

VESITALOUS

1/2008

A large blue water droplet graphic is positioned in the lower-left foreground. Inside the droplet, the text 'TKK 100 vuotta' is written in white. The background of the entire page is a photograph of a modern red brick building with a steep, angular roof and a glass-enclosed staircase. A wide set of concrete stairs leads up to the building, and the ground in the foreground is covered in snow. The sky is filled with dramatic, grey clouds.

**TKK
100
vuotta**

Kumppanisi vedenkäsittelyn kaikissa mittauksissa



Analyysimittaukset:

- pH-redox
- johtokyky
- sameus
- kloori
- näytteenottimet



Analysaattorit:

- fosfaatti
- typpi
- nitraatti
- mangaani
- rauta
- silikaatti
- BOD/COD/TOC jne.



Metso Endress+Hauserin innovatiiviset huipputuotteet auttavat vastaamaan vedenkäsittelyprosessien muuttuviin ympäristövaatimuksiin sekä mahdollistavat paremman tehokkuuden ja jatkuvan parantamisen.

Tarjoamme täyden valikoiman vedenkäsittelyn analyysimittauksia ja analysaattoreita. Kattavan kenttälaitevalikoiman lisäksi tarjoamme apua myös toteutussuunnittelussa sekä laajan valikoiman huolto- ja käyttöönottopalveluita erilaisiin tarpeisiin.

Metso Endress+Hauser Oy

HELSINKI: PL 310, Laippatie 4 C, 00811 Helsinki
TAMPERE: PL 237, Lentokentänkatu 11, 33101 Tampere
OULU: Elektroniikkatie 9, 90570 Oulu
PORI: Keskimäentie 56, 28580 Pori



Endress+Hauser 

Vol. XLIX

Julkaisija

YMPÄRISTÖVIESTINTÄ YVT OY

Puhelin (09) 694 0622

Annankatu 29 A 18

00100 Helsinki

Kustantaja

TALOTEKNIikka-JULKAISUT OY

HARRI MANNILA

E-mail: harri.mannila@talotekniikka-julkaisut.fi

Päätoimittaja

TIMO MAASILTA

Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Annankatu 29 A 18

00100 Helsinki

E-mail: timo.maasilta@mvtt.fi

Toimitussihteeri

TUOMO HÄYRYNEN

Puistopiha 4 A 10

02610 Espoo

Puhelin (050) 585 7996

E-mail: tuomo.hayrynen@talotekniikka-julkaisut.fi

Tilaukset ja osoitteenmuutokset

TAINA HIIKKIÖ

Maa- ja vesitekniikan tuki ry

Puhelin (09) 694 0622

Faksi (09) 694 9772

E-mail: vesitalous@mvtt.fi

Ilmoitukset

HARRI MANNILA

Koivistontie 16 B

02140 ESPOO

Puhelin (050) 66174

E-mail: harri.mannila@gmail.com tai

ilmoitus.vesitalous@mvtt.fi

Kannen kuva

JUKKA NISSINEN

Painopaikka

FORSSAN KIRJAPAINO OY

ISSN 0505-3838

Asiantuntijat ovat tarkastaneet lehden artikkelit.



Toimituskunta

MINNA HANSKI

dipl.ins.

Maa- ja metsätalousministeriö

ESKO KUUSISTO

fil.tri, hydrologi

Suomen ympäristökeskus,

hydrologian yksikkö

HANNELE KÄRKINEN

dipl.ins., ympäristöinsinööri

Uudenmaan ympäristökeskus

SAIJARIINA TOIVIKKO

dipl.ins., vesihuoltoinsinööri

Vesi- ja viemärlaitosyhdistys

RIKU VAHALA

tekn.tri., vesihuoltotekniikan professori

Teknillinen korkeakoulu

OLLI VARIS

tekn.tri, dosentti, akatemiatutkija

Teknillinen korkeakoulu

ERKKI VUORI

lääket.kir.tri, oikeuskemian professori

Helsingin yliopisto, oikeuslääketieteen laitos



Lehti ilmestyy kuusi kertaa vuodessa.

Vuosikerran hinta on 50 €.

Pyydä vesihuollon tarviketarjous Vesitalouden

markkinapaikan kautta!

www.vesitalous.com

Tämän numeron kokosivat

OLLI VARIS, E-mail: olli.varis@tkk.fi

MARKO KESKINEN, E-mail: keskinen@iki.fi

MATTI KUMMU, E-mail: matti.kummu@iki.fi

Artikkeleiden kielentarkastus:

MARJA-LEENA JÄRVI



5 Teknillinen korkeakoulu 100 vuotta

OLLI VARIS

6 Vesitekniikkaa Teknillisessä korkeakoulussa 1861-2008

PERTTI VAKKILAINEN

Vesitekniikkaa on opetettu Teknillisessä korkeakoulussa yli puoleentoista vuosisadan ajan. Opetus ja tutkimus ovat kehittyneet yhteiskunnan tarpeiden mukana. Kansainvälisen arviointiryhmän mukaan alan opetus ja tutkimus TKK:ssa ovat tällä hetkellä erinomaista kansainvälistä tasoa.

10 Vesijalanjälki - mittari todelliselle vedentarpeellemme

LAURA KUUSIMIN, ELINA HEIKINHEIMO, MARKO KESKINEN JA MATTI KUMMU

Vesijalanjälki kuvaa todellisen vedentarpeemme määrää. Suomalaisen keskimääräinen vesijalanjälki on 4 700 litraa päivässä. Piilovesi kertoo kuinka paljon yksittäisen tuotteen valmistus on vaatinut vettä. Saman tuotteen piilovesimäärä voi vaihdella suuresti eri maiden välillä riippuen muun muassa ilmastosta, viljelytekniikoista tai tuotantoprosessista.

14 Globaali hydrologinen mallinnus

ILONA BÄRLUND, LUCAS MENZEL JA MARTINA FLÖRKE

Globaalin hydrologisen WaterGAP -mallin avulla pyritään tunnistamaan alueita, jotka nyt ja tulevaisuudessa mahdollisesti kärsivät veden vähydestä. Maailmanlaajuisesti vesistressin esiintymiseen vaikuttaa enemmän lisääntyvä vedenkäyttö kuin vähenevä veden saatavuus.

19 Lähi-itä: tulenarkaa vettä?

OLLI VARIS

Lähi-idästä kuuluu levottomia uutisia lähes päivittäin. Vesi on alueella erittäin niukaa luonnonvara. Maailmalla puhutaan yhä enemmän vesisodista. Onko siis Lähi-idässä käynnissä tai odotettavissa vesisotia? Saattaa ollakin, mutta keskeiset konfliktien aiheet ovat kyllä muualla.

23 Vuosituhattavoitteet toteutumassa Phnom Penhissä

ULLA HEINONEN

Vuosituhatavoitteet sitovat YK:n jäsenmaat vesihuollon kehittämiseen. Viime vuosina Kaakkois-Aasiassa on tapahtunut merkittävää kehitystä ja esimerkiksi Kambodžan pääkaupungissa Phnom Penhissä on tavoite puhtaan veden osalta jo saavutettu. Kaupungin väestönkasvu aiheuttaa kuitenkin ongelmia.

26 Vesivarojen hallinta muinaisessa Angkorissa

MATTI KUMMU

31 Ilmastoahmatti vie vettä, mutta myös tuo

ESKO KUUSISTO

34 Voivatko vesistöjen rakentaminen ja ekologia kohdata?

JUHA JÄRVELÄ

38 Yhdyskuntien ja teollisuuden vesitekniikkaa - teoriaa ja käytäntöä

MIKKO MARTIKKA, ARI JÄRVINEN JA TIMO LAUKKANEN

42 Suomen vesisektorin tulevaisuudesta

RIKU VAHALA JA BJÖRN KLÖVE

45 Pitäisikö maailman kalakannat yksityistää?

SAKARI KUIKKA

49 Vesihuollon tulevaisuudenkuviin oppia historiasta

TAPIO S. KATKO

52 Asutuksen yhteisesti järjestetty vesihuolto

HEIKKI KIURU

55 Onnea Teknilliselle korkeakoululle

TIMO MAASILTA

56 Liikehakemisto

62 Abstracts

63 Satavuotias TKK ja vesi

MATTI PURSULA

Seuraavassa numerossa teemana on Padot ja vesivoima.

VESITALOUS 2/2008 ilmestyy 7.4.

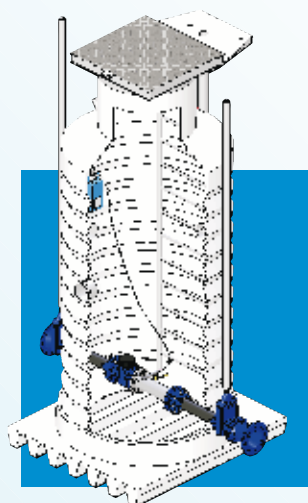
Ilmoitusvaraukset 11.3. mennessä.



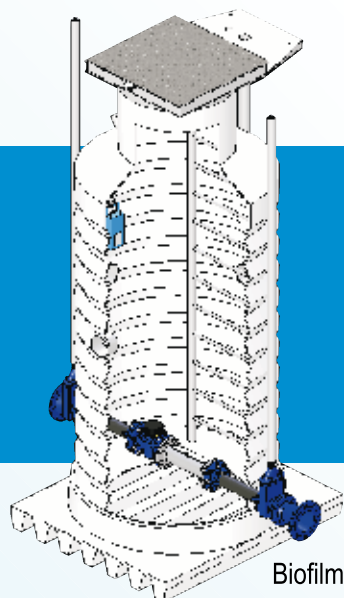
LINING -MONITOIMIKAIVO

Kattava valikoima erilaisia verkostonhallintakaivoja verkoston toiminnan ylläpitoon ja hallintaan.

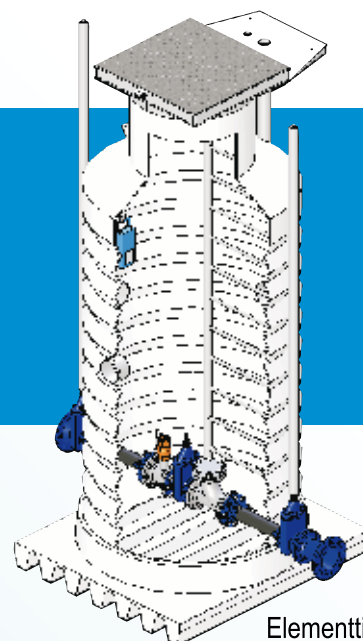
- Kaivojen materiaali kestävä ja kevyt PE-HD muovi
- Valkoisen värin ansiosta valoisa
- Säiliö itseankkuroituva, helppo perustaa ja liikutella
- Monitoimikaivo muuntuu modulia vaihtamalla virtausmittaukseen, biofilmitutkimuksiin ja elementtipuhdistukseen
- Virtausmittaus ja tiedosnsiirto ei vaadi sähköliittymää



Virtausmittus



Biofilmi



Elementtipuhdistus

Lisävarusteilla toimintavarmuutta

Paineviemärijärjestelmissä on suositeltavaa varustaa kiinteistöliittymä erillisellä sulkuventtiilillä. Saatavilla on nyt, ainoa erityisesti jätevesikäyttöön suunniteltu, tukkeutumaton luistiventtiili. Kiinteistökohtainen sulku helpottaa huomattavasti liityntäkohdan ja kiinteistön välistä työskentelyä silloin kun pelkkä pumppaamon sisäisen painelinjan sulku ei riitä.



