

Pentti Kaitera

Merten paine maapallon muovaajana

Geologi, n:o 4-5, 1963, 4 s.

© Suomen geologinen seura

MERTEN PAINE MAAPALLON MUOVAAJANA

Teknillisten tieteiden akatemian kokouksessa 25. 3. 1963 pidin otsikkoaiheesta esitelmän, jota kuulemaan oli kutsuttu myös Suomen geologisen seuran jäsenet. Tämän jälkeen käyty keskustelu on osoittanut, että hypoteesini perusteiden suhteen on ollut eräitä väärinkäsityksiä. Kun en ole arvanut selostaa asiaa eräissä kohdissa riittävästi edes WSOY:n toimesta julkaistussa kirjassani (2), esitän tässä täydentäviä näkökohtia.

Hypoteesini perusajatus on, että merten vesimäärä on lisääntynyt geologisena aikana, kun magman kiteytyessä vapautuu juvoniilista vettä. Tästä sekä merisedimenttien muodostumisesta aiheutuva jatkuva paineen kasvu merten pohjaa vastaan on saanut aikaan mantereille päin suuntautuvaa liikettä siellä, missä jännitykset ovat riittävän laajassa mitassa ylittäneet sen rajan, jossa sima-kehän aine muuttuu kimmoisesta plastiseksi. Tämä liike on verrattavissa sellaisen sitkeän nesteen virtaukseen, jota voidaan matemaattisesti tarkastella potentiaalivirtauksen sääntöjen avulla. Prof. E. Niskasen laskelmien mukaan merialan suuruudesta riippuen liike ulottuu satojen kilometrien syvyyteen, missä myös maksiminopeudet esiintyvät. Jos ekvaattorin suunnainen mannervyö on aika-ajoin muodostunut vedenjakajaksi, on veden kiertokulku ilmakehässä voinut aiheuttaa nopeaa (esim. 1 cm/v) vedenpinnan kohoamista eteläisellä ja alenemista pohjoisella merialueella. Tällöin syntyneitten korkeuserojen (esim. 1—2 km) voidaan osoittaa olevan riittäviä aiheuttamaan pohjoissuuntaisen mannerliikkeen, joka tapahtuu ikäänkuin liukumalla.

Tämän luonteisten suurten merenpinnan nousujen todisteina ovat mm. 900—1400 m:n syvyydessä olevat tasalakiset merivuoret, joiden pinnalta on ruopattu liitukauden koralleja (3, s. 252). Kun laajat alueet meren pohjassa rupeavat liikkumaan mantereita kohden, syvempänä tapahtuva virtaus vetää myös pohjan pintaosia mantereiden alle. Näin voidaan selittää myös se, että manner-ten kohdalle on kerääntynyt paksummalti sial-kuorta kuin merten pohjaan.

Toinen oleellinen lähtökohta hypoteesissa on, että liikettä synnyttävien jännitysten kasvaminen tapahtuu pitkien aikojen kuluessa, ja että sial-kuoren kyky kestää leikkausjännityksiä on suurempi kuin sen alla olevan aineen. Mahdollisesti esim. 300—700 km:n syvyydessä on vieläkin herkemmin plastiseksi muuttuva kerros (3, s. 123, 127, 203) niin, että pääasiallinen virtaus tapahtuu tällä tasolla. Merten paineesta aiheutuvien influenssiivivojen kasautumisesta, merialojen erilaisesta suuruudesta ym. seikoista johtuen on syntynyt erilaisia jännityksiä, jotka ovat purkautuneet eri aikoina eri mannerlohkoilla. Kun tällaisen laukeamisen johdosta magman liike on päässyt alkuun, on etenkin nopean veden nousun yhteydessä mannerlohko siirtynyt ikäänkuin liukumalla ilman, että suurten alla olevien sima-ainemäärien on tarvinnut liikkua, joten tällainenkin liike on voinut jatkua pitempään. Missä näin on tapahtunut vuorijonojen poimuttumista, vaaditaan myöhemmin sial-kuoren tultua paksummaksi huomattavasti suurempi kokonaispaine, ennenkuin liikettä syntyy. Merten paineen uudelleen lisääntyessä alkaa poimuttuminen seuraavassa vaiheessa viereiseltä alueelta. Näin selittyy se, että lähellä rannikkoa olevat vuorijonot ovat yleensä nuorempia muodostumia.

