tapahtuma. Tällaista mikrotasolla tapahtuvaa arjesta poikkeavaa ilmiötä kutsutaan modernissa historiankirjoituksessa ”poikkeukselliseksi tyypillisyydeksi”. Sillä tarkoitetaan ilmiötä joka tuo esille yhteisön lähteiden ulottumattomissa olevan ajattelutavan. Ihmisten arvot ja ajattelutapa käyvät nimittäin ilmi suhtautumisessa yhteisön arjesta poikkeavaan tapahtumaan. Davisin esille tuomassa tapauksessa tuo tapahtuma oli kyläläisiä koskenut oikeudenkäynti. Oikeudenkäyntiasiakirjat eivät ole säilyneet nykypäivään. Davis saattoi kuitenkin saada tapahtumien kulun selvälle toisesta lähteestä, tuomarin tekemistä muistiinpanoista.

Kirja ei varsinaisesti kerro sen nimihenkilöstä, vaan keskittyy pikemminkin Martin Guerren vaimon Bertranden kuvaamiseen. Martin ja Bertrande naitettiin toisilleen heidän ollessaan vielä lapsia. Avio-onneen tuli aluksi monia säröjä, mutta tilanne vakiintui vähitellen. Lopulta perheeseen syntyi myös poika. Isän rooli ei kuitenkaan houkutellut Martinia, vaan hän hylkäsi perheensä ja liittyi armeijaan. Pian Martinin lähdettyä hänen sedästään Pierrestä tuli suvun päämies ja omaisuudenhoidtaja.

Kymmenisen vuotta Martinin lähdön jälkeen Bertrande sai kuulla naapurikylään saapuneesta muukalaisesta, joka väitti olevansa Martin Guerre. Bertrande tapasi miehen ja hyväksyi tämän oitis. Kyläläisten huomiota kuitenkin

kiinnitti uudessa tulokkaassa paitsi muuttunut ulkonäkö, myös muutuneet luonteenpiirteet. Vaimon ohella myöskään Pierre-setä ei asettunut vastustamaan Martinin paluuta. Mies ei kuitenkaan ollut Martin Guerre, vaan muuan Pansette-niminen, tuolla alueella vielä tuntematon ilveilijä.

Panseten ja Bertranden avio-onni näytti kukoistavan ja pariskunta saikin pian perheellisäystä. Pansette menestyi hyvin tomissaan ja perhe eli rauhallisesti useita vuosia. Pansette riitautui kuitenkin Pierre Guerren kanssa. Pierre turvautui aluksi palkkamurhaajaan, mutta hankkeen epäonnistuttua hän lopulta paljasti Panseten oikean identiteetin.

Paljastusta seurasi oikeudenkäynti. Pansette vakuutti kuitenkin tuomarit muistamalla yksityiskohtaisesti asioita pariskunnan yhteiselämästä myös aidon Martin Guerren ajalta. Pansette saikin vapauttavan tuomion. Oikeudenkäynnin loppusuoralla paikalle kuitenkin saapui jalkapuoli mies, jonka ilmestyminen muutti tuomion. Kyläläiset tunnistivat oitis miehen oikeaksi Martiniksi. Vapauttavan tuomion sijasta Pansette hirtettiin. Martin ei pannut vaimonsa syrjähyppyä pahakseen, vaan yhteiselämä jatkui samoin kuin runsaat kymmenen vuotta aikaisemminkin.

Davisin esittämä tapaus on sangen kiehtova. Hänen suurin Martin Guerren tapausta koskeva kysymyksensä on, miten Panseten huijaus onnistui. Davisin mukaan ainoa mahdollisuus tähän oli, että ainakin Bertrande ja Pierre-setä olisivat tienneet petoksesta. Hänen ensimmäinen selityksensä petoksen onnistumiselle on ro-

manttinen rakkaussuhde Panseten ja Bertranden välillä. Pariskunta oli ilmeisesti kiinnostunut paikakunnalla levinneestä uudesta protestanttisesta opista, erityisesti sen avioliittokäsityksistä. Pansette ja Bertrande näyttäisivät siis toimineen yhteisymmärryksessä.

Natalie Zemon Davisin tutkimus on myös muistihistoriaa. Hän käsittelee Martin Gueren tapauksen avulla miten ihmiset muistivat asioita. Keskiajalla ja uuden ajan alussa ihmiset merkittiin tunnistamisen helpottamiseksi. Esimerkiksi rikollisilta saatettiin leikata jokin jäsen irti. Martin Gueren kohdalla on kysyttävä miten kyläläiset tunnistivat jalkapuolen miehen Martiniksi, jos he eivät

kerran tunnistanee vale-Martinia-kaan. Lopulta Davies asettaa kyseenalaiseksi myös jalkapuolen Martinin aitouden. Päätelmälleen hän saa tukea eräästä lähteestä, jonka mukaan Martin Guerre-niminen mies hirtettiin maanpetturina jo vuosia ennen tarinan oikeudenkäyntiä.