Takaisinvirtauksen ja hajujen leviämisen estämiseksi tarkoitettu putkeen asennettava venttiili.



Painelinjan sulkun erityisesti jätevedelle suunniteltu laadukas levyluistiventtiili.

SUORAAN AMMATTILAISILTA AMMATTILAISELLE



TEKNILLINEN KORKEAKOULU 100 VUOTTA



OLLI VARIS

tekn.tri, dosentti
Teknillinen korkeakoulu,
vesitalouden ja
vesirakennuksen laboratorio
E-mail: olli.varis@tkk.fi

Teknillinen korkeakoulu on toiminut yliopistotatustuksella sadan vuoden ajan. Sitä ennen koulu toimi opistotasoisena useita vuosikymmeniä.

Sataan vuoteen mahtuu paljon mulistuksia ja hyvin erilaisia ajanjaksoja. Suomi itsenäistyi, rakensi identiteettiään ja talouselämänsä, joutui sodan jalkoihin, toipui sodasta, aluemenetyksistä ja sotakorvauksista, nousi vähitellen jaloilleen, selvisi kylmän sodan ajasta ja eteni sen jälkeisistä vaikeista asetelmista teknologian eturiviin.

On mahdotonta täysin arvioida teknillisen korkeakoulutuksen merkitystä tässä prosessissa, mutta voisi arvailla, että se on erityisen merkittävä.

Vesi on ollut mukana Teknillisen korkeakoulun ja sen edeltäjän toiminnassa koko ajan. Maatalouden modernisointi, teollistuminen, vesivoiman tuottaminen, vesiliikenne, uitto ja niin edelleen olivat keskeisiä maamme yhteiskunnalliselle ja taloudelliselle kehitykselle ennen sotia ja vielä niiden jälkeenkin. Yhdyskuntien vesihuolto, viemäröinti ja vesiensuojelu tulivat mukaan 1960-luvulla, ja niillä saroilla saavutukset ovat myös olleet hyvin merkittäviä ympäristön ja ihmisten jokapäiväisen hyvinvoinnin mahdollistajina ja edistäjinä.

Parin viimeisen vuosikymmenen kuluessa Suomi on kasvavalla nopeudella integroitunut muun maailman me-

noon taloudellisesti, kulttuurisesti ja poliittisesti. Myös vesikysymykset, joita Teknillisen korkeakoulun tutkimuksen ja opetuksen piiriin sisältyy, kasvavat siinä samalla maailmanlaajuisiksi. Vesi ekosysteemejä integroivana komponenttina, poliittisena, sosiaalisena ja taloudellisenä hyödykkeenä sekä kestävä kehityksen ja ilmastonmuutoksen keskeisenä elementtinä saa tällä hetkellä kasvavaa mielenkiintoa osakseen TKK:lla.

Vesitekniikka on pysynyt hyvin arvostetussa asemassa Teknillisen korkeakoulun toiminnassa läpi vuosikymmenten. Siitä hyvänä ja tärkeänä esimerkkinä on se, että TKK:n 100-vuotisjuhlallisuuksia aloitetaan mittavalla Tekniikan päivät -tapahtumalla, jonka teemana on "Veden varassa". Lähes 100 tieteellistä esitelmää ja oheistapahtumaa kaksipäiväisillä Tekniikan päivillä kokoavat Dipoliin Otaniemen väen teekkareista tutkijoihin, opettajiin ja muuhun henkilökuntaan sekä sidosryhmät lukioitten, muiden yliopistojen ja oppilaitosten, teollisuuden ja valtionhallinnon piiristä pohtimaan veteen liittyviä haasteita.

Teknillinen korkeakoulu on astumassa suurten muutosten kauteen. Suunnitelmissa on säätöittä korkeakoulu ja yhdistää se Helsingin kauppa-korkeakoulun ja Taideteollisen korkeakoulun kanssa. Rahoitus pohjaa on tarkoitus laajentaa tuntuvasti teollisuuden suuntaan. Osastot muutetaan tiedekun-

niksi ja virat työsuhteiksi. Akateeminen vapaus tuntuu tässä tilanteessa suurelta kysymysmerkiltä.

Toivoa sopii, ettei jo kauan jatkuneen perusrahoituksen juustohöyläyksen - ja räjähdysmäisesti kasvaneen byrokratian - pitkälle viemä rappeuttamiskehitys saa näistä muutoksista vain lisää vetä myllyynsä. Suomi tarvitsee jatkossakin kovatasoista, riippumatonta teknologiatutkimusta ja siihen liittyvää korkeinta opetusta. Siihen täytyy olla varaa tai muuten käy hassusti. Resursseja pitää löytyä ja ihmisten on itse saatava päättää asioistaan ja viedä asioita eteenpäin. Keskusjohtoinen kontrollitalous, johon ollaan ajautumassa, ei sovi tähän päivään. Akateemista päätösvaltaa ei saa edes nykyisessä mitassa ulkoistaa rahoituslaitoksille kuten Suomen Akatemialle, Tekesille ja Sitralle - vastuu jää joka tapauksessa tänne korkeakoulun seinien sisäpuolelle, raskaan työn tekijöille.

Emme tietysti voi tällä hetkellä tietää mitä tulevaisuus tuo mukanaan; ehkä joku kirjoittaa sadan vuoden päästä Vesitalous-lehteen siitä miten tässä kävi. Nyt on joka tapauksessa oikea aika onnitella ja kiittää sadan vuoden menestyksellisestä työstä Teknillisen korkeakoulun menneitä ja nykyisiä opettajia, tutkijoita, opiskelijoita, rahoittajia ja muita sidosryhmiä. Yritämme parhaamme viedäksemme tätä pitkäjänteistä työtä eteenpäin. ♦

VESITEKNIKKAA TEKNILLISESSÄ KORKEAKOULUSSA 1861-2008

Vesitekniikkaa on opetettu Teknillisessä korkeakoulussa yli puolentoista vuosisadan ajan. Opetusta ja tutkimusta on suunnattu yhteiskunnan kulloistenkin tarpeiden perusteella. Veden kiertokulku, veden virtausoppi, konstruktiivinen vesirakennus, vesilaitokset ja maatalouden vesirakennus ovat alusta lähtien kuuluneet TKK:n vesitekniikan toimintakenttään. Vesien laatuksymykset ovat tulleet opetukseen ja tutkimukseen merkittävässä määrin mukaan 1900-luvun jälkipuoliskolla. 1960-luvulta lähtien tärkeänä painopistealueena on ollut vesiteknisten hankkeiden vaikutusten, hyötyjen ja haittojen arviointi.



PERTTI VAKKILAINEN

professori
TKK vesitalous
E-mail: pertti.vakkilainen@tkk.fi

Teknillinen korkeakoulu perustettiin Helsingin teknillisenä reaalikouluna vuonna 1849. Toiminta jakautui kolmeen osastoon vuonna 1861. Rakennusinsinöörejä koulutettiin insinööriosastolla. Kaksi muuta osastoa olivat mekaanisen teknologian osasto ja kemiallisen teknologian osasto.

Insinööriosastolla oli ainoastaan yksi opettaja, Hannoverista Helsinkiin houkuteltu nuori norjalainen insinööri Endre Lekve, josta tuli suomalaisen rakennusinsinöörikoulutuksen isä. Hänen opetusalaansa kattoi rakennusalan, siis myös vesitekniikan, koko laajuudeltaan. Lekve oli opetustyönsä ohella monipuolinen käytännön toimija. Hän suunnitelti muun muassa Helsinkiin Suomen ensimmäisen vesilaitoksen.

Osaston toinen opettaja oli niin ikään ulkomaalainen, silloisesta Itävalta-Unkarista Suomeen vuonna 1879 saapunut Mikael Strukel. Hän oli erityisen hyvin perehtynyt sillanrakennukseen, mut-



Norjalainen insinööri Endre Lekve, josta tuli suomalaisen rakennusinsinöörikoulutuksen isä.

ta opetti menestyksellisesti myös vesirakennusta ja julkaisi tätä käsittelevän saksankielisen kirjasarjan ”Der Wasserbau”. Kirjaa kerrotaan Helsingin ohella käytetyn oppikirjana myös eräissä Keski-Euroopan teknillisissä korkeakouluissa.

Alkuvaiheessa kuusivuotiseksi räätälöity opinto-ohjelma järjestettiin vähitellen nelivuotiseksi. Kaksi ensimmäistä

vuotta olivat eri osastojen opiskelijoille jokseenkin samat, joten ammattiaineisiin päästiin perehtymään varsinaisesti vasta kolmantena opiskeluvuonna. Jokainen insinööriosaston opiskelija suoritti arvosanat sillan-, tien-, rautatien- ja vesirakennuksessa. Vesirakennuksen alaan kuuluivat muun muassa järvenlaskut ja suonkuivatus, kanavat ja sulut, vesilaitokset, joen säännöstely sekä satamien rakentaminen.

Tätä insinöörikoulutusta ei pidetty kuitenkaan riittävänä maankuivatukseen suunnitteluun ja toteuttamiseen. Sen lisäksi tarvittiin kaksivuotinen oppikurssi Mustialan maanviljelysopistossa ja neljän vuoden mittainen auskultointi. Maanviljelysinsinööriksi aikovan oli seurattava maanmittaria, maanviljelysinsinööriä ja lääninagronomia heidän käytännöllisissä toimituksissaan. Maanviljelysinsinööriksi pätevöitymiseen tarvittiin siten kuuden vuoden opinnot ja neljän vuoden mittainen käytännön harjoittelu.



Teknilliseksi korkeakouluksi

Sata vuotta sitten tapahtunut muutos opistosta korkeakouluksi ei itse toimintaa juuri muuttanut. Uutuutena insinööritutkinnossa oli oikeastaan vain diplomityö, joka nyt otettiin mukaan opintovaatimuksiin. Opetus koostui edelleen luennoista ja suunnitteluharjoituksista eli niin sanotuista ohjelmatöistä.

Insinööriosastolla opintosuuntia oli kaksi: tie- ja vesirakennuksen opintosuunta ja maanviljelystekniikan opintosuunta. Osaston kolmesta professorista vesirakennusta ja perusrakennusta opetti Axel Juselius, joka oli aloittanut työnsä opistossa saman vuoden keväällä. Vuotta aiemmin maanviljelystekniikan ylimääräiseksi opettajaksi palkattu I. A. Schroeder, sittemmin Hallakorpi, jatkoi myös työtään korkeakoulussa.

Maanviljelyksen opintosuunnan opinnoista merkittävä osa suoritettiin Helsingin yliopistossa, jonne opetus oli siirretty Mustialan maatalousopistosta. Yliopistollisia opintoja oli suoritettava muun muassa maanviljelyskemiassa ja -fysiikassa, maanviljelysopissa ja maanviljelystaloudessa sekä kansantaloudessa. Opintosuunnan opiskelijat saivat näin mahdollisuuden tutustua kahden erityyppisen korkeakoulun opetuskäytäntöihin.