Merten paineen vaikutus kohdistuu erityisesti mannerten rannikoille. Kun paineen suuruus on riippuvainen myös merialan laajuudesta, selittyy näin mm. Tyyn-tä valtamerä ympäröivä alppilaisten vuorijonojen vyö. Toinen tertiäärikauden aktiivinen vyöhyke, joka kulkee Aasian eteläreunan ja Välimeren suunnassa, voidaan tulkita paitsi pohjoiseen suuntautuvan merten paineen ja yleisen mannerliikunnan perusteella myös tietyiltä osiltaan näistä johtuvien, mannerlohkoissa tapahtuvien vääntöjen avulla. Vastaavanlaista jännitysten kasautumista voi tapahtua, kun mantereet liikkuvat merten paineen vaikutuksesta ensin meridiaanin suunnassa, jolloin ekvaattorin suuntaisten liikkeiden syynä ovat maan kiertoliikkeen aiheuttamat liike-energian

muutokset. Mantereita reunustavat kapeat ja pitkät matalan meren vyöhykkeet, joissa tapahtuu poikkeuksellisen runsasta sedimenttien muodostumista, vastaavat rakenteeltaan niitä kuvauksia, joita on esitetty oletettujen geosynkliinimerien suhteen. Näiden vyöhykkeiden poimuttuessa merten paineen vaikutuksesta vuorijonoiksi voi muukaan tulla myös mannerluiskan juuresta alkavia syvän meren muodostumia.

Wegenerin mannerliikuntateoriaa vastaan tehdyt huomautukset ovat kohdistuneet mm. hänen oletamiinsa mannerten liikkumisuuntiin, joita hän koetti etsiä napapakovoi-
mien ja vuoksivoimien vaikutuksen perusteella. Kun hypoteesini mukaan mannerliikkeitä aiheuttavien voimien vaikutussuunta on huomattavassa määrässä erilainen, ovat myös mannerliikkeiden yleissuunnatkin tietyllä tavalla toisenlaiset. Jotta siis voidaan osoittaa virheellisiksi ne väitteet, joita on esitetty mannerliikuntateoriaa vastaan yleensä, täytyy myös selvittää Wegenerin oletamusten mahdollisia virheitä mannerten liikkumissuuntien suhteen. Tästä syystä olen ollut pakoitettu kiinnittämään erityistä huomiota sellaisiin karttakuvioista löytyviin merkkeihin, jotka voivat antaa viitteitä merten paineesta aiheutuneiden mannerliikkeiden yleisistä suunnista. Tämä on johtunut myös siitä, että hypoteesini runko syntyi aluksi pelkän pohdinnan tuloksena, ja kun sitten rupesin sen pohjalla tarkastelemaan mannerten suurmuotoja ja merenpohjan syvyysuhteita, nämä osoittautuivat aivan yllättävässä määrässä sopivan oletamuksiini. Kun tämän lisäksi on jatkuvasti tullut tietoon yhä uusia geologisten, paleoklimatologisten, paleomagneettisten ja geofysikaalisten tutkimusten tuloksia, jotka vahvistavat jo aivan alkuvaiheessa synty-
nyttä kuvaa mannerliikkeiden suunnista, olen tullut vakuuttuneeksi siitä, että jos osataan arvioida vuorijonojen muodostuksessa ja mannerliikkeissä vaikuttavien voimien luonne ja suunta, tällöin karttakuviot tarjoavat hyvän lähtökohdan monien yksityiskohtien selvittämiseen. Karttakuvioista voi myös etsiä sellaisia säännönmukaisuuksia, joiden avulla on mahdollista päätellä voimien vaikutustavasta.

