



SUOMEN VÄESTÖTIEDEEN YHDISTYKSEN JULKAISUJA
Publikationer av Demografiska Föreningen
i Finland

N:o 9

Publications of the Finnish
Demographic Society

VÄESTÖNTUTKIMUS JA KEHITYSMAAT

Toimittanut
Veijo Notkola



HELSINKI 1986

RIITTÄÄKÖ VESI?

Pertti Vakkilainen
Teknillinen korkeakoulu
Vesitalouden laitos

Johdanto

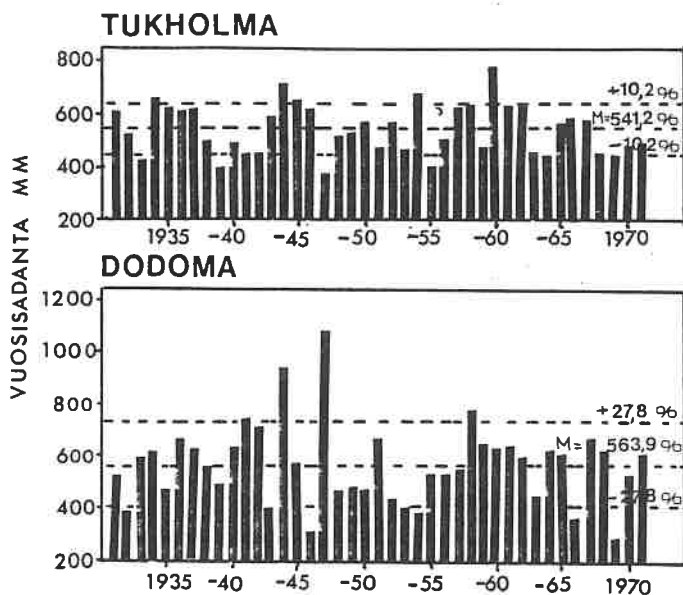
Kuivuudesta johtuva nälänhätä uhkaa parast'aikaa noin 120 miljoonan afrikkalaisen olemassaoloa. Tilanne on draamatisuudessaan samankaltainen kuin kymmenen vuotta sitten, jolloin veden puute tappoi Sahelin alueella satoja tuhansia ihmisiä ja miljoonia eläimiä. Ahdinko on nyt kuitenkin vuoden 1973 tilannetta selvästi pahempi. Kuivuudesta kärsivä alue on laajempi ja ulottuu Sahelin alueen lisäksi eteläiseen ja läntiseen Afrikkaan.

Kuivuuden aiheuttamat murhenäytelmät eivät toki ole afrikkalaisille uusia, sillä päiväntasaajan lähellä olevilla alueilla vuosisadannat ovat vaihdelleet aiemminkin runsaasti (Kuvio 1). Erona aiempiin kuivuuskatastrofeihin on nyt, että väestön kasvun ansiosta kuivuus kohtaa yhä useampia ihmisiä ja että kehittynyt tiedonvälitys tuo tiedon ahdingosta myös hyvinvoiville teollisuusmaiden asukkailla.

Mutta myös näillä näyttää veden suhteen olevan ongelmansa. Muistissa lienee, että vuonna 1976 Länsi- ja Keski-Eurooppaa vaivasi kuivuus ja veden käyttöä jouduttiin eräillä alueilla rajoittamaan. Neuvostoliiton viljasatojen on kerrottu usein jääneen tavoitteiden alapuolelle kasvukauden epäsuotuisien sateolojen takia. Ja vaikka vettä määrällisesti olisikin riittävästi, se on laadullisesti käynyt monin paikoin käyttökelvottomaksi. Vesiin laskettavat

rehevöittävät jätteet ja myrkyt horjuttavat vesien luontalouden tasapainoa. Vesien likaantuessa käytettävissä olevan veden määrä vähenee.

Kuvio 1. Vuotuiset sademäärät Tukholmassa ja Dodomassa.