Jos sekä Pansette että jalkapuolimies olivat huijareita, kuka lopultakin oli koko juonen takana. Todennäköisesti Pansette oli Bertranden löytö, jonka taustalla oli romanttinen rakkaussuhde. Pierre-setä puolestaan hyväksyi avosylin tilalle saadun uuden työvoiman. Kun Pierren ja Panseten välille syntyi riita, päätti Pierre kostaa kutsumalla paikalle jalka-

puolen miehen. Toinen kysymys puolestaan on, että mikä siinä tapauksessa olisi saanut Bertranden hyväksymään jalkapuolen Martinina. Todennäköisesti Bertrande pakotettiin suostumaan Pierre-sedän uusiin järjestelyihin aivan kuten alunperin oikean Martinin ja Bertranden avioliiton tapauksesakin.

Davisin tutkimus on oikeushistoriallisesti mielenkiintoinen. Siinä ”yhteinen rahvas” ei ole vain kasvotonta massaa, vaan teos esittelee tarinan hahmot itsenäisinä ajattelevina yksilöinä. Teoksen ongelmana voidaan nähdä sen esittämän tapauksen yleistettävyyden. Tarina on kyllä sellaiseen mielenkiintoinen, mutta miten se voi muuttaa yleiskäsitystä uuden ajan alun historiasta? Ongelma koskee koko mikrohistoriaa. Ongelma johtuu vääränlaisesta näkökulmasta. Tutkimus ei nimittäin ole paikallishistoriaa eikä elämäkertatutkimusta vaan tarkastelee kysymyksiä subjektin synnystä muistin historiaan sekä itsensämuokkaamisesta kylä- ja sukkuyhteisön valtastrategioihin uuden ajan alussa.

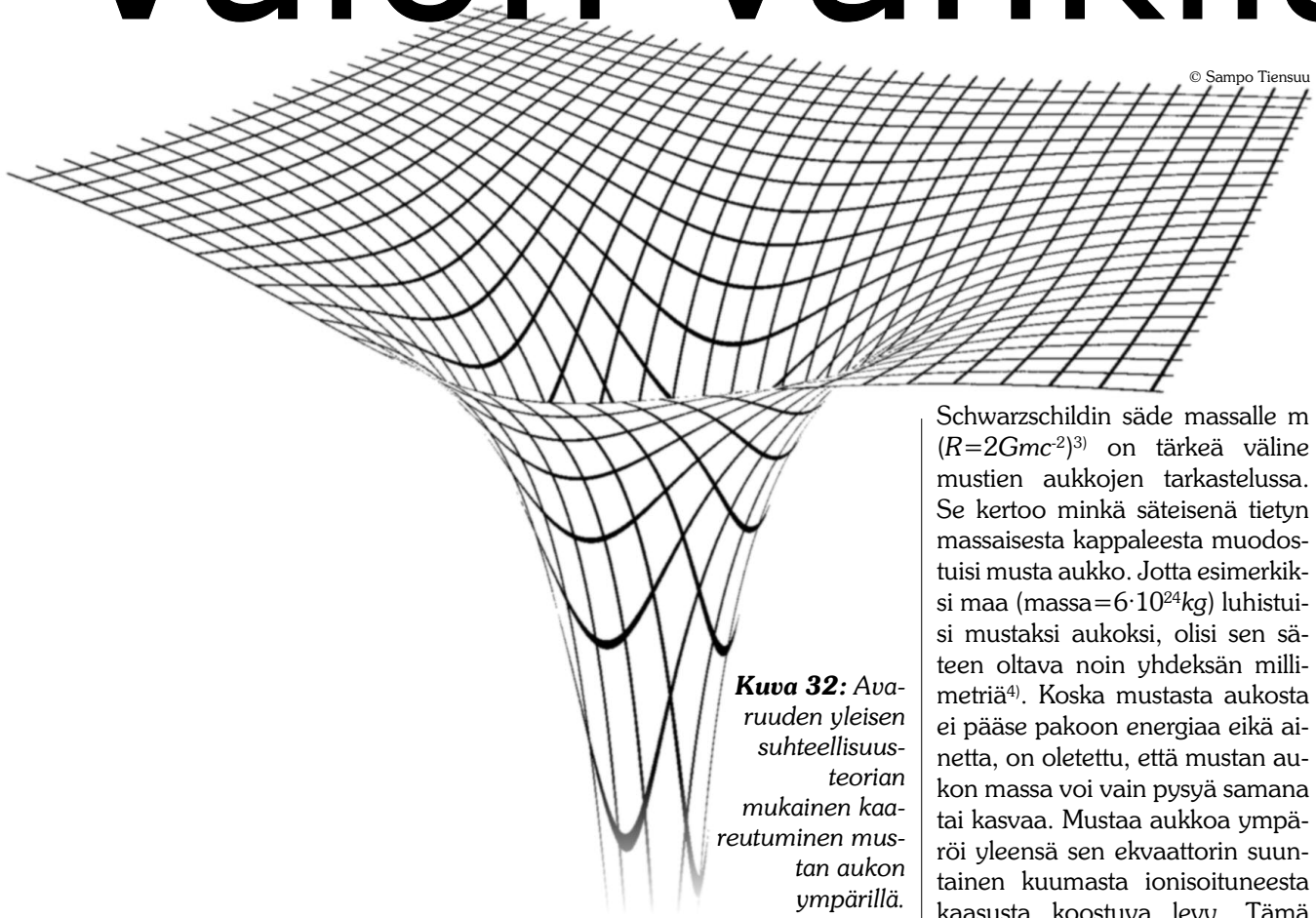
Martin Gueren tapaus on myös populaarihistoriaa. Aineiston analyysissä on siirrytty analyttisestä esseistiseen esitystapaan. Teoksesta on tullut ennen kaikkea etnologista populaarihistoriaa. Tutkimus on narratiivista historiankirjoitusta, joka käyttää apunaan kaunokirjallisuuden keinoja etenkin kielen ja juonirakenteen osalta. Kirja on hyvä esimerkki ”suurten kertomusten” tilalle tulleesta uudentyyppisestä kertovasta historiankirjoituksesta. Teos on paitsi loistava tarina myös mielenkiintoista historian metodologista kirjallisuutta. *The Return of Martin Guerre* on lunastanut paikkansa mentaali- ja mikrohistorian klassikoiden joukossa ja on kiinnostava näkökulma (post)moderniin mikrohistoriaan.

