

VESITALOUS

1/2004



Vesitiede

Ympäristönseurannat

Valunta

VESIEN KÄYTÖN KEHITYS

Makeaa vettä on ihmisen kannalta usein liikaa, liian vähän, väärässä paikassa tai se on vääränlaatuista. Ihminen ainoana kaikista elollisista olennoista on pystynyt muuttamaan veden kiertokulkua merkittävässä määrin mieleisekseen, mutta tällä toiminnalla on taloudellisista, poliittisista ja ympäristöllisistä syistä johtuvat rajoituksensa. Väestönkasvun seurauksena maapallon vesiongelmien tulevat nopeasti kärjistymään.



Pertti Vakkilainen

professori, tekn.tri

Teknillinen korkeakoulu

vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio

E-mail: pertti.vakkilainen@tkk.fi

Kirjoittaja on TKK:n vesitalouden ja vesirakennuksen professori ja rakennus- ja ympäristötekniikan osaston johtaja. Hän on aiemmin työskennellyt mm. vesihallituksessa, Oulun yliopistossa, Cornell-yliopistossa sekä Wienin teknillisessä yliopistossa.

Yksi varhaisimmista vesirakennustoista on voitu ajoittaa Egyptiin ja noin vuoteen 3200 eKr. Arkeologisissa kaivauksissa löytyneen maljakon kylkeen on kuvattu kuningas, joka suorittaa kastelukanavan kaivun ensimmäisen läpionpiston. Parisataa vuotta myöhemmin, noin vuonna 3000 eKr. faarao Menes rakennutti pääkaupungikseen Memfiin. Kaupungin suojaamiseksi toteutettiin mittava vesirakennushanke, joka piti sisällään Niiliin rakennetun 500 metriä pitkän ja 15 metriä korkean maapadon, kanavan ja kaivamalla tehdyn tekojärven.

Kreikkalaisen historioitsija Herodotoksen mukaan Egyptissä rakennettiin ns. keskivaltakunnan aikana eli vuosina 2160–1788 eKr. runsaasti tekojärviä tul-

vavesien varastoimiseksi myöhempää käyttöä varten. Suurin Egyptin tekojärvistä oli kuitenkin faarao Amenhet III :n noin vuonna 2200 eKr. Fayumin hautavajoamaan rakennettuma Moirisjärvi. Tämä penkereillä ympäröity tekojärvi oli jotakuinkin meidän Pielisemme suuruinen.

Ala-Egyptissä kanavat muodostivat tärkeän liikenneväyläverkoston. Eräiden tietojen mukaan muinaisessa Egyptissä oli yhteen laskien 80 kanavaa, joiden yhteinen pituus oli noin 150 km. Kuuluisin näistä on kanava, jolla Niili oli yhdistetty Punaiseen mereen. Sen kokonaispituus oli 60 km, se oli 30 m leveä ja 13 m syvä. Kanavan kaivutyöt aloitettiin vuonna 600 eKr, mutta lopetettiin 120 000 kaivajan näännyttyä.

Persian hallitsija Dareios saattoi työt päätökseen sata vuotta myöhemmin. Keisari Trajanus saattoi kanavan käyttökuntoon noin 100 jKr. Viimeisen keran se kunnostettiin käyttöön vielä noin 650 jKr.

Tulvien ennustamista varten egyptiläiset rakensivat pitkin Niiliä vedenkorkeusasteikkoja, nilometrejä, jo 5 000 vuotta sitten. Asteikkoja seurattiin tarkasti ja lukemia verrattiin aiempien vuosien lukemiin. Kun sitten havaittiin, että tulva alkoi nousta, nopeat sou-
tuveneet lähetettiin. Niilin varren ihmiset saivat tällä tavoin tiedon vesitilanteesta ja osasivat siihen varautua.