Lähde: Jordbruksdepartementet (1977) Vattenkris eller inte. Davidsons Växsjö. 47 s.

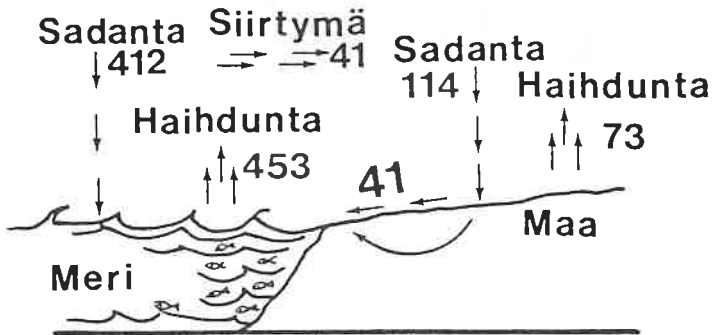
Ihmiskunnan tulevaisuutta koskevista ennakkoinneista vettä ei yleensä ole pidetty kehitystä ratkaisevasti rajoittavana tekijänä. Esimerkiksi Bukarestissa v. 1974 järjestetty YK:n väestökongressi jätti veden kokonaan huomioimatta arvioidessaan suurinta mahdollista väestömäärää, joka maapallolla voi tulla toimeen. Myös Rooman klubin raporteissa vettä käsitellään jokseenkin yliol- kaisesti. Tosin jälkimmäisen raportin epilogissa todetaan, että kasteluveden riittämättömyys luo viime kädessä takarajan ihmiskunnan kasvulle.

Mikä sitten on todellisuudessa tilanne maapallon vesivarojen suhteen? Voimmeko olla veden suhteen turvallisella mielellä vai emme? Mikä on vastauksemme kysymykseen "Riittääkö vesi"?

Paljonko vettä on?

Mantereilta meriin virtaavan veden kokonaismäärän arvioidaan olevan keskimäärin noin 41 000 kuutiokilometriä vuodessa (Kuvio 2). Kun tästä määrästä lasketaan pois Grönlannin ja Etelämantereen osuus, jää jäljelle noin 38 000 kuutiokilometriä vuodessa, jonka varassa ihmiskunnan on selvitettävä. Tämä kokonaisvesimäärä vaihtelee vuosittain vain vähän, mutta yksittäisillä vesistöalueilla virtaamavaihtelut voivat olla vuodesta toiseen varsin suuria.

Kuvio 2. Maapallon vesitase ($1\,000\text{ km}^3/\text{a}$).



Lähde: Falkenmark, M. & G. Lindh (1975) Vatten åt en svältande värld. Rosenlundstryckeriet AB, Stockholm. 200 s.

Suuri osa vuotuisesta vesimäärästä valuu pois lyhyenä tulvakautena ja jatkuvasti käytettävissä on ilman erikoisjärjestelyjä vain virtaaman stabiilina pysyvä osa. Tämä on noin kolmannes kokonaisvesimäärästä eli noin 14 000 kuu-