Esitelmässäni ja kirjassani (2) olen esittänyt esimerkin luonteisena, millaisiin karttakuvioiden piirteisiin olen kiinnittänyt huomiota. En ole tässä yhteydessä katsonut ole-

van aiheellista toistaa sitä laajaa geologista selvittelyä, joka on suoritettu Wegenerin mannerliikuntateorian yhteydessä ja tätä teoriaa vastaan suunnatussa kritiikissä (8 ja 9), koska olen edellyttänyt, että se on tunnettua. Olen kuitenkin koko ajan pitänyt silmällä sitä, että mainituissa selvittelyssä esitetyt tiedot mannerten aikaisemmista yhteyksistä sekä erilaisista geologisista ja paleontologisista tutkimustuloksista eivät ole ristiriidassa karttakuvioiden nojalla tekemiäni oletamusten kanssa. Tämän lisäksi on minulla ollut eräänlaisena runkoteoksena maapallon geologisten olojen selvittelyssä E. Suessin n. 2800 sivua käsittävä teos "Das Antlitz der Erde", jota prof. Eskola suositeli häneltä asiaa tiedusteltuani. Lisäksi olen saanut etenkin prof. J. Seitsaarelta täydentäviä tietoja sellaisista kysymyksistä, joita ei ollut mainituista teoksista saatavissa.

Karttakuvioilla olen katsonut olevan merkitystä vasta silloin, kun samaa mannerliikuntaa osoittavia yksityiskohtia on ollut niin suuri määrä, että tilastollinen todennäköisyys jo on ruvennut vaikuttamaan, eikä ole ollut mitään sellaisia tutkimustuloksia, joka ratkaisevasti tekisivät tällaisen liikesuunnan mahdottomaksi. Esittämällä tällaisia oletamuksia olen katsonut parhaiten saavani myös asiaa koskevan tutkimuksen edistymään. On ilmeistä, että jos on tiedossa erillistutkimuksia, jotka sotivat hypoteesiani vastaan, niitä tuodaan esiin juuri sellaisten täsmällisesti määriteltyjen yksityiskohtien suhteen, joihin olen karttakuvioissa kiinnittänyt huomiota.

Olen tässä myös pyrkinyt samaan menettelyyn, mitä nyt seurataan paleomagneettisten havaintojen suhteen, kun julkaistaan vielä epävarmoja tiettyihin oletamuksiin nojaavia havaintoja. Yksityiset havainnot näyttäivät paleomagneettisessa tutkimuksessa olevan usein hyvinkin suuressa ristiriidassa toistensa kanssa. Kuitenkin alkaa tutkijoiden käyttöä varten julkaistujen tilastollisten karttojen avulla vähitellen hahmotua yhä täsmällisempi kuva maankuoressa mahdollisesti tapahtuneista liikkeistä. Kuvassa 1 esitetty kartta osoittaa, miten tämän tutkimuksen johtavat henkilöt asennoituvat kysymykseen. Kuvahan jo sinänsä sisältää mahdottomuuden. Eihän pohjoisnapa ole voinut liikkua samanaikaisesti kuutta eri tietä myöten nykyiselle paikalleen. Mutta juuri se, että asianomaiset tutkijat uskal-



Kuva 1. Pohjoisnavan siirtymistä kuvaavia käyriä eri tahoilla tehtyjen paleomagneettisten havaintojen perusteella. Numerot käyrien vieressä osoittavat arvioitua aikaa nykyajasta taaksepäin miljoonina vuosina. (Doellin & Coxin mukaan.)

tavat esittää tällaisetkin tiettyjen olettamusten pohjalla saamansa tulokset, on antanut mm. minulle mahdollisuuden yhdistää omien olettamusteni nojalla saadut tulokset sellaiseksi tulkinnaksi, joka käsitykseni mukaan poistaa eri tahoilla tehtyjen paleomagneettisten tutkimusten välisen ristiriidan (2, s. 108—115).