Harri Ahonen



Kuva 31:
Syytetyn ja
todistajan
vastakkain
asettuminen
Jean Milles de
Souvignyn
(Ioannes
Millaeus)
teoksesta
*Praxis Criminis
Persequendi*
(Pariisi, 1541)

Valon vankilat



Kuva 32: Avaruuden yleisen suhteellisuusteorian mukainen kaareutuminen mustan aukon ympärillä.

Mustaksi aukoksi nimitetään kappaletta, jonka painovoimakenttä on niin voimakas, että se estää kaiken materian ja säteilyn poistumisen aukosta. Gravitatio vaikuttaa valoonkin, mikä on konkreettisesti havaittu mm. eräiden tähtien aseman näennäisenä vääristymisenä kun ne ovat lähellä aurinkoa havaintokentässämme. Valo noudattaa Fermat'n periaatetta¹⁾, eli valitsee nopeimman reitin kahden pisteen välillä. Taipuminen johtuu gravitaatiokentän aiheuttamasta aika-

1) R. Sexl, H. Sexl, s. 40
Hassi, Hatakka, Saarikko, Valjakka, s. 138

avaruuden²⁾ kaareutumisesta, jota mm. yleinen suhteellisuusteoria osaltaan selittää. Kaareutuminen vaikuttaa esineiden pituuksiin ja ajan kulumiseen ulkopuolisen tarkkailijan näkökulmasta.

Mustan aukon keskellä on pistemäinen singulariteetti, jonka tiheys on ääretön ja jossa aika-avaruus kaareutuu äärettömästi. Mustan aukon rajana on tapahtumahorisontti. Sen sisäpuolella valo kaartuu kohti singulariteettia ja ulkopuolella pääsee karkuun gravitaatiokentästä.

2) Tässä yhteydessä neliulotteinen avaruus, jossa normaalien koordinaattien lisäksi aika on sijoitettu omalle koordinaattiakselilleen.

Schwarzschildin säde massalle m ($R=2Gmc^{-2}$)³⁾ on tärkeä väline mustien aukkojen tarkastelussa. Se kertoo minkä säteisenä tietyn massaisesta kappaleesta muodostuisi musta aukko. Jotta esimerkiksi maa (massa= $6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$) luhistuisi mustaksi aukoksi, olisi sen säteen oltava noin yhdeksän millimetriä⁴⁾. Koska mustasta aukosta ei pääse pakoon energiaa eikä ainetta, on oletettu, että mustan aukon massa voi vain pysyä samana tai kasvaa. Mustaa aukkoa ympäröi yleensä sen ekvaattorin suuntainen kuumasta ionisoituneesta kaasusta koostuva levy. Tämä kiihtyvässä liikkeessä oleva levy mm. emittoi röntgensäteilyä, mikä onkin yksi mustien aukkojen tuntomerkkeistä.

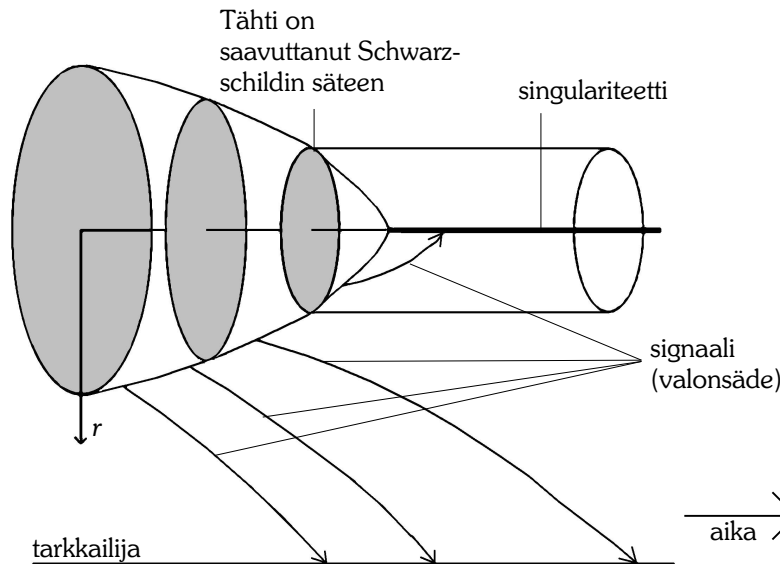
Synty

Mustat aukot syntyvät nykyäsityksen mukaan useimmiten supernovien seurauksena. Kun suuri tähti on käyttänyt vedyn loppuun, nousevat lämpötila ja paine

3) Missä G on gravitaatiovakio, m massa ja c valon nopeus tyhjiössä.