Kaksoisvirtojen maassa, Eufratin ja Tigrisin alueilla, vesistönjärjestelyillä oli ollut merkittävä rooli jo sumerilaisen kulttuurin aikana. Tulvaa torjuttiin penkereillä ja kastelukanavia kaivettiin. Tiilien valmistaminen ja niiden lasittaminen tunnettiin Babyloniassa ja poltustusta savesta osattiin valmistaa vesijohtoputkia jo 2 000 vuotta eKr. Myös poltetuilla tiiliputkilla suoritetusta salaojitukselta on säilynyt tietoja. Kuningas Hammurapi valtasi Mesopotamian noin vuonna 1760 eKr. Hän ymmärsi niin kastelun, kuivatuksen kuin myös sujuvan vesiliikenteen merkityksen yhteiskunnan hyvinvoinnille. Tunnettu on hänen vahvistamansa lakikokoelma, jossa on myös vesiin liittyviä säännöksiä.

Kiinassa ensimmäiset tiedot vesirakennustöistä ajoittuvat noin vuoteen 2300 eKr. Näiden töiden suorittajana mainitaan Jau Suuri, josta sittemmin tuli Kiinan keisari ja jota myöhemmin on Kiinassa pidetty kaikkien vesitaloudellisten töiden suojelijana. Kiinalaiset luokittelivat pitkään keisarinsa hyviin ja huonoihin sen mukaan, miten nämä vallassaoloaikanaan olivat edistäneet vesitaloudellisia hankkeita. Jangtseen nyt rakenteilla olevaa kolmen kanjonin patoa ja mittavia vedensiirtohankeita Jangtsesta pohjoiseen on ehkä syytä tarkastella myös tätä historiallista traditiota vasten.

Vesirakennushanke, jota Kiinan osalta ei voi sivuuttaa, on Pekingin ja Hangtsoun välinen Keisarinkanava, joka valmistui vuonna 1283 ja jolla on pituutta 1 450 km. Ensi vaiheessa ka-

nava yhdisti Jangtsen ja Keltaisen joen ja tämä osa valmistui jo vuonna 486 eKr. Sitä korjattiin ja laajennettiin kolmannella vuosisadalla. Kanavaa jatkettiin Jangtselta etelään seitsemännellä vuosisadalla ja Keltaiselta joelta pohjoiseen vuosina 1280–1283. Kaiken kaikkiaan Keisarinkanavan rakentamiseen tarvittiin siis lähes 1 800 vuotta.

Euroopan vesiä hyödynnetään

Antiikin Kreikassa toteutettiin varsin mittavia ja teknisesti vaativia vedenhankintaratkaisuja. Niihin liittyi myös paineellisia vesijohtoja, joiden käytössä kreikkalaiset lienevät olleet ensimmäisiä. Kreikkalaisten ehkä merkittävimmän annin myös vesiasioiden näkökulmasta antoivat kuitenkin filosofit, jotka pohtivat maailmankaikkeuden synnyn ohella veden merkitystä ja jokien alkuperää.

Niinpä Thales, yksi antiikin seitsemästä viisaasta, päätyi siihen, että vesi oli perimmäisin alkuaineista. Toistakymmentä vuotta hänen jälkeensä elänyt (500–430) Empedokles väitti alkuaineita olevan neljä, joista vesi oli yksi muiden ollessa maa, tuli ja ilma. Platon ja Aristoteles lisäsivät alkuaineiden listaan vielä viidennen, taivaan. Platonin käsityksen mukaan jokien lähteenä oli suuri maanalainen vesivarasto, Tartaros. Aristoteles ei voinut jakaa tätä käsitystä, vaan päätteli, että jokien virtaaman synnyttäjänä olivat sadanta, ilman kondensoituminen maaperässä sekä nousevien höyryjen kondensaatio.