Yliopistostatus toi mukanaan oikeuden tohtorintutkintoon. Hallakorpi julkaisi vesitekniikan alan ensimmäisen väitöskirjan vuonna 1924. Väitöstyö käsitteli maankuivatuksen hyödyn ar-

viointia. Tohtorin arvoa Hallakorvelle ei kuitenkaan myönnetty, koska hän ei suostunut suorittamaan maanjakotekniikan opintoja. Tästä huolimatta hänet nimitettiin maanviljelystekniikan professorinvirkaan vuonna 1925.

Vesirakennuksen professoriksi nimitettiin vuonna 1938 H.P.O. Solitander, joka edeltäjänsä tavoin oli toiminut erilaisissa vesirakennusalan suunnittelu-tehtävissä ennen korkeakouluun tuloaan. Maanviljelystekniikan, sittemmin maatalouden vesirakennuksen professorin virkaan nimitettiin vuonna 1942 Pentti Kaitera, jonka tutkimustoiminta käsitteli laajasti hydrologian, maankuivatuksen ja kastelun kysymyksiä. Kaitera oli vesitekniikan alan professorista ensimmäinen, joka oli suorittanut tohtorintutkinnon. Itse asiassa hän oli jo virkaan tullessaan kansainvälisen tason tiedemies, jonka tutkimustulokset ovat osoittautuneet harvinaisen kestäviksi.

Opetuksen sisältö ja painopisteet noudattelivat yhteiskunnan muuttuvia tarpeita, mutta myös opettajien omat visiot ja mielenkiinnon kohteet vaikuttivat opetuksen suuntaamiseen. Hydrologian opetus siirtyi vähitellen Kaiteran hoidettavaksi, ja kun perusrakennus irrotettiin vesirakennuksen professorin opetusalaista ja siirrettiin vuonna 1949 pohjarakennuksen professorin vastattavaksi, saattoi professori Solitander keskittyä opetuksessaan vesirakenteisiin, taajamien vesihuoltotekniikkaan ja vesien virtausoppiin.

Kansainvälisestikin katsoen oltiin edistyksellisiä, kun luonnonvesien laatu-seikkoja sisällytettiin maatalouden vesirakennuksen opetukseen jo 1950-luvulla. Erityinen limnologian kurssi tuli opetusohjelmaan vuonna 1962.

Tiedeyliopisto kehittyi

Korkeakoulun siirto Helsingistä Espooseen alkoi vuonna 1959. Jo samana vuonna maatalouden vesirakennuksen professuuri sai Otaniemeen oman pienen laboratorionsa. Sen yhteyteen rakennettiin haihdunta- ja maavesitutkimuksia varten koekenttä 1960-luvun lopulla. Viljo Castren nimitettiin vesirakennuksen professoriksi vuonna 1959 ja hän toimi ponnekkaasti vesirakennuksen laboratorion perustamiseksi. Laboratorio saatiin kuitenkin perustetuksi vasta vuonna 1970 Castrenin jo jäätyä eläkkeelle. Laboratoriotyöt monipuolistivat opetusta, joten opiskelu ei enää ollut pelkästään luennoilla istumista ja ohjelmatöiden tekemistä. Laboratorio mahdollisti myös kokeellisen tutkimuksen. Kun henkilökuntaa saatiin vähitellen lisää, alkoi ”ammatillinen korkeakoulu” kehittyä tekniikan yliopistoksi, jossa opetus pohjautuu merkittävilta osin omissa laboratoriossa tehtyyn tutkimukseen. Diplomityöt käsittelivät kuitenkin vielä 1960-luvulla pääsääntöisesti erilaisia suunnittelutehtäviä.

Yhteiskunnassa tapahtuneet muutokset kuten kaupungistuminen ja teollistuminen nostivat vesihuoltoteknisen

osaamisen tarvetta 1950-luvulla ja erityisesti 1960-luvulla. Samalla maatalouden vesirakennustehtävien tarve alkoi vähetä. TKK vastasi tähän kehitykseen lakkauttamalla maatalouden vesirakennuksen opintosuunnan ja remontoimalla vesitekniikan opetuksen vuonna 1967. Vesihuoltotekniikkaan perustettiin professuuri, johon nimitettiin tekniikan tohtori Eero Kajosaari. Hän kehitti suomalaisen vesihuoltotekniikan koulutuksen yliopistotasoiseksi. Samassa yhteydessä maatalouden vesirakennuksen professuuri muutettiin saksalaisen mallin mukaisesti vesitalouden professuuriksi. Maankuivatus ja kastelu olivat toki edelleen opetuksen tärkeitä osia, mutta opetusta laajennettiin ottamalla mukaan entistä monipuolisemmin vesiteknisistä hankkeista aiheutuvien vaikutusten arviointi sekä vesitaloudellinen yleissuunnittelu.

Pentti Kaitera oli monitoiminen professori. Hänen elämäntyönsä muistomerkeistä merkittävin on vuonna 1958 perustettu Oulun yliopisto, jonka suunnitteluun ja käynnistämiseen hän käytti kuusitoista vuotta. Kaitera korosti erityisesti rakennusinsinöörikoulutuksen tärkeyttä Pohjois-Suomen kehittämisessä. Rakentamistekniikan osasto perustettiin, ja sen ensimmäiseksi vesirakennuksen professoriksi nimitettiin TKK:ssa oppinsa saanut tekniikan tohtori Matti Wäre.

Oulun yliopiston toteuduttua Kaitera suuntasi toimintaa kehitysmaakysymyksiin. Hänen ensimmäinen, vuonna 1963 tapahtunut matkansa suuntautui Tansaniaan, jossa hän neuvotteli vesitalouteen liittyvistä ongelmista muun muassa presidentti Nyereren kanssa. Seurauksena näistä matkoista oli, että hän otti opetukseensa mukaan myös kehitysmaiden vesiasioita.

TKK:n vesitekniikan opiskelijat saivat myös henkilökohtaisen kosketuksen afrikkalaisiin opiskelijoihin 1970-luvun alussa, kun Kaiteran aloitteesta, professori Kajosaaren johdolla ja ulkoasiainministeriön rahoituksella järjestettiin kymmenelle afrikkalaiselle opiskelijalle diplomi-insinöörin koulutus Otaniemessä. Tämä kurssi siirtyi sittemmin Tampereen teknillisen korkeakoulun hoidettavaksi. Tampereellehan oli perustettu TKK:n sivukorkeakou-

lu vuonna 1965 ja siellä ensimmäisenä vesihuoltotekniikan professorina toimi tekniikan tohtori Matti Viitasaari.

Erikoistumisen aika

TKK:ssa siirryttiin 1970-luvun alussa professorikohtaisiin pääaineisiin. Aiemmin tavoitteena oli kouluttaa diplomi-insinöörejä, jotka pystyivät sijoittumaan mihin tahansa vesitekniikan alan tehtävään. Nyt koulutuksella haluttiin tähdätä tietyn vesitekniikan alan specialistien kouluttamiseen. Valmistuneet diplomi-insinöörit katsoivat siten olevansa joko vesihuoltotekniikan, vesitalouden tai vesirakennuksen insinöörejä. Pidemmälle ulottuva erikoistuminen tarkoitti opiskelun laajalaisuuden vähenemistä.

Tältä ajalta voidaan poimia muun muassa seuraavia tapahtumia:

Harri Sistosen ollessa vesirakennuksen professori vuosina 1972-86 vesirakennuksen laboratoriossa tehtiin runsaasti pienoismallitutkimuksia, joista suurin osa oli tilaustutkimuksia. Yksi merkittävimmistä oli Englannin etelärannikolla sijaitsevan Ramsgaten sataman laaja tutkimus.

Tekniikan tohtori Jussi Hooli nimitettiin vesitalouden professoriksi vuonna 1975. Hän toimi virassa vuoteen 1982 asti. Näitä vuosia leimaa laboratorion kokeellisen tutkimustoiminnan laajeneminen Siuntionjoen valuma-alueelle ja matemaattisen mallintamisen tuleminen osaksi tutkimustoimintaa ja opetuksen sisältöä. Erityisesti on syytä mainita maa- ja metsätalouden vesistökuormitusta käsittelevän tutkimuksen aloittaminen.

Vesihuoltotekniikka sai oman laboratorionsa TKK:lla vasta vuonna 1988. Vaikka omaa laboratoriota ei ollut, voitiin kokeellista tutkimusta suorittaa Suomenojan ja Savonlinnan jätevesilaitoksilla jo tätä aiemmin. Lisäksi on mainittava tuloksellinen Valtakunnallinen hulevesitutkimus, jota vesihuoltotekniikan laboratorio koordinoi 1980-luvun alussa.

Entä nyt

Vuoden 1982 alusta lähtien on vastuu vesitalouden opetuksesta ja tutkimuksesta ollut tämän artikkelin kirjoittajalla. 1990-luvun alussa vesitalouden ja vesirakennuksen professuurit yhdis-

tettiin ja toiseksi professoriksi nimitettiin vuonna 1994 tekniikan tohtori Tuomo Karvonen. Tekniikan tohtori Risto Laukkanen toimi vesihuoltotekniikan professorina vuodet 1993-2000. Häntä tehtävässä seurasi tekniikan tohtori Heikki Kiuru, joka jäi eläkkeelle vuonna 2007. Tekniikan tohtori Riku Vahala aloitti työnsä vesihuoltotekniikan professorina tämän vuoden alussa. Vesihuoltotekniikan laboratorio vastaa myös jätehuollon tutkimuksesta ja opetuksesta. Tämän alan ensimmäiseksi professoriksi nimitettiin viime vuoden syksyllä tekniikan tohtori Juha Kaila.

Vesitekniikka sai yhteisen uuden vesilaboratorion vuonna 2002. Fyysiset puitteet tutkimuksen tekemiseen ovat tätä nykyä moitteettomat.

Talousvesitutkimuksessa painopisteet ovat olleet aktiivihiihtisuodatuksessa ja nanosuodatuksessa. Jätevesien osalta on tutkimus keskittynyt jätevesien biologiseen käsittelyyn. Viime vuosina on erityisesti selvitetty ravinteiden biologisen poiston ja jätevesivirtaaman tasaimisen mahdollisuuksia paremman puhdistustuloksen saamiseksi. Parhaillaan on myös käynnissä vesihuoltoverkosto- ja käsittelevä tutkimusprojekti.

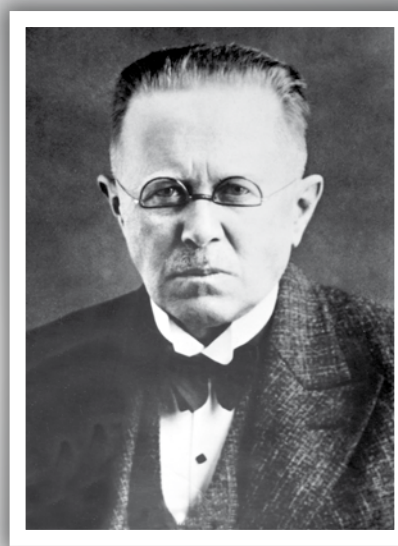
Vesitalouden ja vesirakennuksen tutkimuksessa voidaan erottaa kolme pääaihepiiriä: ihmisen toiminnan vaikutus veden kiertokulkuun, luonnonmukainen vesirakennus ja kehitysmaiden vesiasioihin keskittyvä tutkimuskokonaisuus "Vesi ja kehitys". Viimeksi mainittua laajaa hanketta johtaa dosentti Olli Varis, joka myös vastaa koko korkeakoululle suunnatusta "Sustainable Global Technologies" -opetuspaketista. Laboratorion tutkimukselle on luonteenomaista laaja kokeellinen toiminta ja edistysellinen matemaattinen mallintaminen.