4)

$$0,009m \approx \frac{2 \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ kg} \cdot 6,67259 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Nm}^2}{\text{kg}^2}}{\left(2,99792458 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}$$



Kuva 33a: Tähten luhistuminen mustaksi aukoksi. Litteät kiekot esittävät tähteä eri hetkinä. Aika kulkee vasemmalta oikealle. Huomaa, että tarkkailijan aika kulkee eri nopeudella kuin luhistuvan tähden.

sen sisuksissa niin suuriksi, että helium alkaa fuusioitua edelleen. Jos tähden massa on hyvin suuri (yli $8M_{\odot}$), muodostuu siinä raskaita alkuaineita. Tähten toiminta kiihtyy ja sille syntyy sipulimainen rakenne, sisempien kerrosten sisäl- täessä yhä raskaampia alkuaineita. Punaiseksi jättiläiseksi muuttunut tähti laajenee nopeasti. Tähten ytimeen muodostuu rautaa, joka ei enää rakenteensa vuoksi fuusoidu. Jäähtyvä rautaydin ei kuitenkaan kestä siihen kohdistuvaa painetta vaan luhistuu. Luhistuminen saattaa pysähtyä, kun Paulin kieltoääntö pakottaa elektronit tietyille radoille. Jos näin syntyneen ytimen massa on alle $1.44M_{\odot}$, riittää elektronien paine pysäyttämään luhistumisen ja syntyy valkoinen kääpiö. Jos ytimen massa taas on tätä Chandrasekharin⁶⁾ rajaa suurempi, luhistuu ydin nopeasti lämpötilan noustessa viiteen miljardiin⁷⁾ asteeseen. Tällöin vapautuva gammasäteily on niin voimakasta, että se hajottaa rauta-atomit heliumiksi⁸⁾. Tämä reaktio kuitenkin kuluttaa energiaa

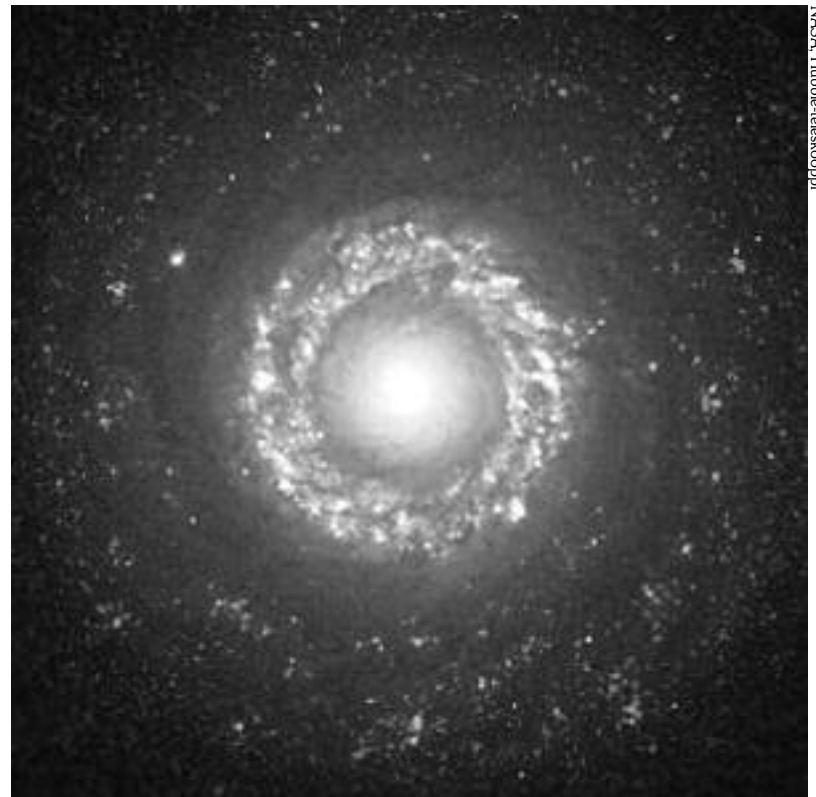
kiihdyttäen luhistumista entisestään. Syntyneet heliumatomit hajoavat nopeahkosti protoneiksi, neutroneiksi ja elektroneiksi. Elektronit ja protonit muuttuvat⁹⁾

edelleen neutroneiksi synnyttäen samalla suuria määriä neutriinoja¹⁰⁾. Tähten ulkokuori absorboi osan neutriinoista, loput sinkoutuvat ulos (lähes) valonnopeudella. Neutronit luhistuvat erittäin tiheäksi massaksi (noin $10^{14} \frac{g}{cm^3}$), asettuen noin $10^{-15}m$ päähän toisistaan. Ne tähden sisäosat, jotka eivät ole muuttuneet neutroneiksi, luhistuvat tässä vaiheessa neutroniyttimeen valtavalta

9) Lähes sama reaktio kuin elektroninsieppauksessa, paitsi että elektronit ovat vapaita ja niillä on suurempi energia.