Platonin aikaisessa vesiä koskevassa laissa on mielenkiintoinen osio. Siinä säädetään nimittäin seuraavasti: ”Jos joku tahallisesti pilaa tai hukkaa jollekin toiselle kuuluvaa vettä myrkyttämällä, kaivamalla tai varastamalla, hänen on korvattava vahinko. Jos hän on pilannut veden, hänen on se myös puhdistettava.” Näin säädettiin siis jo lähes 2 500 vuotta sitten.

Roman valtakunnan aikaisista vesiteknisistä rakenteista näkyvimpiä vielä nykyäänkin ovat akveduktit, joiden rakentaminen aloitettiin 312 eKr. ja joiden kokonaispituus ajanlaskumme alkuaikoina oli noin 420 km. Käytetty

tekniikka, kivilaatoilla katettu vesikouru, oli sama, mitä faarao Ramses II:n rakennuttamissa vesijohdoissa oli käytetty jo tuhat vuotta aiemmin Egyptissä.

Roomalaiset antoivat arvoa veden laadulle, sillä isojenkin jokien varrella sijaitseviin kaupunkeihin johdettiin pitkiä matkoja vettä vuoristopuroista ja -lähteistä. Vesijohdot päättyivät tavallisesti kaupungin torille tai muuhun keskeiseen paikkaan, mistä rahvas saattoi noutaa vetensä. Varakkaimmilla oli mahdollisuus rakennuttaa yleensä lyijystä valmistettu vesijohto taloonsa asti.

Rooman jätevesikysymystä alettiin hoitaa noin vuonna 500 eKr. rakentamalla viemäröintijärjestelmä, jonka tunnetuin osa oli kuuluisa Cloaca Maxima. Viemäröinti ei ollut roomalaisten keksintö, mutta siellä se toteutettiin laajassa mittakaavassa ensi kertaa. Kreetalla noin 1 000 vuotta aikaisemmin oli palatseissa jo toteutettu viemäröinti, jonka toimintaperiaate ja toteutustapa olivat varsin nykyaikaisia.

Vesivoima tuli roomalaisten tietoisuuteen vuonna 65 eKr., jolloin Rooman sotajoukot voittivat Mustanmeren etelä- ja kaakkoispuolella sijainneen Pontoksen kuninkaan Mithridateen joukot. Sotasaaliiksi saatiin tuolloin muun muassa vesimylly. Kuuluisa roomalainen arkkitehti ja rakentaja Vitruvius täydensi sittemmin vesimyllyä parantamalla vesirattaan rakennetta ja ottamalla käyttöön hammaspyörät, joiden avulla voima siirretään rattaan vaaka-suorasta puuakselista jauhinkiven pystyakseliin.

Keskiajalla kovin merkittäviä vesitekniisiä innovaatioita ei Euroopassa tehty. Vedenhankinta perustui useimmissa kaupungeissa kaivoihin ja pinta-vesiin. Tarvittaessa kaivojen veden riittävyttä lisättiin johtamalla niihin purojen tai jokien vettä maahan upotettuja puuputkia käyttäen.

Maininnan ansaitsee Hollannissa yhdeksännellä vuosisadalla aloitettu pengerkuivatus, jota alkuvaiheessa toteutettiin rakentamalla matalia penkereitä. Niissä käytettiin jo ennen vuotta 1250 patoluukkuja, joiden kautta vesi pengerrysalueilta voitiin juoksuttaa pois.



Faaraoiden aikainen vedenkorkeuden mittalaite eli nilometri Assuanissa Egyptissä. (Kuva: Olli Varis)

Tuulimyllyjen käyttö kuivatusvesien pumppauksessa alkoi 1400-luvulla. Hollannissa kehittyi senaikaisen huipputekniikan asiantuntijoita, jotka olivat kysyttyjä eri puolilla Eurooppaa, erityisesti Saksassa.

Kanavarakentamisen alku Euroopassa ajoittuu 1400-lopun Italiaan. Erityisesti on kuitenkin mainittava Ranskassa 1600-luvulla rakennetut kanavat. Näistä merkittävin on Atlantin Välimeren yhdistävä, vuonna 1681 valmistunut Canal du Midi, jonka pituus on noin 250 km. Sen antama esimerkki vauhditti kanavarakentamista eri puolilla Eurooppaa.