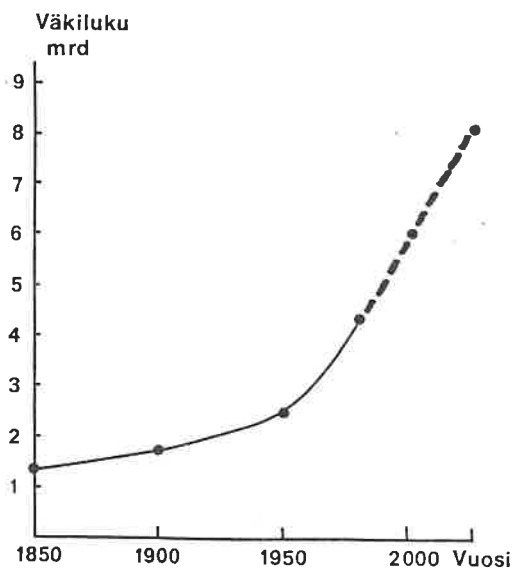
tiokilometriä vuodessa. Ihmistoimenpitein tätä määrää on arvioitu voitavan nostaa aina 22 500 kuutiokilometriin vuodessa. Tasan jaettuna maapallolla nykyään elävien kesken tämä merkitsee pitkälti toistakymmentä kuutiometriä henkeä kohti vuorokaudessa. Tämän määrän voimme arvioida riittävän ainakin 5 kertaa nykyistä suuremmalle väestön määrälle. Tällainen keskimääräistarkastelu kertoo kuitenkin vain osan totuutta. Ongelman ydin on nimittäin siinä, ettei väestö ole asettunut asumaan veden suhteen tasaisesti.

Paljonko vettä tarvitaan?

Ihmiskunnan väkimäärä kasvaa kiihtyvällä vauhdilla (Kuvio 3). Viimeisimpien YK:n laatimien ennusteiden mukaan ihmisiä on vuonna 2000 - siis jo aivan lähitulevaisuudessa - 6,2 miljardia. Vuonna 2025 ihmisten lukumäärä tulisi ennusteen mukaan olemaan jo 8.4 miljardia, joten nykyinen väkimäärä kaksinkertaistuisi seuraavan 40 vuoden kuluessa.

Väestön veden tarpeen arviointi on kaikkea muuta kuin helposti suoritettavissa, sillä veden käyttö sopeutuu käytettävissä oleviin vesivaroihin. Jos vettä on runsaasti saatavilla on käyttö runsasta. Jos vedestä taas on pulaa, sitä käytetään vähän. Ilmeisesti luotettavin maapallon vedentarvetta käsittelevä ennuste on julkaistu UNESCO:n toimesta vuonna 1978 (UNESCO 1978. World water balance and water resources of the earth. Studies and report in hydrology 25. USSR. 663 p.). Laajaan tilastoselvitykseen perustuva ennuste ulottuu vuoteen 2000. Saadakseni vuoden 2025 veden tarpeelle arvion olen ekstrapoloinut UNESCO:n ennusteessa esitettyjä vesimääriä väestöennusteiden suhteessa (taulukko 1).

Kuvio 3. Maapallon väkiluvun kehitys vuosina 1850-1980 ja ennuste vuoteen 2025.



Lähde: Perustuu YK:n viimeisimpiin ennusteisiin.

Taulukko 1. Veden käyttö (km^3/v) 1970 ja ennusteet vuosille 2000 ja 2025.

	1970	2000	2025
Asutus	120	270	330
Teollisuus	520	1900	2300
Kastelu	2000	3600	5200
Yhteensä	2640	5770	7830

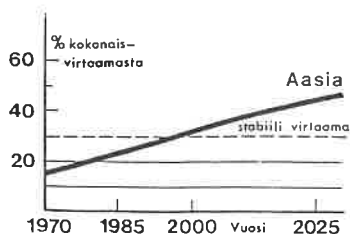
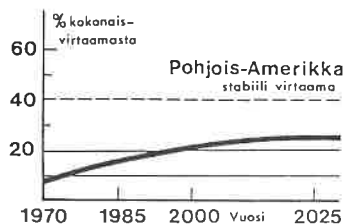
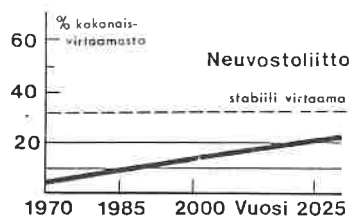
Veden tarpeen tyydyttämisen vaikeudesta saadaan käsitys ns. Balcerskin rajojen avulla. Jos veden tarve on pienempi kuin 5 % vuoden kokonaisvirtaamasta, ei tarpeen tyydyttäminen aiheuta sanottavia vaikeuksia. Mikäli vedentarve on 5 %:n ja 10 %:n välillä, tilapäisten häiriöiden riski lisääntyy ja veden tarpeen tyydyttäminen vaatii huolellista vesivaroihin kohdistuvaa suunnittelua. Jos veden tarve on 10 %:n ja 20 %:n välillä virtaamasta, käy tilanne ongelmalliseksi eikä vesiaitioden hoito ole mahdollista ilman suuria investointeja. Ja mikäli veden tarve vihdoin kasvaa yli 20 % keskivirtaamasta, hallitsee vesikysymyksen ratkaisu koko yhteiskunnan kehitystä. Vertailukohdan saamiseksi todettakoon, että Suomessa veden tarve on noin 3.5 % kokonaisvirtaamasta.