10) (Lähes) massaton hiukkanen, joka reagoi hyvin vähän muun aineen kanssa. ks. MAOL taulukot.

11) Tyypin I supernovien uskotaan johtuvan valkoisten kääpiöiden tai helium tähtien räjähdyksistä, joista ei jää jäljelle mitään. Tyypin I supernovat kestävät noin vuoden ja osan niiden valosta ajatellaan syntyvän radioaktiivisen hajoamisen seurauksena. Tyypin II supernovien taas ajatellaan olevan suurten tähtien räjähdysisiä. Ne säilyvät aktiivisina kymmeniä tuhansia vuosia ja niistä jäänee jäljelle neutronitähti tai musta aukko.



Kuva 33b: Seyfret 2 -tyyppinen ellipsigalaksi NGC 7742. Tämän tyyppisten galaksien arvellaan saavan energiansa keskellä olevasta mustasta aukosta. Kirkkaan keskustan ympärillä olevalla kuhmuraisten näköisellä alueella syntyy jatkuvasti uusia tähtiä. Tämä alue on noin 3000 valovuoden päässä galaksin keskustasta.

5) J-P Luminet, s. 80,

$M_{\odot}$ =aurion massa

6) Raychaudhuri, Banerji, s. 128

7) hieman epävarma, Luminet mt.

8) Eli tapahtuu fotodisintegraatio:

$26Fe^{56} + \gamma \rightarrow 13He^4 + 4n$

(Raychaudhuri, Banerji, s. 140)

nopeudella. Sitten ne pysähtyvät ja kimpoavat pois tiheästä neutroniytimeistä, törmäävät tähden ulkokuoreen ja aiheuttavat tyypin II¹¹⁾ supernovaräjähdyksen. Jos jäljelle jääneen neutroniytimen massa on alle $3.2M_{\odot}$ ¹²⁾, syntyy nopeasti pyörivä neutronitähti, eli pulsari. Jos massa on suurempi, ei neutronien paine riitä pysäyttämään luhistumista, vaan syntyy musta aukko.

Luhistumisen loppuvaihetta ei ulkopuolinen tarkkailija voi havaita, sillä ajan kulku hidastuu gravitaation vaikutuksesta ja valonsäteet taipuvat. Kuvasta 33a nähdään, kuinka säännöllisin väliajoin ytimen pinnalta lähteviltä signaaleilta kuluu yhä pidempi aika tarkkailijan saavuttamiseen. Tähden valo näyttää himmenevän voimakkaasti johtuen kasvavasta punasiirtymästä ja signaalien kulun hidastumisesta. Lopulta tähden luhistuminen näyttää pysähtyvän juuri ennen kuin sen säde saavuttaa Schwarzschildin säteen. Schwarzschildin säteen kohdalta lähetetty signaali on matkalla tarkkailijaa kohti äärettömän kauan.

Erilaisia mustia aukkoja

Yksinkertaisin musta aukko on Schwarzschildin musta aukko, joka on pallomainen eikä pyöri. Sen ainoa merkitsevä ominaisuus on sen massa. Vaikka teoria

Schwarzschildin mustista aukoista kehitettiin ensimmäiseksi, nykyään niiden uskotaan olevan enemmän poikkeus kuin sääntö. Jotta syntyvä musta aukko olisi tällainen, pitäisi tähden lakata pyörimästä kokonaan ennen luhistumistaan ja olla muodoltaan täysin symmetrinen.

Uusiseelantilainen fyysikko Roy Kerr esitti vuonna 1962 mallin mustista aukoista, jotka pyörivät. Kerrin mustilla aukoilla on kaksi merkityksellistä ominaisuutta: massa ja pyörimismäärä. Mustan aukon pyöriessä sen kaikki pisteet liikkuvat liikkuvat yhtä nopeasti aika-avaruuden vääristymisestä johtuen. Tämän nopeuden yläraja on valon nopeus. Valonnopeudella pyörivää mustaa aukkoa kutsutaan 'maksimaaliseksi'. Sen tapahtumahorisontin kohdalla painovoiman suuruus olisi nolla suuren 'keskipakoisvoiman' takia. Tähtien huimiin pyörimisnopeuksiin perustuen, suurimman osan Kerrin mustista aukoista oletetaan pyörivän hyvin nopeasti. Pyörimisen merkitystä lisää se fakta, että Kerrin mustan aukon mukana koko sitä ympäröivä aika-avaruus pyörii¹³⁾ aiheuttaen eräänlaisen pyörteen. Magneettikenttää mustalla aukolla ei ole, vaikka aukkoa kiertävä kaasu sellaisen synnyttääkin. Tästä huolimatta mustalla aukolla on sähkövaraus¹⁴⁾. Kerrin mustille aukoille on tyypillistä että niiden tapahtumahorisontti on lä-

hempänä singulariteettia kuin Schwarzschildin mustilla aukoilla. Tästä johtuen arvellaan myös Kerrin mustiin aukkoihin putoavan materian saavuttavan suurempia nopeuksia.