Opetuksessa siirryttiin vuonna 2005 ns. Bolognan julistuksen mukaiseen tutkintorakenteeseen. Erikoistumista on vähennetty ja professuurikohtaiset pääaineet on korvattu yhdellä vesitekniikan pääaineella. Opetuksen suuntaamisessa lähdetään edelleen tavoitteesta, että valmistuneet insinöörit osaavat suunnitella ja toteuttaa hankkeita. He tietävät, miten asiat tulee tehdä, heillä on ongelmien ratkaisemiseksi tarpeellinen tietotaito. Aiempaa painokkaammin pyritään

TKK:n vesitekniikan professorit 1908-2008



Axel Juselius.



I.A. Hallakorpi.

Vesirakennus

(Vesirakennus ja perusrakennus)

Axel Juselius	1908-35
H.P.O. Solitander	1938-59
Viljo Castren	1959-68
Harri Sistonen	1972-86

Vesitalous

(Maanviljelystekniikka, maatalouden vesirakennus)

I.A. Hallakorpi	1925-40
Pentti Kaitera	1942-72
Jussi Hooli	1975-81
Pertti Vakkilainen	1983-

Vesitalous ja vesirakennus

Tuomo Karvonen 1994-

Vesihuoltotekniikka

Eero Kajosaari	1969-93
Risto Laukkanen	1993-00
Heikki Kiuru	2002-07
Riku Vahala	2008-

kuitenkin vastaamaan kysymykseen, miksi vesien kanssa toimitaan niin kuin toimitaan. ”Know-how’n” ohella myös ”know-why” on siis tärkeää. Vesien ja ihmisen kohtaaminen ja tästä kohtamisesta vesiin ja yhteiskuntaan suuntautuvien erityyppisten vaikutusten arviointi on keskeisiä opetuksen ja tutkimuksen painopistealueita.

Erityistä huomiota kiinnitetään siihen, että opiskelijat ymmärtäisivät vesiin liittyviä luonnontieteellisiä ilmiöitä. Opiskelun apuvälineinä ovat nykyään tietokoneet, jotka mahdollistavat ongelmien ratkaisut tavalla, josta puoli vuosisataa sitten voitiin vain haaveilla.

Olemmeko saaneet jotain aikaan? Millä tasolla nykyään liikumme?

Vastausta voi muun muassa hakea vuosi sitten suoritetusta kansainvälisen professoriryhmän tekemästä yksityiskohtaisesta arviosta. Sen mukaan opetusme on sisällöltään ja toteutukseltaan hyvää ja jopa erinomaista kansainvälistä tasoa. Suuri osa tutkimustoimintaamme sai arvioitsijoilta korkeimman mahdollisen arvosanan.

Vesitekniikan tohtorintutkintoja on sadan toimintavuotemme aikana suori-

tettu 38. Tämä määrä on hiukan yli neljänneksen kaikista rakennus- ja ympäristötekniikan osaston tohtorintutkinnoista. Viimeisen kymmenen vuoden aikana vesitekniikan suhteellinen tulos on ollut tätäkin parempi. Tohtoreita on tullut yhteensä 15, noin kolmasosa osaston tuottamien tohtoreiden kokonaismäärästä.

Toisilla sanoilla lausuttuna opetuksella on vahva tieteellinen perusta. Laboratorioiden oma kokeellinen ja teoreettinen tutkimustoiminta tarjoaa tähän hyvät lähtökohdat. ◆

VESIJALANJÄLKI

- MITTARI TODELLISELLE VEDENTARPEELLEMME



LAURA KUISMIN
tekn.yo, TKK
E-mail: laura.kuusmin@tkk.fi
Kirjoittaja on toiminut ammattinekerho Akvan tiedottajana sekä Akvan ja TKK:n Vesi ja kehitys -tutkimusryhmän toteuttaman Vesijalanjälki -projektin koordinaattorina.



ELINA HEIKINHEIMO
tekn.yo, TKK
Kirjoittaja on Akvan sihteeri ja ollut aktiivisesti mukana Vesijalanjälki -työryhmässä.



MARKO KESKINEN
tutkija, TKK:n Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä



MATTI KUMMU
tutkija, TKK:n Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä

Juot päivittäin noin kaksi litraa vettä. Talousvettä käytät suunnilleen 150 litraa joka päivä. Kumpikaan luku ei kuitenkaan kuvaa todellista vedentarvetta, joka on tuhansia litroja. Kun otamme huomioon tavaroitten ja ruoan tuotantoon käytetyn veden, suomalaiset käyttävät keskimäärin 4 700 litraa vettä päivässä. Vesijalanjälki ja piilovesi tarjoavat oivan mittarin tarkastella todellisen vedenkäyttömme määrää.

Maailman väestö kasvaa, vaurastuu ja kuluttaa enemmän. Ilmastomuutos, aavikoituminen ja maaperän köyhtyminen huonontavat viljelyolosuhteita. Biopolttoaineiden lisääntynyt viljely vie tilaa ruoalta ja rehulta. Vesivoiman rakentaminen tarjoaa vaihtoehtoisen energiantuotannon muodon, mutta samalla se on haitallista esimerkiksi kalastolle. Kaikissa näissä muutoksissa vesi on keskeinen tekijä. Veden puute tulee koskettamaan meitä kaikkia – suoraan tai välillisesti. Sen vuoksi on tärkeä tiedostaa, miten raaka-aineiden, ruoan ja hyödykkeiden tuotanto eri puolilla maailmaa vaikuttaa veden käyttöön ja sen riittävyyteen.

Kaikista maailman vesivaroista vain noin prosentti on juomavedek-

si ja viljelyyn sopivaa makeaa vettä. Käyttökelpoinen vesi ei kuitenkaan ole jakautunut maantieteellisesti tasaisesti. Jos nykyiset kulutus-, viljely- ja maankäyttötrendit eivät muutu, yhä suurempi osa ihmiskunnasta joutuu kohtaamaan vakavan vesipulan. On arvioitu, että jos kaikki maailman ihmiset omaksuisivat länsimaisen ruokavalion, vedentarve kasvaisi jopa 75 prosenttia (Renault & Wallender 2000). Siihen ei vettä riitä.

Vesijalanjälki kertoo todellisen vedenkulutuksemme

Ekologinen jalanjälki on nykyään melko hyvin tunnettu ja yleisesti käytetty käsite. Ekologinen jalanjälki havainnollistaa, kuinka paljon maa- ja vesialaa tarvitaan palveluiden ja kulutustavaroitten tuottamiseen sekä niiden ai-

heuttamien jätteiden ja päästöjen käsittelyyn. Vesijalanjälki puolestaan ilmaisee, kuinka paljon ja millä eri tavoilla yksilö tai yhteisö käyttää vesivaroja. Vesijalanjälki voidaan laskea mille tahansa yksikölle, jonka piilovettä sisältävien hyödykkeiden kulutus voidaan selkeästi määritellä.

Vesijalanjälki-käsitteen luoja ovat Arjen Hoekstra ja A.K. Chapagain, jotka julkaisivat tutkimuksen ”Water footprints of Nations” vuonna 2004. Tutkimuksessa laskettiin maailman tärkeimpien viljelykasvien ja karjan sekä niiden jatkojalostustuotteiden vaatimat kokonaisvesimäärät. Lisäksi tutkimuksessa arvioitiin teollisuustuotteiden valmistuksessa kulutetun veden määrä. Tuotanto- ja kauppatilastojen avulla laskettiin vesijalanjälki valtioit-

tain. Yksittäisen valtion vesijalanjäljen suuruuteen vaikuttavat ennen kaikkea ilmasto, käytetyt viljelytekniikat, bruttokansantuote ja kulutustottumukset. (Taulukko 1)

Piilovedellä, joka tunnetaan myös termillä virtuaalivesi (*virtual water*), tarkoitetaan hyödykkeen tuottamiseen tarvittua kokonaisvesimäärää. Se sisältää tuotteesta riippuen viljelyn, jatkojalostuksen, teollisen prosessoinnin ja muun valmistuksen vaatiman vesimäärän. Esimerkiksi yhden leivänviipaaleen vaatima kokonaisvesimäärä on arviolta 40 litraa ja juustoviipaleen valmistus vaatii puolestaan noin 50 litraa vettä (kummatkin globaaleja keskiarvoja; Chapagain and Hoekstra 2004). Taulukossa 2 esitetään joidenkin yleisten tuotteiden piilovesimääriä. Piilovesi-käsitteen kehitti Allan (1998), joka 1990-luvun alussa tutki Lähi-idän vesiongelmaa ja päätyi esittämään ratkaisuksi piiloveden tuontia eli ruoan ja muiden vettä vaativien hyödykkeiden tuontia alueilta, joilla vettä riittää paremmin.

Piiloveden laskenta

Maataloustuotteiden piilovesi lasketaan FAO:n (*Food and Agriculture Organisation of the United Nations*) kehittämän metodin mukaan. Kunkin kasvin vaatima piilovesimäärä on laskettu arvioimalla kasvin evapotranspiraatioon tarvitsema vesimäärä istutuksesta sadonkorjuuseen. Erilaiset ilmasto-olosuhteet otetaan arvioissa myös huomioon. Chapagainin ja Hoekstran (2004) tutkimuksessa on mukana 164 eri viljelykasvia, joiden vaatima vesimäärä on määritetty jokaiselle maalle erikseen. Laskennassa ei ole otettu huomioon tilanteita, joissa optimaalista vesimäärää ei ole saatavilla, mutta kasvua tapahtuu kuitenkin. Myöskään kasteluhäviöitä ei ole huomioitu. Riisi on eniten maailmassa viljelty ja eniten vettä vaativa tuote, sen viljelyyn kuluu noin 21 prosenttia kaikesta viljelyyn käytetystä vedestä. Kun suomalainen kuluttaja ostaa kilon riisiä lähimarketista, niin samalla hän kuluttaa keskimäärin 3 300 litraa vettä toisella puolella maapalloa. Eri maissa tuotettu riisi kuluttaa kuitenkin varsin erilaisen määrän vettä kuten kuvassa 1 on esitetty. Suomeen tuodaan riisiä eniten Espanjasta ja Italiasta.

Taulukko 1. Eri maiden vesijalanjälkiä. (lähde: Chapagain & Hoekstra 2004).

	Vesijalanjälki m ³ /henkilö/ vuosi	Ulkomaisen veden osuus %
USA	2 483	19
Senegal	1 931	17
Venäjä	1 858	16
Suomi	1 727	41
Iso-Britannia	1 245	70
Japani	1 153	64
Kiina	702	7
Etiopia	675	1
Globaali ka.	1 243	

Karjataloustuotteiden piilovesimäärästä suurin osa muodostuu rehun viljelyssä. Lisäksi eläinten hoitaminen sekä jatkojalostusprosessit vaativat vettä. Kasvien ja karjan jatkojalostustuotteiden piilovesimäärät arvioidaan niiden tuote/raaka-aine -suhteen sekä tuotteen arvo/raaka-aineen arvo - suhteen avulla.