Kuvioissa 4 ja 5 on esitetty vedentarpeen kehitys eri mantereilla. Neuvostoliittoa on tässä käsitelty erillisenä. Vesivarojen suhteen onnellisimmassa asemassa on Etelä-Amerikka, jossa veden tarve näyttää jäävän alle 5 % keskivirtaamasta vielä vuonna 2025. Kuivuuden koettelemassa Afrikassa veden käyttö ei - hämmästyttävää kyllä - näytä vielä olevan kovinkaan korkea. Euroopassa veden tarpeen tyydyttäminen on jo astetta hankalampi.

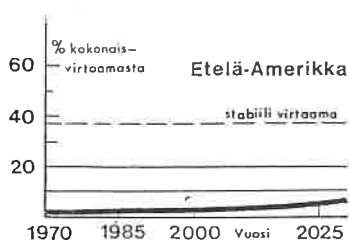
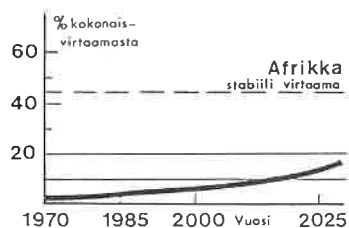
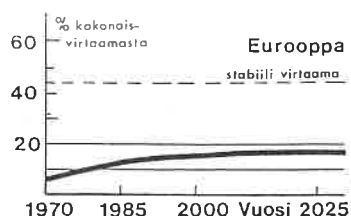
Neuvostoliitossa ja Pohjois-Amerikassa tilanne on vaikeampi, sillä veden käyttö näyttää kasvavan tarkasteltavana olevan jakson kuluessa yli 20 % rajan. Aasiassa ongelmat ovat vaikeimmin ratkaistavissa. Siellä veden käyttö on jo ylittänyt 20 % rajan ja se ylittäänee stabiilina pysyvän virtaaman osan ensi vuosituhanen alussa. Vuonna 2025 veden tarve olisi ennusteen mukaan jo 45 % virtaamasta.

Tämä keskimääräinen tarkastelu antaa luonnollisesti vain keskimääräisen käsityksen eri alueiden ongelmien vaikeusasteesta. Mantereiden sisällä vesivarat ovat epätasaisesti jakaantuneita, ja myös runsaasti vesivaroja omaavan suuralueen osa-alueilla voi esiintyä vedestä puutetta. Lähempi Afrikkaa koskeva tarkastelu osoittaa esi-

Kuvio 4. Vedentarpeen ennustettu kehitys Neuvostoliitossa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa (% kokonaisvirtaamasta).



Kuvio 5. Vedentarpeen ennustettu kehitys Euroopassa, Afrikassa ja Etelä-Amerikassa (% kokonaisvirtaamasta).