Renesanssin ja uuden ajan aikana luonnontutkimus alkoi edistyä. Jokien syntyä oli pohdittu jo antiikin aikana ja jotkut yksittäiset henkilöt kuten Aristoteleen oppilas Thefrastus ja aiemmin mainitsemani Vitruvius lienevät ymmärtäneet hydrologisen kierron pääperiaatteen, mutta vielä 1600-luvun jälkipuoliskolla Euroopassa esitettiin ja suurelta osin hyväksyttiin teoria, jonka mukaan Niilin tulvan aiheuttajana olisivat olleet sumunkaltaiset, ilmasta putoavat pisarat, jotka synnyttivät Niilin vedes-

sä käymistilan, joka puolestaan aiheutti tulvan nousun.

Perrault oli ilmeisesti ensimmäinen, joka mittausten perusteella osoitti vuonna 1674, että sadanta ja lumen sulanta riittävät tuottamaan lähteistä ja joista purkautuvat vesimäärät. Halley, paremmin ehkä tunnettu nimeään kantavan komeetan tutkijana, julkaisi vuosien 1687–1715 välisenä aikana useita haihduntatutkimuksia, joilla hän osoitti, että hydrologinen kierto sulkeutuu. Woltmannin (1790) kehittämä siivikko mahdollisti vedennopeuden tarkan mittaamisen ja tätä kautta virtaaman määrittämisen. 1700-luvun satoa ovat myös Bernoullin energiayhtälö ja Chezyn laskentakaava veden virtausnopeudelle. 1800-luvun saavutuksista voidaan poimia esiin muun muassa Daltonin havainnot haihdunnasta ja Darcyn pohjavesiyhtälö. Nämä ja monet muut tutkimustulokset ovat antaneet tukevan pohjan vesien rationaaliselle käytölle.

Yhdyskuntien vedenjakelujärjestelmät sanan nykyaikaisessa mielessä alkoivat vasta, kun painetta kestävä valurautaputket yleistyivät 1700-luvun

loppupuolelta lähtien. Hyvälaatuinen vesi paransi väestön terveydentilaa, mutta huonolaatuinen vesi saattoi aiheuttaa suurta terveydellistä uhkaa. Tunnetuin esimerkki viimeisimmästä on Hampurissa vuonna 1892 sattunut koleraepidemia, joka vaati yli 8 000 uhria.

Viemäroinnin tarkoituksena oli johdattaa jätevedet pois lähiympäristöstä. Kesti varsin pitkään ennen kuin huomiota alettiin kiinnittää jätevesien vaikutukseen purkuvesistöissä. Edelläkävijänä tässä oli Englanti, jossa 1800-luvun lopulla käynnistettiin jätevesien käsittelyn tutkimus- ja kehitystoiminta. 1800-luvun lopulla tiedettiin tämän työn perusteella suhteellisen hyvin, millaisia perusvaatimuksia hyvin järjestetyn vesihuollon tuli täyttää. Samoin tunnettiin silloin lähes kaikki tärkeimmät periaatteet niistä teknisistä ratkaisuista, joilla vaatimukset voidaan toteuttaa.

Suomen vesitaloushistoriaa

Suomen vesitaloushankkeiden historia voitaneen aloittaa Halisten koskes-



Höckelikyä Phnom Penhin laitamilla Kambodzhassa. Taloudelliset, sosiaaliset ja veteen liittyvät ongelmat kohtaavat. (Kuva Olli Varis)