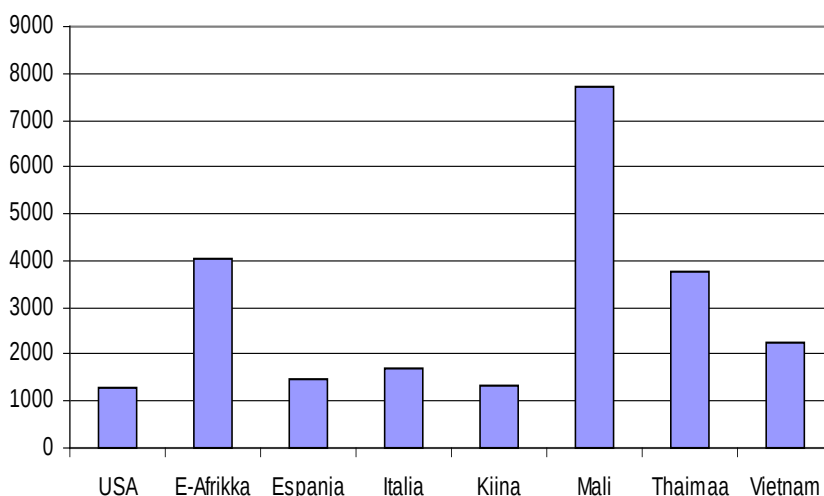
Teollisuustuotteiden piilovesimääriä ei ole laskettu tuotteittain, koska tuotantoprosesseissa, materiaaleissa ja asiaan liittyvien tilastotietojen saatavuudessa on niin paljon vaihtelua. Teollisuustuotteiden piilovesimääriä on kuitenkin arvioitu maakohtaisesti jakamalla teollisuuden kuluttama vesimäärä teollisuuden tuottamalla voitolla. Näin saadaan teollisuustuotteiden arvioitu piilovesimäärä rahayksikköä kohden.

Taulukko 2. Eri tuotteiden piilovesimääriä (lähde: Chapagain & Hoekstra 2004).

Piilovesimääriä, globaali keskiarvo	
Kupillinen kahvia (1,25 dl)	240 l
Kupillinen teetä (2,5 dl)	35 l
Kengät, naudannahkaa	8 000 l
T-paita, puuvillaa	2 000 l
Omena (1 kg)	700 l
Appelsiini (1 kg)	500 l
Naudanliha (1 kg)	16 000 l
Sianliha (1 kg)	4 800 l
Siipikarjanliha (1 kg)	3 900 l
Soijapapu (1 kg)	1 800 l

Veden eri alkuperät – sininen, vihreä ja harmaa vesi

Sinisellä vedellä tarkoitetaan makeita pinta- ja pohjavesiä. Ne ovat kohtuullisen helposti ihmisen arvioitavissa ja hallittavissa ja niiden ylikäytöllä voi olla hyvinkin vakavat paikalliset seuraukset. Kastelussa käytetään sinistä vettä. Tällä hetkellä viljelyssä maa-alasta noin 15 prosenttia on kasteltua. Kasteltu maa-ala on tuottoisampaa kuin sateen varassa oleva; se tuottaa 40 prosenttia kaikesta sadosta. Kasteluun käytetty vesi muodostaa jopa 70 prosenttia ihmiskunnan kaikesta sinisen veden käytöstä; kehitysmaissa tämä osuus on usein vieläpä huomattavasti suurempi.



Kuva 1. Riisin piilovesimäärien vertailua maittain, m³/t (lähde: Chapagain & Hoekstra 2004).

Vihreällä vedellä tarkoitetaan maaperässä olevaa vettä, joka haihtuu takaisin ilmakehään suoraan kasvien kautta. Sadannasta vain noin 40 prosenttia päätyy pohja- tai pintavedeksi. Suurin osa siitä jää maaperään sitoutuneeksi kosteudeksi. Vihreän veden määriä on vaikeaa mitata, eikä sen hallitseminen ole lainkaan niin helppoa kuin sinisen veden. On kuitenkin varmaa, että suurin osa maailman viljelystä tapahtuu vihreän veden avulla, ja viime aikoina onkin kiinnitetty yhä enemmän huomiota tämän ei-kastellun, sateesta riippuvaisen maatalouden tehostamiseen. (IWMI, 2007)

Harmaa vesi on saastunutta vettä. Ihmisen toimintaan otettu vesi voi palata nopeastikin takaisin hydrologiseen kiertoon, mutta se voi olla saastunutta tai laadultaan huonontunutta. Harmaaksi vedeksi lasketaan se vesimäärä, joka kuluu veteen joutuneiden haitta-ainepitoisuuksien laimenemiseen hyväksytylle tasolle.

Tuotteiden piilovesimääriä tarkasteltaessa tulee ottaa varsinaisen vesimäärän lisäksi huomioon myös piiloveden alkuperä, eli ne olosuhteet, joissa vaikkapa viljely tapahtuu. Yhdysvalloissa keinokastellun riisin piilovesimäärä on keskimäärin 1 275 m³/t, thaimaalaisen 3 780 m³/t (Kuva 1). Kuitenkin Yhdysvalloissa riisiä kasvatetaan kuivuuden kanssa taistelevissa osavaltioissa, kun taas Thaimaassa riisiä voidaan kasvattaa luonnollisen vedenkierron avulla.

Karjatalouden vedenkulutus kasvussa

Karjatalouden osuus erityisesti länsimaisesta vesijalanjäljestä on huikea. Tällä hetkellä karjatalouteen käytetään kahdeksan prosenttia kaikesta ihmiskunnan käyttöön otetusta vedestä. Suurin osa tästä vedestä menee rehuviljan kasvatukseen. (FAO 2006)

FAO:n (2006) mukaan liha- ja maitotuotteiden kulutus kasvaa kaikkialla. Ihmisten keskimääräinen elintaso on nousussa, eikä väestönkasvu näytä hidastuvan vielä vähään aikaan. Samaan aikaan ihmisten kulutus- ja ruokailutottumukset muuttuvat, ja liha- ja maitotuotteiden käyttö lisääntyy; huiminta kasvu on kehittyvissä maissa. Sekä



Kuva 2. Riisin viljelyä Kambodžassa (Kuva: Marko Keskinen).

maailman lihan- että maidontuotannon on arvioitu noin kaksinkertaistuvan vuosituhannen vaihteesta vuoteen 2050 mennessä: lihantuotanto kasvaa 229 miljoonasta tonnista yli 550 miljoonaan tonniin ja maidontuotanto 580 miljoonasta tonnista yli 1 000 miljoonaan tonniin.

Lihan- ja maidontuotantoon kasvatetut eläimet muodostavat tällä hetkellä 20 prosenttia maailman eläinten biomassasta. Rehuntuotanto, laiduntaminen ja karjanhoito vaikuttavat monilla tavoin ympäristöön. Alueiden ekosysteemi ja vesitalous muuttuvat, kun metsiä kaadetaan peltojen ja laidunten tieltä. Eläinten lanta ja rehun viljelyyn käytetyt ravinteet aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä. Eläimille syötetyt antibiootit ja hormonit päätyvät nekin osittain vedenkiertoon.

tetyt ravinteet aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä. Eläimille syötetyt antibiootit ja hormonit päätyvät nekin osittain vedenkiertoon.

Suomalaisen vesijalanjälki

Hoekstran ja Chapagainin (2004) laskemana suomalaisen keskimääräinen vesijalanjälki on 1 727 m³ vuodessa eli noin 4 700 litraa päivässä (voit laskea oman vesijalanjälkesi projektin yhteydessä tehdyiltä nettisivuilta: www.vesijalanjalki.org). Tästä vesijalanjäljestä keskimäärin kolme prosenttia on talousvettä, 72 prosenttia tulee maataloustuotteista ja loput 25 prosenttia teollisuustuotteista. Vaikka Suomi on yksi

Näkymättömät vedet

Piilovesi tai virtuaalivesi on tuotteen kasvatuksen, tuotannon ja jalostuksen aikana kulutettu kokonaisvesimäärä. Piiloveden määrä riippuu itse tuotteen lisäksi maantieteellisistä olosuhteista sekä tuotantotekniikoista.

Vesijalanjäljellä tarkoitetaan valtioiden tai ihmisten kaiken kulutuksen vaatimaa vesimäärää. Käsite on verrannollinen ekologiseen jalanjälkeen. Se tarkoittaa siis talousvettä ja kaikkien kulutettujen tuotteiden vaatimaa piilovettä.

Vesijalanjälkilaskurin avulla voit laskea oman vedenkulutuksesi ja sen koostumisen; www.vesijalanjalki.org

maailman vesirikkaimmista valtioista, noin 41 prosenttia vesijalanjäljestämme muodostuu Suomen rajojen ulkopuolella. Suomessa syödyn ruoan piilovedestä vain noin 39 prosenttia on kotimaista. Keskivertosuomalaisen vesijalanjäljestä suurimman osan muodostavat liha, kahvi ja teollisuustuotteisiin kulunut vesi. Lihasta suurin osa on kotimaista alkuperää, samoin kuin kotimaisen karjan rehu. Suurimmat lihaa Suomeen tuovat maat ovat Tanska, Saksa, Ruotsi ja Brasilia. Rehujen ulkomaiset ainekset tulevat lähinnä Yhdysvalloista ja Ruotsista.

Kovin tarkasti piilovesivirtojemme alkuperää ei ole tämän projektin puitteissa selvitetty, sillä tavoitteena oli havainnollistaa ennen kaikkea sitä kuinka monilla eri tavoilla ja monissa eri muodoissa oikeastaan kulutamme vettä. Tuotantoketjujen pituuden vuoksi monien yleisesti kuluttamiemme ruoka-aineiden alkuperämaita on vaikeaa ja joissakin tapauksissa mahdollista selvittää. Tilanne myös vaihtelee vuosittaisesta tarjonnasta riippuen. Yksityiskohtaisempi tutkimus on kuitenkin mahdollista ja tulee toivottavasti toteutumaan myöhemmin.

Piilovesi ratkaisuksi vedenpuutteesta kärsivälle maalle?

Puhuttaessa maailmaa uhkaavasta veden puutteesta ei siis tarkoiteta vain puula puhtaasta juomavedestä, vaan myös laajemmin ruoantuotantoon, teollisuuteen, tavaroiden valmistukseen,

energiantuotantoon ja vaikkapa kalastukseen tarvittavan veden puutteesta. Tulevaisuudessa näiden veden eri käyttömuotojen väliset ristiriidat tulevat todennäköisesti vain kasvamaan kulutustapojen muutoksen, kaupungistumisen ja muiden muutosvoimien myötä.

Esimerkkinä tällaisista muutosvoimista voidaan pitää ilmastomuutoksen torjumisen myötä yhä voimakkaampaa painotusta uusiutuviin energialähteisiin. Arviolta 96 prosenttia nykyisestä uusiutuvasta energiantuotannosta saadaan joko vesivoimalla tai bioenergiasta (Varis 2007); molemmat nämä energiantuotannon muodot ovat läheisesti kytköksissä vedenkäyttöön, ja niiden käyttämä (piilo)vesi on siis pois muista veden käyttömuodoista.