Vedentarpeen ennustettu kehitys
(prosenttia kokonaisvirtaamasta)

merkiksi, että Pohjois-Afrikan ja Lähi-Idän muodostamalla alueella oli jo vuonna 1975 tarvetta vesimäärään, joka oli jo 42 % keskivirtaamasta (Kuvio 6). Vedentarve tulee tällä alueella kasvamaan lähes 60 prosenttiin vuosituhatosen loppuun mennessä. Tätä taustaa vasten on selvää, että parhaillaan Afrikassa vallitseva nälänhätä ei tule jäämään lajissaan viimeiseksi ja että todella vaikeat tilanteet ovat vasta edessäpäin.

Kuvio 6. Veden käyttö vuonna 1975 Afrikassa (prosenttia kokonaisvirtaamasta).



Lähde: De Maré, L. (1977) An assessment of the world water situation by 2000. Water International, Vol. 2, No 2, pp. 7-19.

Vesivarojen lisäämismahdollisuudet

Edellä kävi ilmi, että virtaaman stabiilina pysyvä osa on yleensä noin kolmasosa keskivirtaamasta. Veden riittävyyden lisäämiseksi voidaan turvautua tulvavesien varastointiin joko altaisiin tai maaperään. Näillä toimenpiteillä virtaaman stabiili osa lähes kaksinkertaistuisi.

Vesivarojen epätasaista maantieteellistä jakautumista voidaan korjata siirtämällä vettä sieltä, missä sitä on runsaasti, sinne missä siitä on puutetta. Veden siirtoja on pienessä mitassa toteutettu eri puolilla maailmaa, mutta

veden tarpeen kasvu on tuomassa mukanaan todella jättimäisiä ratkaisuja mm. Pohjois-Amerikassa, Intiassa ja Neuvostoliitossa.

Ns. NAWAPA-suunnitelmassa ehdotetaan, että vettä johdetaisiin Alaskasta veden puutteesta kärsiville seuduille Kanadassa, USA:ssa ja Meksikossa. Siirtojärjestelmä sisältäisi runsaasti tekoaltaita, voimaloita, pumppaamoita, tunneleita ja tekouomia. Siirrettävä vesimäärä tulisi olemaan ainakin 300 kuutiokilometriä vuodessa eli 3 kertaa Suomen alueelta valuvan veden kokonaismäärä.

Intiassa on suunniteltu länsi - itä-suunnassa virtaavien jokien yhdistämistä kanavaverkostolla. Pyrkimyksenä on siirtää vettä runsasvetisestä pohjoisosasta vedenpuutteen vaivaamille alueille maan eteläosiin. Järjestelmän keskeisenä tekijänä olisi Ganges, josta vesi nostettaisiin 460 metriä korkean padon taakse muodostettavaan altaaseen. Täältä vesi syötettäisiin kanavaverkoston.

Myös Neuvostoliiton eteläosissa vettä on jouduttu käyttämään enemmän kuin mihin käytettävissä olevat vesivarat antavat mahdollisuuksia, sillä viimeisten 30 vuoden aikana Kaspian meren pinta on laskenut yli 2.5 metriä ja Araljärven pinta putoaa lähes 0.5 metriä vuodessa. Maan eteläosien veden vajauksen arvioidaan vuosisadan vaihteessa kohoavan jo 100 kuutiokilometriä vuodessa eli yhtäsuureksi kuin on Suomen alueelta valuvan veden kokonaismäärä. 1930-luvulta alkaen on esitetty ajatuksia veden johtamisesta tälle alueelle Pohjoiseen Jäämereen laskevista joista. Näitä suunnitelmia on edelleen täydennetty ajatuksilla johtaa vettä Tonavasta Dniepriin.

Veden varastoiminen ja siirto merkitsevät puuttumista vesien luonnontalouteen, eivätkä seuraukset läheskään aina ole pelkästään positiivisia. Epätoivottavien vaikutusten mahdollisuus on saanut aikaan, että veden varastoimista ja erityisesti kokonaisia mantereita koskeviin vedensiirtosuunnitelmiin suhtaudutaan nykyään tietyin varauksin. Niinpä NAWAPA-suunnitelma on vastatuulella eikä sitä ryh-

dyttäne toteuttamaan ainakaan tämän vuosisadan aikana; viimeaikoina esiintyneiden tietojen mukaan myös Neuvostoliitossa oltaisiin luopumassa Siperian jokien kääntämisestä. Kun eteläisen Neuvostoliiton vesitase on jo pitkään ollut pahasti negatiivinen, on tätä tietoa kuitenkin syytä epäillä.