Tämän lisäksi on esitetty galaksien ytimien sisältävän massiivisia Kerrin mustia aukkoja, joilla pyritään selittämään AGN:t¹⁵⁾ ja kvasaarit¹⁶⁾. Tätä tukee lisäksi AGN:den kirkkauden nopeahko vaihtelu, joka asettaa ylärajan niiden koolle. Mustat aukot ovat ainoa tunnettu ilmiö, joka voi tuottaa kvasaarien ja AGN:den lähettämiä energiamääriä. Lisäksi oletetaan, että universumin alkuvaiheissa saattoi muodostua pieniä mustia aukkoja nopeiden tiheyden muutosten seurauksena.

12) Oppenheimer-Volkhoff-raja, tarkka arvo riippuu käytetystä mallista, osa uusista laskelmista esittää rajan oleva $2-3M_{\odot}$.

13) J. P. Luminet, s. 150

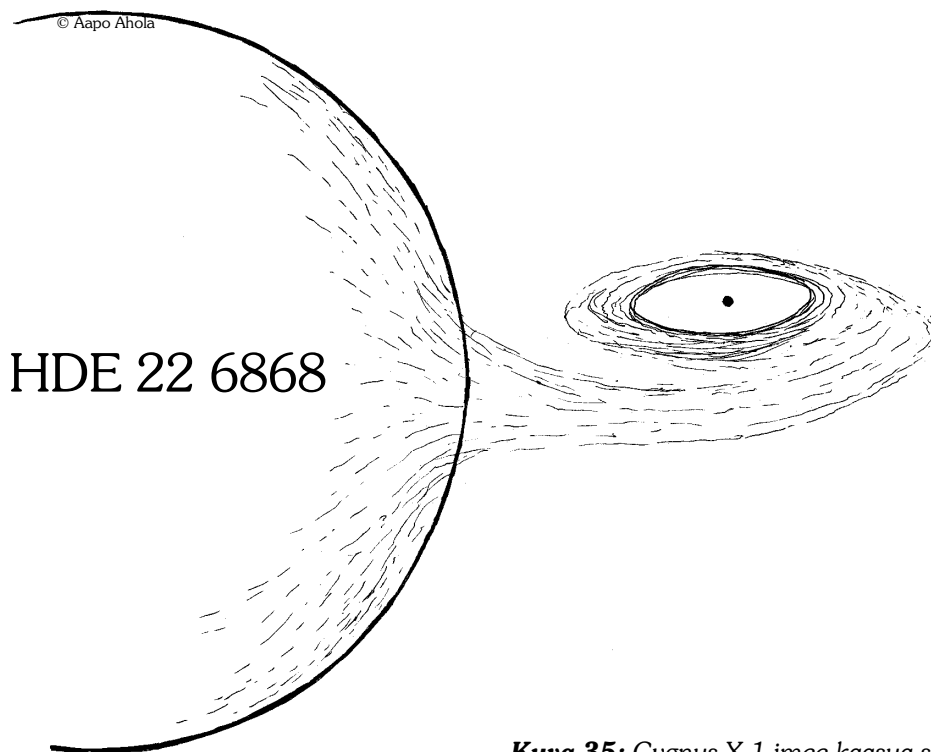
14) R. Sexl, H. Sexl, s.106

15) Active Galactic Nuclei - Joidenkin galaksien keskustasta lähtee valtavia määriä säteilyä ja hiukkasia. Näiden galaksien ytimiä kutsutaan nimellä AGN. Usein AGN:sta purkautuu ulos kaksi kaasusuihkua valtavilla nopeuksilla. Tyypillisesti AGN:t huomataan näiden kaasusuihkujen aiheuttamista radiaaaloista.

16) 1970-luvulla havaittiin kohteita joilla oli valtava (jopa 4.73) punasiirtymä, pistemäinen lähde ja laaja spektri. Nykyään kvasaareja pidetään hyvin kaukaisina olevina valtavina AGN:na joiden ympärillä olevat galaksit eivät erotu maahan asti. Kvasaarin synnyttävän mustan aukon massa on arvioitu olevan $106-109M_{\odot}$ välillä. Nykyteorioiden mukaan kvasaareilta lopui kauan sitten kaasu ja ne muuttuivat tavalliseksi AGN:ksi.

Hawking-efekti

Yleensä mustia aukkoja on tutkittu suhteellisuusteorian keinoin, mutta 1974 Stephen Hawking esitti mustan aukon saattavan menettää massaansa jos tilannetta tarkastellaan kvanttimekaniikan kannalta. Jos mustan aukon tapahtuma horisontin lähellä syntyy²⁴⁾ virtuaalinen hiukkas-antihiukkaspari, joka normaalisti annihiloituisivat heti. Kuitenkin voi käydä niin että toinen hiukkasista joutuu tapahtuma horisontin sisäpuolelle singulariteettiin. Tällöin toisesta hiukkasesta tulee oikea hiukkanen, joka säteilee pois mustan aukon luota. Tämän todellisen hiukkasen syntymisen vaatima energia tulee mustasta aukosta, jonka massa pienee vastaavasti. Käytännössä tällä ei ole vaikutusta kuin hyvin pieniin mustiin aukkoihin. Tämän säteilyn ominaisuudet ovat varsin yksinkertaisia seuraten useita termodynamiikan lakeja. Säteilyn lämpötila on kääntäen verrannollinen mustan aukon massa. Pienten mustien aukkojen muodostumista pidetään kuitenkin hyvin epätodennäköisenä, mutta se on saattanut olla hyvinkin todennäköistä alkuräjähdyksen seurauksena ajanhetkinä.