Maailmaa uhkaavaan vesipulaan on ehdotettu monenlaisia ratkaisuja. Maailmanlaajuisesti suurimman vedenkäyttäjän eli maanviljelyn osalta kehitettävää on vielä runsaasti. Saadun sadon ja kulutetun veden suhde on parantunut huomattavasti, mutta suhdetta tulisi edelleen parantaa. Yksi mahdollinen, joskaan ei varauksettomasti hyväksytty vaihtoehto on geenimuunneltujen lajikkeiden viljely. Tämän lisäksi kastelun tehokkuutta olisi kasvatettava vaihtoehtoisia ja vettä tehokkaammin käyttäviä menetelmiä kehittämällä ja käyttöön ottamalla. Viljelyä ei kuitenkaan tulisi tehostaa pelkästään sinisen veden avulla – myös vihreän veden käyttöä tulisi lisätä. Se vaatii paikallista ja alueellista maan- ja vedenkäytön kokonaisvaltaista hallintaa. (IWMI 2007)

Tekniset ratkaisut eivät kuitenkaan riitä maanviljelyn ja muiden käyttömuotojen vedenkäytön kehittämisessä. Monet näistä kysymyksistä ovat voimakkaasti poliittisia ja hallinnollisia, ja siksi myös veden hallinnon eri muotoihin tulisi kiinnittää riittävästi huomiota. Hyvä vesihallinto on erityisen tärkeää veden eri käyttömuotojen ristiriitojen selvittämisessä. Piilovesi on yksi käsite, jolla veden eri käyttömuotojen kulluttamia todellisia vesimääriä voidaan havainnollistaa ja vertailla.

Piilovesikauppaa on ehdotettu yhdeksi ratkaisuksi veden niukkuudesta kärsivien valtioiden vesiongelmien. Tällä tarkoitetaan, että nämä valtiot eivät pyrkisi täydelliseen omavaraisuuteen, vaan voisivat tuoda paljon vettä kuluttavat ruokatuotteensa alueilta, joissa niiden viljely on veden riittävyyden kannalta järkevämpää ja kannattavampaa. Globaalisti (piilo)vettä voidaan säästää keskittämällä viljely tai vaikkapa vedestä riippuvainen energiantuotanto alueille, joissa tuotto vesipisaraa kohden on parempi ja/tai vihreän veden osuus käytetystä vedestä on suurempi.

Kirjallisuus

- Allan, T. (1998). Virtual water: a strategic resource – Global solutions to regional deficits. *Ground Water* 36 (4): 545–546.
- Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2004) Water footprints of nations, *Value of Water Research Report Series No.16*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- FAO (2006). *Livestock's long shadow – environmental issues and options*. Publication of Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome, Italy.
- Zygmunt, J. (2007). *Hidden Waters, A Waterwise briefing on embedded water and water footprints*. A Waterwise Briefing. 35 p. Available online at <http://www.waterwise.org.uk>
- Varis, O. (2007). *Water Demands for Bioenergy Production*, *Water Resources Development*, 23 (3): 519–535.
- IWMI (2007). *Water for food, Water for life: A comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. IWMI Standalone Summary. Earthscan, UK.
- Renault, D. and Wallender W.W. (2000). "Nutritional Water productivity and Diets." *Agricultural Water Management*, vol. 45, pp. 275–296.

Vesijalanjälki -projekti kesällä 2007

Teknillisen korkeakoulun vesialan ammattiainekerho Akva ja TKK:n vesitalouden laboratorion alla toimiva Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä toteuttivat yhdessä Vesijalanjälki-projektin kesällä 2007. Projektin tavoitteena on kasvattaa yleistä tietoisuutta vedenkäytön eri muodoista sekä kertoa käsitteistä vesijalanjälki ja piilovesi. Projektin lähtökohtana ovat olleet Arjen Hoekstran johtama tutkimustyö ja siihen liittyvä sivusto www.waterfootprint.org. Kesän aikana luotiin suomalainen nettisivusto www.vesijalanjalki.org, jossa voi lukea lisää aiheesta ja laskea oman vesijalanjälkensä. Hanketta rahoittivat Maa- ja vesiteknikan tuki ry. sekä Teekkaritoiminnan edistämisrahasto.

GLBAALI HYDROLOGINEN MALLINNUS



ILONA BÄRLUND
Dr.-Ing.
E-mail: baerlund@usf.uni-kassel.de



LUCAS MENZEL
Dr.
E-mail: menzel@usf.uni-kassel.de



MARTINA FLÖRKE
Dr.-Ing.
E-mail: florke@usf.uni-kassel.de

Kirjoittajat ovat mallinnuksen, hydrologian ja vesitalouden asiantuntijoita ja työskentelevät Kasselin yliopistossa Saksassa (Center for Environmental Systems Research, CESR) SCENES-projektissa ja WaterGAP-mallin kehitystyössä.

Globaalin hydrologisen WaterGAP (Water – Global Assessment and Prognosis) –mallin avulla pyritään tunnistamaan alueita, jotka nyt ja tulevaisuudessa mahdollisesti kärsivät veden vähyydestä. Maailmanlaajuisesti vesistressin esiintymiseen vaikuttaa enemmän lisääntyvä vedenkäyttö kuin vähenevä veden saatavuus. Tulevaisuudessa globaalilla arviointimallilla voi olla kysyntää myös alueellisissa veden saatavuuteen ja käyttöön liittyvissä arvioissa.

Ihmissen vaikutus vesitalouteen on laaja. Esimerkiksi isoja, vähintään 15 metriä korkeita patoja on nykyään yli 45 000. Näiden patoama vesimäärä ylittää 6 400 km³ ja vastaa noin 15 prosenttia maanosien vuotuisesta valunnasta. Samaan aikaan maanviljelyyn käytetystä alueesta noin 20 prosenttia on kasteltua. Noin 70 prosenttia maailman vedenotosta tapahtuu kastelutarkoituksiin, ja kulutetusta vedestä 87 prosenttia on nimenomaan kytköksissä kasteluun. Kulutus sisältää veden, joka käytön jälkeen haihtuu eikä palaa suoraan terrestriseen vedenkiertoon. Monilla alueilla huomattavia määriä vettä myös siirretään valuma-alueelta toiselle. Lisäksi laajamittaiset maankäytön muutokset kuten kosteikkojen kuivattaminen ja metsänhakkuut vaikuttavat veden kiertoon. Myös ilmastomuutoksen kautta ihmisen arvioidaan nopeuttavan veden luontaista kiertokulkua.

Tästä (epätäydellisestä) listauksesta voidaan johtaa useita veteen liittyviä kysymyksiä:

- Mikä vesimäärä on tällä hetkellä käytettävissämme ja miten se on jakautunut ajallisesti ja paikallisesti maapallolla? Etusijalla tässä kysymyksessä on laajentaa globaalin vesitalouden tietämystä sekä vertailla eri laskentamenetelmien antamia tuloksia.
- Mikä on globaalien muutosten, kuten väestön kehityksen, maankäytön muutosten ja ilmastomuutoksen merkitys veden saatavuuteen ja vedenkäytön intensiteettiin?
- Millä alueilla esiintyy nyt tai on odotettavissa tulevaisuudessa vesivarojen kestäväntöntä käyttöä? Missä on odotettavissa lisääntyviä hydrologisia ääri-ilmiöitä? Miten yhteiskunnallista

sopeutumispotentiaalia voidaan kasvattaa näiden muuttuvien reunaehtojen suhteessa?

- Millä menetelmillä esimerkiksi biodiversiteetin ylläpitämiseen liittyvää akvaattisten ekosysteemien vedentarvetta voidaan arvioida?

Tämäntyyppisten kysymysten vastaamiseen käytetään nykyisin yhä enemmän globaalia hydrologista mallinnusta.

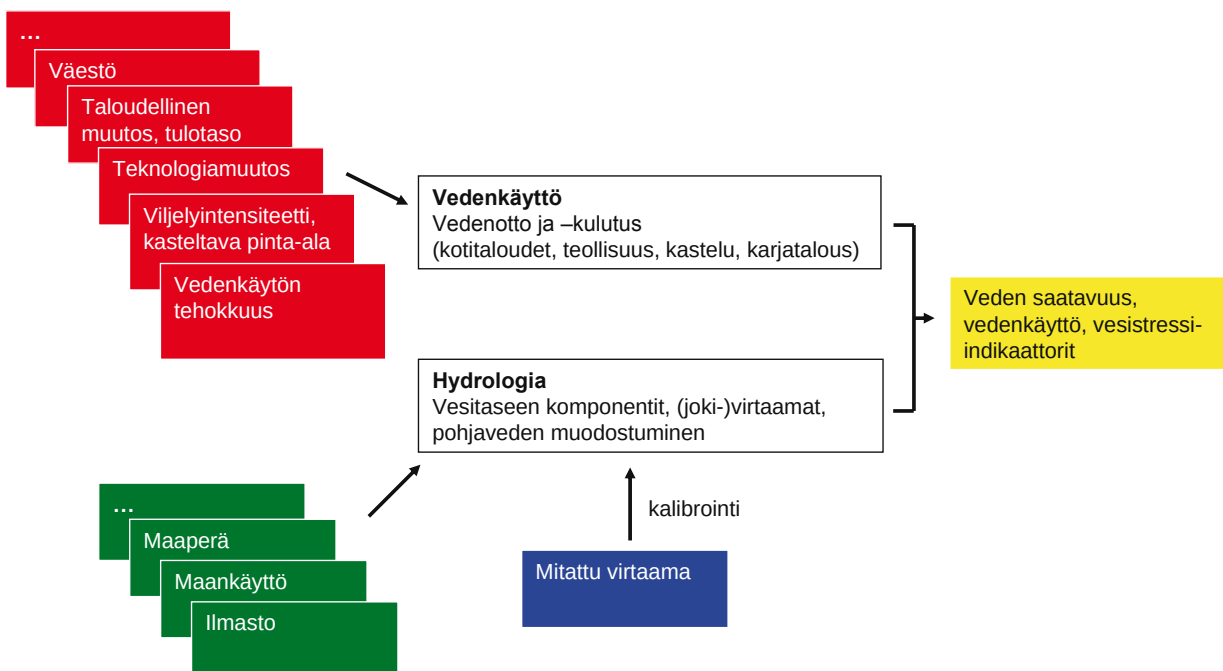
Työkalu globaaliin mallinnukseen – WaterGAP