Suolanpoisto merivedestä on usein esiintuotu mahdollisuus, kun on etsitty keinoja veden tuottamiseen sen puutteesta kärsiville seuduille. Rannikkoalueilla suolanpoisto on käyttökelpoinen menettelytapa, mutta kun vedentarve on keskittynyt mantereiden sisäosiin, sen avulla voidaan vesiongelmaa ratkaista vain rajallisessa määrin. Suolanpoistoon tarvitaan energiaa eikä käytettävissä ole sellaista menettelytapaa, joka mahdollistaisi tarvittavien valtaisien energiamäärien tuottamisen.

Jäävuorien hinaaminen ja sulattaminen on eksoottinen mahdollisuus, jolla rannikolla sijaitsevien kaupunkien vedentarvetta on ajateltu osaltaan tyydyttää. Kokemuksia jäävuorten käytöstä ei kuitenkaan ole, eikä niiden avulla ratkea itse pääongelma: massiivisten kasteluun tarvittavien vesimäärien toimittaminen mantereiden sisäosiin.

Vesien likaantuminen supistaa käyttökelpoisten vesien määrää

Edellä oleva tarkastelu on valottanut vain vesiongelman toista puolta. Toinen puoli ongelmaa on vesivarojen laadun heikkeneminen, joka pienentää käyttökelpoisten vesien määrää. Asutuksen jätevedet rehevöittävät vesistöjä, mutta nimenomaan teollisuusjätevedet monimutkaisine, hankalasti hajoavine kemiallisine yhdisteineen ovat vesistöjen laadun kannalta pahin uhka. Ongelmat ovat kasvaneet näin ollen suurimmiksi siellä, missä teollistuminen on edennyt pisimmälle.

Tilannetta hankaloittaa edelleen maatalouden tehokkuuden lisääntyminen. Voimaperäinen maanviljelys käyttää lannoitteita ja torjunta-aineita, joiden huuhtoutuminen vesiin on vaikeasti estettävissä. Lisääntyvä kastelu tuottaa lisääntyviä määriä kuivatusvesiä, joissa suolapitoisuudet ovat jopa kymmenkertaisia itse kasteluveteen verrattuna.

Unesco ennusteen mukaan vuonna 2000 käytettävästä vedestä kaikkiaan noin 3000 kuutiokilometriä vuodessa palaa vesistöihin takaisin jätevetenä loppuveden haihtuessa. Jäteveden kokonaismäärä on 20 % koko maapallon stabiilista virtaamasta. Arvioikaamme nyt, että jätevesien laimentaminen harmittomiksi voidaan saada aikaan laimennussuhteella 1:10 ja olettaakaaamme optimistisesti, että jätevesien käsittelyn keskimääräinen teho vuonna 2000 tulisi olemaan 70 %. Laimennusvettä tarvittaisiin tällöin 9000 kuutiokilometriä vuodessa eli yli 60 % virtaaman stabiilina pysyvästä osasta. Tämä antanee jo kuvan ongelman vakavuudesta, mikäli kehitys saa jatkua entisen suuntaisena.

Viime aikoina laajasti julkisuutta ovat saaneet ns. happamat sateet tai happamat laskeumat, jotka ovat seurausta ilmakehän ja ilmakehässä olevan veden kuormittamisesta palamisjätteillä. Ne ovat vaurioittaneet pahoin laajoja metsäalueita Keski-Euroopassa. Myös meillä on havaittu teollisuuspaikkakuntien lähistöillä vastaavaa kehitystä. Sadevesi, jonka varassa kasvuston on elettävä, on näin eräillä alueilla muuttunut laadultaan sellaiseksi, ettei se enää ylläpidä kasvin kasvua vaan päinvastoin ehkäisee sitä.