Kuvan mukaan sopivat karttakuvioiden nojalla oletamani mannerliikkeet Euroopan, Intian, Australian ja Pohjois-Amerikan paleomagneettisten mittauksen mukaiseen yleiskuvaan niin hyvin, että rohkenin Japanin "napaliikuntakäyrän" nojalla otaksua Japanin saarijonon kiertyneen mannerliikkeen yhteydessä pituussuunnassaan myötäpäivään, vaikka tiedossani ei ollut muita tätä tukevia tutkimustuloksia. Nyt olen voinut todeta, että tri R. Tuokko on 17. 2. 1962 kirjoittanut Helsingin Sanomissa Japanin saarijonon murtumisesta tertiäärikaudella mainiten mm. Kawain, Iton ja Kumen todenneen tämän paleomagneettisten mittauksen avulla. "Kun he tarkastivat Japanin eri puolilta näytteitä, jotka olivat vanhempia kuin 60 milj. vuotta, he huomasivat, että saarien pohjoisosista saaduissa mineraaleissa magneettineulat osoittivat luoteeseen, kun etelästä saaduissa magneetit suuntautuivat koilliseen. Välinen kulma oli 40 astetta. Nuoremmissa eri aikoina syntyneissä Japanin mineraaleissa magneetit osoittavat suunnilleen nykyiseen pohjois-eteläsuuntaan." Kun tämänluonteisia jälkeänpäin tulleita vahvis-

tuksia tekemiini olettamuksiin olen saanut kymmenittäin, on se voimistanut käsitystäni karttakuvioiden käyttökelpoisuudesta mannerliikkeitten yleissuunnan arvioissa silloin, jos vaikuttavien voimien luonteesta ja suunnasta tehtyt olettamukset ovat oikeita.

Esimerkkinä siitä, millaisia muita perusteita olen käyttänyt karttakuvioiden täydentäjänä viittaan esitykseeni Apenniinien niemimaan siirtymisestä nykyiselle paikalleen Syrtin lahden kohdalla (2, s. 87—88). Pidettäneen jo todistettuna, että Alppien poimuttuessa työntävät voimat ovat vaikuttaneet etelästä päin. Ottaen huomioon tässä poimuttumisessa tapahtuneiden maankuoren liikkeiden laajuuden Apenniinien niemimaa on tällaisten liikkeiden tiellä ja sen voidaan siis olettaa siirtyneen nykyiselle paikalleen jostain muualta. Balkanin suunnalta tämä ei ole tapahtunut. Tällöin vaikuttavien voimien suunta olisi ollut ristiriidassa Alppeja poimuttaneiden voimien suunnan kanssa. Myös Adrian meren ikä ja Balkanin vuorijonojen luonne sotii tätä vastaan. Tarvitsee vain lukea Suessin kuvaus näistä seuduista (4, s. 285—354; 6, s. 402—445) tullakseen vakuutetuksi, että Apenniinien niemimaan alkuperäistä sijaintipaikkaa on etsittävä Pohjois-Afrikasta. Hän kirjoittaa mm. (4, s. 297): "Es wiederholt sich, südwärts gewendet, in Nordafrika der Bau des Appennin." Lisäksi hänen kirjoituksistaan ilmenee, että Sisilia ja Malta ovat Atlas-Apenniinit-jonoon kuuluvia osia. Sen sijaan Sardiniasta hän mainitsee (4, s. 305): "Um so bemerkenswerter ist aber gegenüber den Beobachtungen auf Corsica die Tatsache, dass in Sardinien die Merkmale eines ausseralpinen Landstriches immer mehr in der Vordergrund treten, wie namentlich durch Bornemann's Nachweis von transgredirender ausseralpiner Trias in den südwestlichen Teile der Insel, welche mir sehr an die roten transgredirenden Schollen der iberischen Meseta zu erinnern scheinen." Tämä osaltaan johti minut ajattelemaan Afrikan liikkumista enemmän itäsuuntaan kuin Euroopan. Tätä myös tukee se, että Afrikan länsirannan etäisyys Keski-Atlantin selänteen keskustasta on n. 2700 km kun vastaava etäisyys Euroopan suhteen on n. 1300 km. Afrikan siirtymä matka on siis n. 1400 km pitempi, mikä on jotenkin tarkoin sama matka, minkä verran Syrtin lahden itäpää on idempänä Lyonin lahtea, missä Sardinian

alkuperäinen sijaintipaikka on voinut olla. Tällainen pitempi liikkumismatka Afrikan kohdalla taas selittäytyy, jos oletetaan Tyyneen ja Intian valtameren paineen Aasian mannerta vastaan aiheuttaneen sellaisia vääntöjä, joita olen selostanut kirjassani (2, s. 84, 89 ja 92—93). Kun tämän liikesuunnan tueksi voidaan esittää paljon muita yksityiskohtia, myös geologisia, olen katsonut olevan aihetta siihen viittaavien karttakuvien esittämiseen.