Veden saatavuutta ja sen käyttöä laskeva WaterGAP-malli on kehitetty Kasselin yliopistossa Saksassa (Alcamo et al., 2003 a ja b; Döll et al., 2003). Mallin käyttämä 0,5° hila vastaa esimerkiksi Keski-Euroopassa noin 55 km x 35 km ruutua. Kaikkiaan WaterGAP -hila koostuu noin 67 000 ruudusta ja kattaa koko maapallon Etelämannerta lukuun ottamatta. Mallissa käytetty laskenta-askel on yksi päivä. WaterGAP koostuu kahdesta osasta (Kuva 1): globaali hydrologinen malli simuloi terrestristä hydrologista kiertokulkua ja globaali vedenkäyttömalli arvioi vedenottoa ja -kulutusta. WaterGAP:n sisältämän hydrologisen mallin päätarkoituksena on veden saatavuuden arviointi. Veden saatavuus on mallissa määriteltä joen kokonaisvirtaamaksi, joka koostuu pintavalunnasta ja pohjaveden muodostumisesta. Hilaruudun tuottama kokonaisvalunta koostuu maalta ja sisävesistä tapahtuvasta valunnasta. Se johdetaan pohjaveden, järvien, tekoaltaiden, kosteikkojen ja jokien muodostamien varastojen kautta virtaamasuuntakartan mukaisesti seuraavaan alapuoliseen hilaruutuun. Tavanomaisessa WaterGAP-simulaatiossa virtaama lasketaan noin 11 050 valuma-alueella, joiden koko

Syötemuuttujat

WaterGAP osamallit

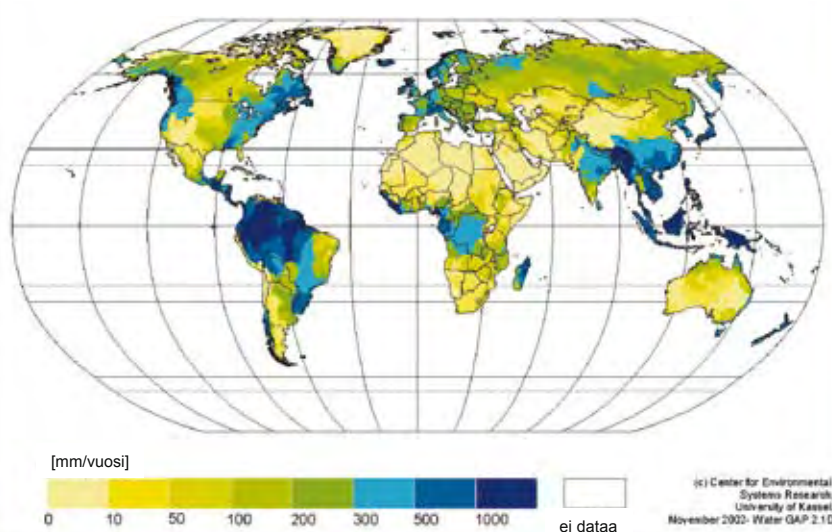
Tulokset (nykytila ja skenaariot)



Kuva 1. WaterGAP-mallin yleiskuva, syötemuuttujat ja mallin tulokset.

ylittää 9 000 km². Tyypillinen tapa arvioida nykytilannetta (ns. baseline-skenaario) on laskea 30 vuoden keskimääräinen veden saatavuus käyttäen vuosien 1961-1990 ilmastodataa (Kuva 2). Teoreettisesti tämä on se määrä vettä, joka on käytettävissä yhteiskunnan ja makeiden vesien ekosysteemien tarpeisiin, ja kuvastaa sadannan ja haihdunnan epätasaista alueellista jakautumista maapallolla.

Jokivirtaamiin ja järvien veden tilavuuteen vaikuttavat vedenotto ja palautusvesi. Vedenotto on se kokonaisvesimäärä, joka johdetaan pinta- ja pohjavesistä valuma-alueella antropogeeniseen käyttöön. Palautusvedeksi kutsutaan puolestaan sitä vettä, joka käytön jälkeen johdetaan takaisin valuma-alueen vesistöihin. WaterGAP-mallissa vedenotto jakaantuu viiteen sektoriin: kotitaloudet, sähköntuotanto, muu teollisuus, kastelu ja karjatalous (Kuva 1). Kuvaan on koottu myös keskeisiä sosioekonomisia ja teknisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat vedenottoon eli otettavan veden määrään ja oton tehokkuuteen. WaterGAP käyttää simuloinneissaan tietoa vedenkäyt-



Kuva 2. Globaali arvio keskimääräisestä veden saatavuudesta (mm) suurilla valuma-alueilla. Laskenta perustuu ilmastodatalle vuosilta 1961-1990. Maan rajat on esitetty mustilla viivoilla, valuma-alueet väreissä. Vierekkäiset valuma-alueet, joiden veden saatavuus on samassa luokassa (kts. legenda) eivät erotu toisistaan.

töön vaikuttavista tekijöistä yli 180 maasta. Kuten kaikkeen mallinnuksen myös WaterGAP-tuloksiin liittyy runsaasti epävarmuustekijöitä. Globaalissa mittakaavassa nimenomaan syöttötiedon laadun merkitys kasvaa.

Skenaariot kertovat mahdollisesta tulevaisuudesta

Mallien yhtenä tarkoituksena on kvantifioida erilaisten skenaarioiden hahmotamia mahdollisia tulevaisuudenkuvia. WaterGAP-mallia on käytetty muun

muassa Water and Climate (WatClim) ja Millennium Ecosystem Assessment (MA) skenaarioprojekteissa. WatClim-projektin tavoitteena oli nostaa yleistä tietoisuutta vesi- ja ilmastokysymyksistä, kehittää vesitalouspolitiikkaa sekä tuoda esille strategioita ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi vesivaroista vastaaville tahoille ja muille asianosaisille havainnollistettiin projektissa millaisia vaikutuksia ilmastomuutoksella voisi olla vesivaroille. WaterGAP-mallilla tarkasteltiin kansainvälisen ilmastopaneelin (IPCC) skenaarioita A2 ja B2 kasvihuonekaasujen päästöille sekä kahden ilmastomallin (ECHAM4/OPYC3 ja HadCM3) tuottamia ilmastoskenaarioita vuosille 2020, 2050 ja 2070. Kaikki skenaariolaskenta perustuu 30 vuoden keskimääräisiin tuloksiin ko. vuoden suhteen, eli esimerkiksi 2020 on käytännössä jakso 2005-2035. MA-projektin tavoitteena oli arvioida ekosysteemeissä tapahtuvien muutosten vaikutusta ihmisten hyvinvointiin sekä luoda tieteellinen pohja ekosysteemien kestävään hyödyntämiseen tähtääville toimenpiteille. Projektissa luotiin neljä skenaariota ajanjaksolle 2000-2050. Ne koskivat kasvintuotantoa, makeanveden resurssien tilaa, maan peittävyttä, kalansaaliita sekä muita keskeisiä ekosysteemi-indikaattoreita. Näistä Order from Strength (OS)-skenaario muistuttaa IPCC:n A2 skenaariota ja Techno Garden (TG)-skenaario puolestaan IPCC:n B-tyypin skenaarioita. Skenaarioiden yhteys WaterGAP-malliin luodaan mallin syötemuuttujien kuten ilmasto- ja sosioekonomisten muuttujien kautta.

Miten skenaariot sitten vaikuttavat mallinnukseen? Käytännössä monet muuttujat muuttuvat, esimerkinnomaisesti tässä vaikutus bruttokansantuotteeseen (BKT) ja vedenkäytön tehostumiseen (Taulukot 1 ja 2). Taulukon 1 BKT:n (per capita) arvot on aggregoitu globaalille tasolle, sillä WatClim- ja MA-projekteissa alueiden määrittely (esimerkiksi Länsi-Eurooppa) poikkeavat toisistaan. Skenaariosta riippuen keskimääräisen vuosittaisen BKT:n arvioidaan kasvavan 2-4 kertaiseksi vuoteen 2050 mennessä. Kasvu on korkeinta skenaariossa B2. On oletettavissa, että tulon kasvu johtaa vedenkulutuksen kasvuun useissa maailman osissa, kehittyneimpiä teollisuusmaita lukuun ottamatta. Teknologiset muutokset (Taulukko 2) perustuvat oletuksiin, jotka kehitettiin WatClim-skenaariota varten (Alcamo et al., 2007). Samanlaisia arvoja käytettiin MA-skenaarioissa: OS-skenaarioille käytettiin alhaisia muutosarvoja (oletuksena, et-

Taulukko 1. Vuotuisen bruttokansantuotoksen (BKT) per capita kehitys WatClim ja MA skenaarioiden mukaan. Arvot ovat prosentuaalisia muutoksia 1995 vertailu-arvoon 5102 US dollaria nähden. WatClim A2 arvot ovat vuosille 2025 ja 2055.

Ajanjakso / skenaario	WatClim		MA	
	A2	B2	OS	TG
2020	+59	+80	+41	+60
2050	+119	+297	+93	+232

Taulukko 2. Vedenkäytön tehokkuuden paranemisaste (% per vuosi) kolmelle vedenkäytön sektorille WaterGAP-mallissa. Arvot liittyvät WatClim -skenaarioon.

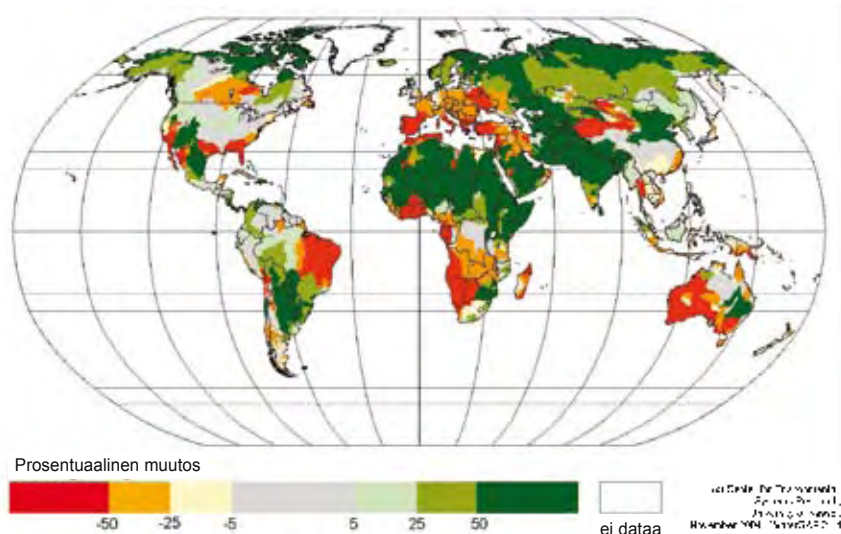
Ajanjakso / sektori	kotitaloudet	teollisuus	maatalous
1995-2005	2	2	0,3
2005-2025	1	1	0,3
2025-2075	1	1	0,15

naariossa B2. On oletettavissa, että tulon kasvu johtaa vedenkulutuksen kasvuun useissa maailman osissa, kehittyneimpiä teollisuusmaita lukuun ottamatta. Teknologiset muutokset (Taulukko 2) perustuvat oletuksiin, jotka kehitettiin WatClim-skenaariota varten (Alcamo et al., 2007). Samanlaisia arvoja käytettiin MA-skenaarioissa: OS-skenaarioille käytettiin alhaisia muutosarvoja (oletuksena, et-

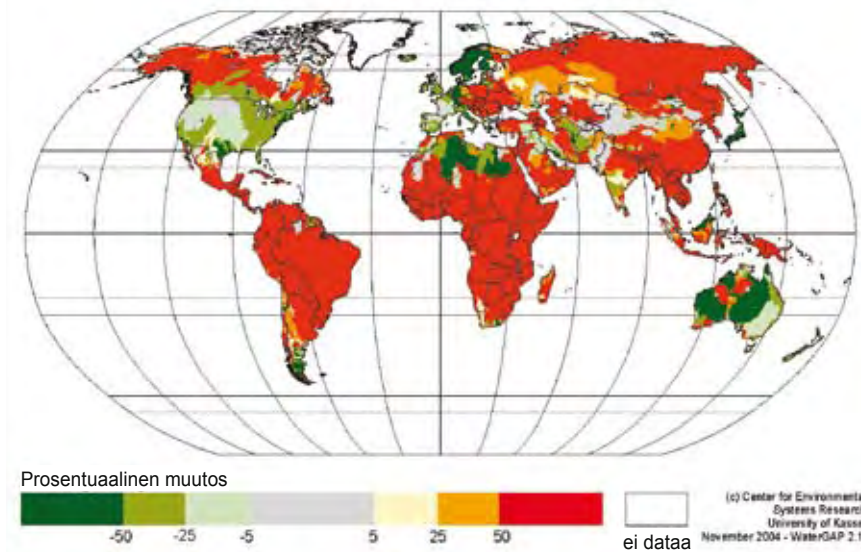
tä nykyinen teknologian kehitys tulee hidastumaan), kun taas TG-skenaarioille oletettiin korkeat muutosarvot.