Happaman laskeuman vaikutukset ovat alkaneet jo näkyä myös itse vesistöissä. Niinpä Etelä-Ruotsissa on noin 10 000 järven pH laskenut siksi alas, että kalat ovat niistä kuolleet. Tilannetta pyritään parantamaan nykyään näitä järviä kalkitsemalla.

Riittääkö vesi?

Kysymykseen veden riittävydestä voidaan edellä esiintul-
leiden seikkojen perusteella antaa seuraava vastaus:

Maapallon vesivarat riittäisivät määrällisesti vähintään 5 kertaa nykyistä suuremmalle väestömäärälle, mikäli vesi jakautuisi väestön ja maatalousmaan suhteen tasaisesti. Kun todellisuudessa jakautuma on hyvin epätasainen, ehkäisee veden puute jo nyt varsin suurilla alueilla yleistä kehitystä. Pahimmaksi tilanne näyttää tässä suhteessa kehittyvän Aasiassa, jossa veden tarve ylittää virtaaman stabiilina pysyvän osan parinkymmenen vuoden kuluessa. Yleisesti ottaen vettä on määrällisesti riittävästi, ihmisten on vain sopeuduttava vesivarojen maantieteellisen jakautuman epätasaisuuteen ja ajallisiin vaihteluihin.

Vesien maailmanlaajuinen likaantuminen pienentää käytettävissä olevien vesivarojen määrää ja uhkaa veden riittävyyttä sellaisillakin alueilla, joilla veden määrä sinänsä on riittävä. Tämä ongelma on käynyt sitä vakavammaksi mitä pitemmälle teollistuminen on edennyt.

Luonnollisin toimenpide veden riittävyyden turvaamiseksi on veden käytön pienentäminen. Kun kastelun ja asutuksen käyttämän vesimäärän pienentämiseen ei ole sanottavia mahdollisuuksia, tulisi vedenkäytön supistamiseen pyrkiä teollisuudessa.

Jätevesien käsittely on vesivarojen laadun hoidossa luonnollisesti askel järkevään suuntaan. Tämä ei kuitenkaan riitä, vaan tavoitteeksi on otettava, ettei ainoatakaan kuutioita jätevetä saisi päästää vesivaroja likaamaan. Tämän tavoitteen täydellinen toteutuminen on luonnollisesti utopiaa, mutta sitä on kuitenkin pidettävä toiminnan päämääränä, jos haluamme olla veden riittävyyden suhteen turvallisella mielin. Käytännössä tämä johtaa ensinnäkin siihen, että mahdollisimman suuri osa käsitellyistä asutuksen jätevesistä tulisi käyttää kasteluun tai teol-

lisuuden jäähdytysvedeksi ja toiseksi siihen, että teollisuusprosessit tulisi toteuttaa joko kuivina tai mahdollisimman pitkälti veden suhteen suljettuina. Kun kaikista maapallolla syntyvistä jätevesistä 2/3 tulee vuoden 2000 ennusteen mukaan teollisuudesta ja kun nämä jätevedet ovat vesistöjen kannalta kaikkein hankalimpia, on vastuu teollisuusprosessien suunnittelusta huolehtivilla insinööreillä. Monilla alueilla heidän ratkaisuistaan riippuu, riittääkö vesi.

Lähteet

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J. & Behrens, W.W.

Limits to growth. A Potomic Associates Book, Earth Islands, London, 1972.

Mesarovich, M & Pestal, E. Mankind at the turning point.

The second report of the club of Rome. E.P. Dutton Inc., New York, 1974.

UNESCO. 1972. World water balance and water resources of the earth. Studies and reports in hydrology 25. USSR.