sa Aurajoessa sijainneesta myllystä, jonka ruotsalaiset yrittäjät lienevät rakentaneet koskeen 1200-luvun keskivaiheilla. Vanhin tätä koskeva asiakirja on vuodelta 1352. Myllyjen jälkeen vanhimpia voimankäyttäjii olivat vesisahat, joita perustettiin 1500-luvulla monin paikoin kruunun ja aatelin tiloille. 1600-luvulta ovat peräisin vesivaroilla varustetut rautaruukit, joista vanhin rakennettiin Mustioon vuonna 1616. 1800-luvun puolessavälissä vesimyllyjä oli nelisentuhatta ja vesisahoja vajaa 200. Puinen vesipyörä korvattiin Suomessa rautaisella ensimmäisen kerran vuonna 1837 Tampereella Finlaysonin tehtaalla, jossa vuonna 1849 otettiin käyttöön myös Suomen ensimmäinen turpiini. Siellä myös syttyi vuonna 1882 maamme ensimmäinen hehkulamppu.

Verrattain varhain on suoritettu myös vesiväylien perkauksia kulkukelpoisten vesireittien aikaansaamiseksi. 1600-luvulta lähtien uomia on perattu myös niittyjen parantamiseksi ja valtaamiseksi. Näiden töiden johdossa olivat yleensä papit. Järvenlaskujen voidaan katsoa alkaneen talollinen Lassi Nuutisen Enossa sijainneen Alimmaisen Sarvinginjärven laskemisesta vuonna 1743.

Merkittävää roolia järvenlaskuissa ja

vesistöjen perkauksissa näytteli Jaakko Stenius nuorempi eli Koski-Jaakko, josta tuli isänsä Jaakko Stenius vanhemman eli Korpi-Jaakon jälkeen vuonna 1768 Pielisjärven kirkkoherra. Koski-Jaakko oli monipuolisesti koulutettu mies ja toimi muun muassa Turun yliopiston mekaniikan dosenttina. Järvenlaskuista merkittävin on Höytiäisen lasku, jota Koski-Jaakko oli suunnitellut jo 1800-luvun alussa ja jonka evers-ti Stjernvall vuosisadan puolessa välissä toteutti. Höytiäisen vedenpinta ale-ni 9,6 metriä. Uutta maatalousmaata saatiin 15 000 ha.

Ensimmäiset yritykset kanavien rakentamiseksi tehtiin 1500-luvun alkuvuosina, kun Saimaa pyrittiin yhdistämään Juustilanjokeen ja sitä kautta Suomenlahteen. Seuraavan kerran yrittiin 1600-luvun alussa, mutta tämäkin yritys epäonnistui. Näistä muis-toksi jäivät ns. Pontuksen kaivannot, joista myöhemmän kaivuyrityksen merkit ovat vieläkin maastossa nähtävissä. Vanhan Suomen liittäminen osaksi Suomea piristi Itä-Suomen taloutta merkittävästi ja viritti kiinnostuksen vesiteiden kehittämiseen. Taipaleen kanava avattiin vuonna 1840 ja Leppävirran Konnuksen kanava 1841, jolloin yhteydet Kallavedeltä Saimaale avautuivat. Kuopio-Iisalmi -reittiä

kanavoitiin vuosina 1845–56. Vuonna 1865 valmistunut Saimaan vanha kanava avasi lopulta väylän Suomenlahdelle.

Vesihuoltotekniikan voidaan katsoa saaneen Suomessa alkunsa Helsingissä, jossa vesilaitoksen ensimmäinen vaihe otettiin käyttöön vuonna 1876. Laitoksen suunnitteli norjalainen insinööri Endre Lekve, joka oli aloittanut Helsingin teknillisen reaalikoulun eli nykyisen Teknillisen korkeakoulun rakennustaidon ensimmäisenä opettajana vuonna 1859 ja jota näin ollen voidaan pitää suomalaisen rakennusinsinöörikoulutuksen isänä. Helsingin ensimmäinen jätevesien käsittelylaitos valmistui Alppilaan vuonna 1910.