Erittäin paljon jälkeenpäin tulleita vahvistuksia merten paineen vaikutusta koskeville oletuksilleni on Runcornin toimitamassa teoksessa (3), josta ehdin kirjassani vain lyhyesti mainita (2, s. 144—148). Viitataan mm. Runcornin oletukseen Pohjois-Amerikan siirtymisestä länteen Euroopasta sekä Australian ja Intian siirtymiseen pohjoista kohden (3, s. 26 ja 30). Benioffin ja Chadwick'in esittämät maanjäristyskeskusten sijaintivyöhykkeet mannerten alle suuntautuviksi (3, s. 123, 124, 127 ja 203) sopivat siihen, mitä Niskasen laskelmat osoittavat merten paineen aiheuttamista virtausnopeuksista ja suunnista. Vacquier'in (3, s. 136) ja Heezenin (3, s. 249) esittämät meren pohjan liikunnot ja Heezenin selostama yksityiskohtainen profiili Puerto Ricon syvänteestä (3, s. 241) sopivat erittäin hyvin edellä selostamiini oletuksiin meren pohjan liikkumisesta mannerten alle. Vening Meineszin todistelut kutistumisteoriaa vastaan (3, s. 154) voidaan ottaa yhtä hyvin mannerliikuntateorian kuin konvektiovir-

tausteorian puolesta. Mutta konvektiovirtausteoriankin riittämättömyys tulee ilmi useissa yhteyksissä. Esimerkiksi Chadwick viittaa vuorijonojen muodostumista koskevia hypoteeseja selostavassa kirjoituksessaan Adamsin lausuntoon: "We cannot indeed but recognize that not only is the problem of the origin of mountain ranges still unsolved". Omana käsityksenään hän mainitsee mm.: "the possibility of a final solution appears if anything to have receded" (3, s. 195). Mannerliikuntateorian suhteen hän näkee suurimpana vaikeutena mm. voimien riittämättömyyden mainiten: "The apparent absence of expected surface effects and of an adequate driving force constitute powerful objections to the hypothesis of continental drift" (3, s. 212). Dietz (3, s. 294—296) taas toteaa: "Former scepticism about continental drift is rapidly vanishing, especially as a result of palaeomagnetic findings and new tectonic analyses." Chadwick (3, s. 216) mainitsee pitkäaikaisten jännitysten ($1,5 \times 10^4$ — 10^8 vuotta kestävien) luonteesta seuraavaa: "These findings suggest that the long-term rheological behaviour of the crust and outer mantle in shear can be idealized as that of a material which possesses a stress threshold, below which it is perfectly rigid, and above which flow takes place, the stress in excess of the yield value then being proportional to the rate of strain." Tämähän on juuri sitä, mitä olen olettanut magman luonteesta jännitysten kasautuessa.

KIRJALLISUUTTA

1. Doell, R. and Cox, A., 1961, Paleomagnetism, Landsberg, H. E. and van Miegham, J., *Advances in Geophysics*, Acad. Press, N.Y. and London.
2. Kaitera, Pentti, 1963, Merten paine Maan muovaajana, WSOY, Helsinki.
3. Runcorn, S. K., 1962, *Continental Drift*, Acad. Press, N.Y. and London.
4. Suess, Eduard, 1892, *Das Antlitz der Erde*, I Band, Wien.
5. Suess, Eduard, 1888, *Das Antlitz der Erde*, II Band, Wien.
6. Suess, Eduard, 1901, *Das Antlitz der Erde*, III, 1 Band, Wien.
7. Suess, Eduard, 1909, *Das Antlitz der Erde*, III, 2 Band, Wien.
8. Waterschoot van der Gracht, 1928, *Theory of Continental Drift*, Amer. Ass. Pert. Geol., Tulsa, Oklahoma.
9. Wegener, Alfred, 1962, *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Fr. Vieweg & S., Braunschweig.