Kuva 35: Cygnus X-1 imee kaasua sitä ympäröivään kiekkoon läheisestä HDE 22 6868 -tähdessä.

Havaitseminen

Mustan aukon havainnointi on helpointa kaksoistähti-järjestelmissä¹⁷⁾. Jos toinen järjestelmän tähdistä on aktiivinen vain röntgenalueella¹⁸⁾ ja sen spektri ja punasiirtymä ovat määrätynlaisia, se on todennäköisesti musta aukko jos sen massa¹⁹⁾ on suurempi kuin $2-3M_{\odot}$. Jos mustan aukon lähellä

17) Eli järjestelmä, jossa kaksi tähteä kiertää toisiaan. Vain alle puolet tähdistä on yksin kuten aurinko.

ei ole tähtiä, on sen havaitseminen hyvin vaikeaa, koska sen lähettävillä tuskin on riittävästi ainetta kaasulevyn syntymistä varten.

Tällä hetkellä on havaittu useita²⁰⁾ todennäköisiä mustia aukkoja, mutta Cygnus X-1 on yksi parhaiten dokumentoiduista.

18) Säteilyn aiheuttaa mustaan aukkoon syöksyvä plasma. Plasma on yleensä peräisin toisen tähden pintakerroksesta, josta mustan aukon painovoima vetää sitä itseään kohti.

19) Massaa voidaan yrittää laskea tähtien liikkeen mukaan.

Se säteilee aktiivisesti röntgenalueella, ja sillä on havaittu olevan kumppani²¹⁾. Kumppanin spektrin dopplersiirtymän jaksollisuudesta voidaan päätellä sen kiertoajan olevan 5.6 päivää. Tämän perusteella voidaan laskea sen massa, joka on $9-15M_{\odot}$ ²²⁾. Se on erittäin todennäköisesti musta aukko.

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, AGN:t ovat todennäköisesti valtavia mustia aukkoja tai pienempien mustien aukkojen ryhmittymiä. AGN:den tiedetään olleen yleisempiä menneisyydessä²³⁾, joten galaksien ajatellaan rauhoittuvan vanhetessaan. Viitteitä tähän antaa mm. vähäinen tähtienvälisen aineen määrä vanhoissa elliptisgalakseissa, joissa ei esiinny AGN:takaan. Tämä tukee musta aukko -hypoteesia, sillä kun kaasun määrä mustan aukon läheisyydessä vähenee, tulee sen havaitsemisesta hankalaa.

Einar Karttunen

20) Mm. A0620-00, LMX-X1, V4641 sagittarius, LMC X-3 ...

21) HDE 22 6868

22) Bahcall 1979

23) Kaukana on enemmän AGN:ta kuin lähellä ja koska mitä kauempana kohde on sitä enemmän aikaa valolla kuluu maahan asti Eli kaukaisista tähdistä tuleva valo on lähtenyt miljardeja vuosia sitten.

24) Mahdollista epätarkkuusperiaatteen $\Delta E \cdot \Delta t \approx \text{hansiosa}$ jos Δt on riittävän pieni.

Anna palautetta!

Anna kullekin artikkelille arvosana yhdestä viiteen

Kiinnostavuus

Selkeys

Algebran oikkuja	☐	☐	☐	☐
Lihansyöjäkasvit	☐	☐	☐	☐
Raportti Saran ošista	☐	☐	☐	☐
Euphorbia canariensis	☐	☐	☐	☐
Metabolian merkit	☐	☐	☐	☐
Konez, joka voitti napoleonin	☐	☐	☐	☐
Kromatografiaa	☐	☐	☐	☐
Tykkien ballistiikkaa	☐	☐	☐	☐
Matematiikkaa afr. kalaha-pelissä	☐	☐	☐	☐
Martin Guerren paluu	☐	☐	☐	☐
Valon vankilat	☐	☐	☐	☐

Lehden ulkoasu: ☐

Yleisarvosana: ☐

Lomake tai sen kopio palautetaan Seepian palautelaatikkoon Ressun lukion 1. kerrokseen tai koulujen sisäisessä postissa osoitteeseen Ressun lukio / Pekka Piri. Palautetta voi antaa myös sähköpostitse osoitteeseen: toimitus@seepia.org.

Nimensä ja yhteystietonsa ilmoittaneiden kesken arvotaan Ässä-arpa.

Edellisen numeron arvonnassa Ässä-arvan voitti Linda Aalto. Onnittelut voittajalle!

Käännä!