Katse tulevaan

Maaailmassa elää yli kuusi miljardia ihmistä ja ihmisten määrän ennustetaan nousevan kahdeksaan miljardiin vuoteen 2030 mennessä. Jo nyt yli miljardi ihmistä kärsii puhtaan juomaveden puutteesta ja aliravittujen määräksi arvioidaan noin 800 miljoonaa. Vesivarojen laadun heikkeneminen supistaa käytettävissä olevien vesivarojen määrää. Kahdella miljardilla ihmisellä ei ole käytettävissään sähköä.

Väestönkasvu tulee tapahtumaan lähes yksinomaan kehitysmaissa, joissa vesivarat monin paikoin ovat jo nyt niukat ja huonossa kunnossa. Noin puoli miljardia ihmistä elää veden riittävyyden suhteen kriittisissä valtioissa. 25 vuoden kuluttua näiden ihmisten määrä tulee olemaan jo lähes kolme miljardia. On syytä korostaa, että kehitysmaista käytetystä vedestä noin 90 % kuluu kasteluun, joten kastelun tehostamiseen tulee kiinnittää erityisesti huomiota.

Köyhyyden poiston eräs edellytys on riittävä energiantuotanto. Kehitysmaissa vain noin 15 % käyttökelpoisesta vesivoimasta on valjastettu sähkön tuotantoon. Vesivoimahankkeet ovat monesti kasteluvesihankkeita, joiden päätarkoituksena on ravinnon tuotanto. On kiinnostavaa havaita, että teollisuusmaissa, joiden vesivoimasta on noin 70 % otettu käyttöön, esiintyy voimakkaita mielipiteitä Aasian ja

Afrikan vesivoiman kehittämistä vastaan.

Kehitysmaissa investoidaan vuosittain noin 30 miljardia dollaria vesihuoltoon ja sanitaatioon, 30 miljardia kasteluun ja 20 miljardia vesivoimaan. On arvioitu, että asioiden saaminen oikeille raiteilleen edellyttää noin 100 miljardin dollarin vuosittaista lisärahoitusta.

Vedellä on monta käyttäjää. Vesivaroja ja niiden käyttöä tulisi tarkastella kokonaisuutena, sillä vain niin voidaan turvata tasapainoinen lopputulos. Ratkaisumenetelmäksi vesitalouden järjestämisessä on esiin nostettu suomalaisten vanha tuttu. Sitä nimitettiin meillä aiemmin vesien käytön kokonaissuunnitteluksi. Nyt sitä kutsutaan vesivarojen yhdenmukaiseksi hallinnaksi, jolla tarkoitetaan valuma-alueiden vesitalouden järkevää järjestämistä ja jota muun muassa EU suosittaa kehitysmaissa käytettäväksi.

Kehitysmaiden vesiongelmien ratkaisemisella on kiire. Tarvittavat massiiviset vesirakennustyöt eivät synny hetkessä, vaan niiden toteuttaminen saattaa kestää useita vuosikymmeniä. Rakennuspäätöksiä on kuitenkin taloudellisista ja ympäristöpoliittisista syistä usein vaikea tehdä ja näin aika käy yhä niukemmaksi.

Ilmaston mahdollisen muutoksen vaikutuksista vesivaroihin ja vesivarojen riittävyyteen ei ole olemassa luotettavaa selvitystä. Useita arvioita on olemassa, mutta ne ovat epävarmoja ja risiriittäisiä. Tulvien ja kuivakausien ennustetaan kuitenkin jokseenkin yhtäpitävästi äärevöityvän. Kaiken kaikkiaan näyttää siltä, että ilmaston lämmetessä alueet, joilla jo nyt on vaikeuksia veden riittävyyden kanssa, tulisivat entistä kuivemmiksi.

Teollisuusmaiden tilanne on luonnollisesti parempi, sillä niissä ei väestö juuri kasva, koulutustaso on korkea ja taloudelliset mahdollisuudet ongelmien ratkaisemiseen ovat olemassa. Ihan helppoa kaikilla niistäkään ei tule olemaan, sillä monin paikoin niin pinta- kuin pohjavedetkin on pilattu sellaiseen kuntoon, että tarvittavat taloudelliset uhraukset tulevat kasvamaan merkittäviin summiin.

EU:ssa vesitaloutta tulee ohjaamaan vuonna 2000 voimaan astunut vesipolitiikan puitedirektiivi. Tavoitteena on parantaa vesiensuojelua ja vesiekosysteemien tilaa ja turvata pinta- ja pohjavesien riittävä saanti. EU:n toimesta kehitysmaille tarjotut vesitalouden järjestämisen periaatteet eivät siis näytä kelpaavan toimintaohjeiksi EU:lle itselleen.

Suomessa on aihetta tyytyväisyyteen. Pari vuotta sitten julkaistussa kahdessa kansainvälisessä vertailuraportissa maamme arvioitiin veden suhteen maailman rikkaimmaksi maaksi. Vesihuoltomme on hoidettu hyvin. Talousveden laatu on korkea ja jätevesien käsittely tehokasta. Lisääntyvässä määrin huomiota tullaan kiinnittämään hajakuormituksen vähentämiseen ja huonokuntoisten vesialueiden kunnostamiseen.

Vesivoima on erityisen tärkeä säätö-energiamme tuottajana, vaikka sen osuus sähkön tuotannosta on vain vajaa viidennes. Aikoinaan lähinnä voimantuotantoa varten toteutettuja säännöstelyjä pyritään muuttamaan nykyisiä käsityksiä paremmin vastavaksi. Kehittyneen vesiliikenneverkostomme suuri kysymys on Saimaan kanavan tulevaisuus. Maankuivatus- ja tulvasuojelujärjestelmämme ovat toi-

mintakuntoisia. Niiden kunnossapitoa ei saa kuitenkaan lyödä laimin.

Tilanteemme on hyvä. Toisin on monissa muissa maissa. Täydellä syyllä voidaan arvioida, että veteen liittyvät ongelmat tulevat olemaan erittäin ihmiskunnan vaikeimmin ratkaistavia ongelmia.

Kirjallisuus

- Biswas, A.** 1970. History of hydrology. North-Holland Publishing Company, Amsterdam–London.
- Frederiksen, H.** 1996. Water crises in developing countries: Misconceptions about solutions. Water Resources Planning and Development 122,79–87.
- IPCC** 2001. Climate Change 2001. Cambridge University Press, Cambridge and New York
- Kaitea, P. & Paasilta, H.** 1939. Maan kuivatus ja vesitys. Keksintöjen kirja, 7–202. WSOY, Porvoo–Helsinki.
- Kajosaari, E.** 1995. Vesihuollon kehittyminen. Kuntatekniikka 1:1995, 13–18.
- Rahaman, M.** 2003. Water development principles and realities: Finding ways to bring the two ends closer. Diplomityö TKK:ssa.
- Vakkilainen, P.** 2003. Riittääkö vesi? Oskari Vilamon rahaston juhlaesitelmä 2003. Oskari Vilamon rahaston julkaisuja.
- Vakkilainen, P. & Varis, O.** 1999. Will water be enough, will food be enough? IHP-IV: Technical Documents in Hydrology n:o 24, UNESCO, Paris.



Varhaisimmat sivilisaatiot syntyivät jokien varrelle, joissa virtaavan veden varaan. Maan kastelu turvasi ravinnon saannin ja kun päivät eivät enää kuluneet pelkästään elämän perustarpeista huolehtimiseen, jäi aikaa henkisen viljelyn, kulttuurin, kehittämiseen. Kaupunkiasutus sai alkunsa ja yhdyskuntien keskitetysti toteutettavat vesijärjestelmät alkoivat kehittyä. Kautta historian juuri vesitaloudelliset työt ovat tehneet sivistyksen syntymisen mahdolliseksi.