Kirjallisuutta

Lihansyöjäkasvit

- B. E. Juniper, R. J. Robins, D. M. Joel**, *the Carnivorous Plants*. Academic Press, San Diego 1989.
- Adrian Slack**, *Carnivorous Plants*. Ebury Press, Lontoo 1979.
- F. E. Loyd**, *the Carnivorous Plants*. Chronica Botanica Company, 1942
- B.A. Meyers-Rice**, 2000, *Carnivorous Plant FAQ v7.2*, <http://www.sarracenia.com/faq.html>
- Meyers-Rice, B.A.**, 2000, *Galleria Carnivora*, <http://www.sarracenia.com/galleria/galleria.html>
- Rick Walker**, 2000, *Carnivorous Plant Database*, http://www.labs.agilent.com/bot/cp_home
- David Attenborough**, *the Private Life of Plants — a Natural History of Plant Behaviour*. Domino Books, Jersey 1995.

Saran oš

- Csepregi, Márta (toim.)**, *Finnugor kalauz*. Panoräma, 1998. (S. 136-149)
- Johanna Laakson (toim.)**, *Uralilaiset kansat*.
Helsingin yliopiston suomalais-ugrilaisen laitoksen kotisivut.

Radiokemia

- M. Aksela, T. Laitalainen, M. Mäkelä, T. Virkkala**, *Mikrokemiallinen laboratorio*. Opetushallitus, 1996.
- O. Hänninen**, *Solun fysiologia ja kemia*. WSOY, 1968
- Eeva-Liisa Kämäräinen**, *Fluori-18:lla leimatut radiolääkeaineet; 2-^[18F]fluoro-2-deoksi-D-glukoosin ja ^[18F]fluoromisonidatsolin syntetisointi*. (Lisensiaattitutkielma.)

Helsingin yliopisto, Radiokemian laitos 1992.

M. Rafelson, S. Binkley, *Basic Biochemistry*. The Macmillan Company., 1968

Robert Uhlenius, Heikki Saukkonen, *Radiokemia*. Otakustantamo, Espoo 1978.

Turku Pet Centre, www.utu.fi/med/pet/

von Kempelen

Gerald M. Levitt, *The Turk, Chess Automaton*. McFarland & Company

Simon Achaffer, 1998, *The Mechanical Turk*, <http://ma.hrc.wmin.ac.uk/ma.theory.5.4.3.db>

Alan Cowderoy, 1998, *Chess Graphics – Wolfgang von Kempelen*, <http://www.cowderoy.com/graphic/s/kempelen.htm>

Tykillä Ampuminen

Sotatieteen Laitoksen Sotahistorian toimisto (toim.), *Talvisodan historia I*. WSOY, Porvoo 1977.

Jyri Paulaharju, *Itsenäisen Suomen kenttätykit 1918-1995*. Gummerus Kirjapaino OY, Jyväskylä 1996.

Einar Aalto, Antero Hurme, *Ohjeita tykistön tarkistusammuntaan korkeilla ilmarajähdyksillä*. Otava, Helsinki 1936.

Scherbakoff, *Välttämättömiä tietoja tykistömiehille*. Otava, Helsinki 1919.

A. Höyssä, *Kenttätykistön ampumaoppi*. Otava, Helsinki 1924.

H. J. Tallqvist, *Ulkoballistiikka*. Wsoy, Porvoo 1926.

Mancala-pelit

Raija Viitanen (suom.), *Suuri pelikirja*. Kustannus – Mäkelä OY, Karkkila 1990

Kelly Cline, 1997, *MANCALA The Universal Game*, quark.eou.edu/~clinek/mancala/mancala.html

Martin Guerre

Natalie Zemon Davis: *The Return of Martin Guerre*. 1983

Carlo Ginzburg, *Johtolankoja. Kirjoituksia mikrohistoriasta ja historiallisesta metodista*. Tampere 1996

Matti Peltonen, *Mikrohistoriasta*. Tampere 1999

Mustat aukot

J. P. Luminet, *Black Holes*. Cambridge University Press, Cambridge 1993

(orig. *Les tours noirs*. Belford. Paris 1987)

Roman Sexl, Hannelore Sexl, *White Dwarfs - Black Holes: an Introduction to Relativistic Astrophysics*. Academic Press, USA 1979.

(orig. *Weisse Zwerge – schwarze Löcher*, Rowohlt Taschenbuch Verlag. Reinbeck bei Hamburg 1975.)

Ian Robson, *Active Galactic Nuclei*. John Wiley & sons, Praxix Publishing, Great Britain 1996.

A. K. Raychaudhuri, S. Banerji, A. Banerjee, *General Relativity, Astrophysics and Cosmology*. Springer Verlag, USA 1992

Jürgen Ehlers, *General Relativity as a tool for Astrophysics*, teoksessa **H. Riffert** ym., *Relativistic Astrophysics*. Friedr. Vieweg Sohn Verlagsgesellschaft, Braunschweig, Wiesbaden, 1998.

S. W. Hawking, *Particle Creation by Black Holes*, teoksessa *Hawking on the Big Bang and Black Holes*, sarjassa *Advanced Series in Astrophysics and Cosmology* (osa 8). World Scientific, Singapore 1993.

Vastaaajan nimi*: _____ Sähköposti: _____

Postiosoite*: _____

Koulu: _____ Vuositaso: _____

Perusteluja ja kommentteja: _____

Kysymyksiä ja toivomuksia artikkelien aiheiksi: _____

* Nämä kentät tulee täyttää, jotta mahdollinen Ässä-arpa voidaan toimittaa.