Kasvava sadanta lisää veden saatavuutta, kasvava haihdunta vähentää

Erilaiset skenaariot osoittavat sadannan kasvavan ilmastomuutoksen johdosta yli puolella maapallon pinta-alasta, vaikka eri skenaarioiden ja globaalien



Kuva 3. Keskimääräisen vuosittaisen veden saatavuuden suhteellinen muutos (%) A2-skenaariossa 2050 ja ilmastonormaalien (1961-1990) välillä, ECHAM4/OPYC3-mallin mukainen ilmastomuutos ja WaterGAP simulaatio.

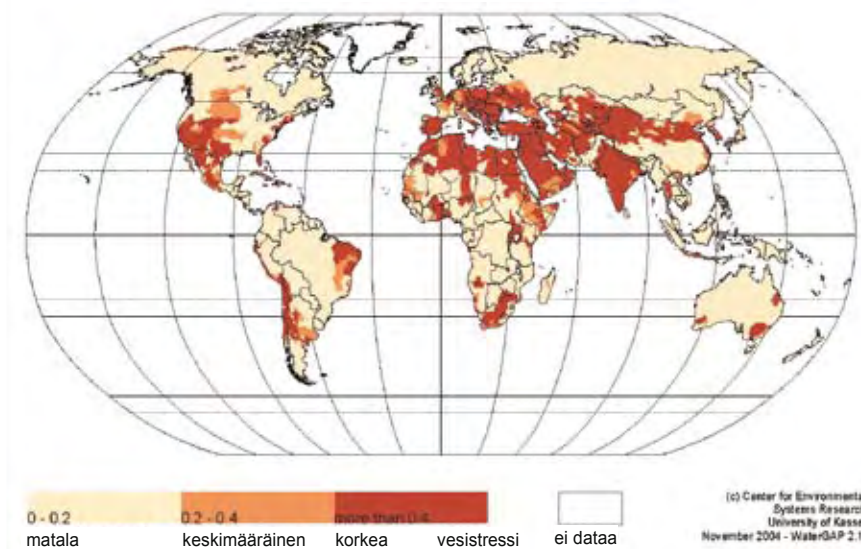


Kuva 4. Vuosittaisen veden oton suhteellinen muutos (%) B2-skenaariossa 2050 ja nykytilan välillä, ECHAM4/OPYC3-mallin mukainen ilmastomuutos ja WaterGAP simulaatio.

ilmastomallien välillä onkin eroja. Myös suurta sadannan vähenemistä on odotettavissa esimerkiksi Lähi-idässä ja eteläisessä Euroopassa. Teoreettisesti skenaarioiden kuvaama sadannan kasvu johtaisi kasvavaan veden saatavuuteen. Toisaalta skenaarioiden sisältämä 1,5-2,0°C lämpötilan kasvu vuosituhannen puoliväliin mennessä tulee lisäämään haihduntaa lähes kaikkialla.

WatClim-projektin A2-skenaa-

rioon pohjautuva WaterGAP-arvio näiden prosessien yhteisvaikutuksesta keskimääräiseen veden saatavuuteen näyttää saatavuuden suhteellista kasvua suurilla alueilla maailmassa (Kuva 3), joskin yli 50 prosentin vähenemää näkyy esimerkiksi eteläisessä Euroopassa, Lähi-idässä, eteläisessä Afrikassa ja Australiassa. On otettava huomioon, että voimakasta saatavuuden kasvua (tummanvihreä väri) esiin-



Kuva 5. Vesistressi kuvattuna w.t.a. suhteena A2-skenaariossa 2050, ECHAM4/OPYC3-mallin mukainen ilmastomuutos ja WaterGAP simulaatio.

tyy alueilla, jotka ovat nyt hyvin kivia, kuten pohjoinen Afrikka. Tällöin yli 50 prosentin suhteellinen kasvukin tarkoittaa hyvin pientä absoluuttista saatavuuden muutosta.

Väestön määrän ja talouden kasvu näkyy veden käytössä

Tarkasteltaessa WaterGAP-mallin antamaa arviota WatClim-projektin skenaariolle B2 (Kuva 4) vedenkäytössä näkyy arvioidun väestön ja talouden kasvun merkitys lisääntyvänä suhteellisenä vedenottona Saharan eteläpuoleisessa Afrikassa, Latinalaisessa Amerikassa ja suurilla alueilla Aasiassa. Tämän kasvun vaikutus häivyttää vedenkäytön tehostumisen aiheuttaman vedenoton vähenemisen lähes kaikkialla. Skenaarioiden mukaan yhä useampi kotitalous on tulevaisuudessa vesijohtoverkon ulottuvilla, mikä johtaa nimenomaan vedenkäytön kasvuun.

Vakavaa vesistressiä useilla alueilla maailmassa

Usein käytetty WaterGAP-indikaattori veden riittävyydelle on niin sanottu vesistressi, joka lasketaan vedenoton ja veden saatavuuden suhteena (withdrawals-to-availability ratio, w.t.a.). Kriittisenä kynnysarvona pidetään w.t.a. -arvoja yli 0,4. Tällöin valuma-alueilla veden vähyyden arvioidaan olevan jatkuva riski. Nykyään arvioidaan, että noin 22 prosenttia maailman valuma-alueista ylittää kriittisen w.t.a. -arvon. On ilmeistä, että tämä vesistressin riski tulee kasvamaan etenkin niillä alueilla, joilla vedenoton kasvu on suurta. WatClim-projektin skenaariossa A2 mukainen WaterGAP -tulos vuodelle 2050 (Kuva 5) osoittaa, että vakavaa vesistressiä esiintyy sekä pohjoisessa että eteläisessä Afrikassa, Lähi-idässä, keski- ja eteläisessä Aasiassa, Intiassa, Pohjois-Kiinassa sekä monin paikoin Amerikassa ja keski- ja eteläisessä Euroopassa. Alcamo et al. (2007) arvioi WatClim-skenaarioiden perusteella, että vuoteen 2050 mennessä 61-75 prosenttia globaalista maa-alueesta kokee vesistressiä. Tästä 87-90 prosenttia aiheutuu lisääntyvästä veden käytöstä ja vain 10-13 prosenttia vähenevästä veden saatavuudesta.

Globaalista alueelliseen: esimerkki Guadianalta

Moniin veden riittävyyteen liittyviin kysymyksiin etsitään vastausta myös alueellisella tasolla. Tällöin esimerkiksi skenaarioiden välisten erojen vaikutus mallinnettuihin muuttujiin saadaan selvemmin esille. Monissa EU-projekteissa (esim. NeWater ja SCENES) tutkittu Guadianan valuma-alue sijaitsee eteläisessä Espanjassa ja muodostaa osalla pituudestaan myös Espanjan ja Portugalin välisen rajan. Tällä hetkellä arviolta 1,7 miljoonaa ihmistä asuu Guadianan 67 500 km² suuruisella, veden vähyydestä kärsivällä valuma-alueella, jolla kasteltu maatalous on suurin veden kulluttaja. WaterGAP:n w.t.a.-indikaattorin mukaan Guadiana ja sen ympäristö ovat jo nyt vakavan vesistressin aluetta.

Skenaariot osoittavat sekä väestön vähenemistä (OS -29%, TG -18% ja B2 -12%) että lievää kasvua (B2 +6%) vuoteen 2050 mennessä. WaterGAP:lla mallinnettu veden saatavuus (Kuva 6) näyttää WatClim -skenaarioiden suhteen, mikä epävarmuus liittyy päästö- ja ilmastoskenaarioihin sekä käytettyihin globaaleihin ilmastomalleihin. Nykytilaan nähden skenaariot siis osoittavat sekä veden saatavuuden dramaattista vähenemistä (ECHAM4-A2) että lievää kasvua (HadCM3-B2). Vedenkäytön suhteen skenaarioiden muodostama kuva on yhtenäisempi.

Väestön väheneminen yhdessä parantuvan vedenkäytön tehokkuuden kanssa johtaisi vedenoton lievään pienenemiseen. OS-skenaario on tässä poikkeus, suurimmasta väestön pienenemisestä huolimatta tässä skenaariossa oletetaan kasteltavan peltopinta-alan kasvavan. Tämä yhdessä kuivemman ja lämpimämmän ilmaston kanssa johtaisi vedenkäytön suureen kasvuun vuoteen 2050 mennessä.

Jatkossa uusia skenaarioita Euroopalle

Globaalin mallinnuksen ohessa esimerkiksi monet EU-direktiivit ovat nostaneet esille tarpeen katsoa veden saatavuutta ja käyttöä sekä niistä johdettuja veden riittävyyden indikaattoreita myös alueellisella tasolla. SCENES-projektissa tavoitteena on luoda ensimmäistä kertaa nimenomaan eurooppalaisia vesiskenaarioita, joissa pyritään muun muassa tarkentamaan monia tässäkin artikkelissa esitetyistä olettamuksista, jotka liittyvät vedenkäyttöön ja vedenkäytön intensiteetin tehostumiseen. Näitä skenaarioita varten tullaan WaterGAP-mallia ja sen antamia tuloksia tarkastelemaan myös neljästä eurooppalaisesta alueellisesta näkökulmasta: Baltian alue, Tonavan alue, Välimeren alue sekä Mustanmeren alue. Globaalilla mallilla ei tietenkään koskaan päästä lähelle sitä tarkkuutta, jolla valuma-alue-

soisella mallilla voidaan työskennellä, mutta etuna on, että eri alueiden reaktiot samoihin mallin oletuksiin saadaan nopeasti näkyviin – WaterGAP olisi siis tässä yhteydessä eräänlainen kartoitustyökalu.

Kirjallisuus

WatClim – The Dialogue on Water and Climate:

<http://www.usf.uni-kassel.de/watclim/>

MA – Millennium Ecosystem Assessment:

<http://www.millenniumassessment.org>

NeWater – New Approaches to Adaptive Water Management under Uncertainty:

<http://www.newwater.info/everyone>

SCENES – Water Scenarios for Europe and for neighbouring States:

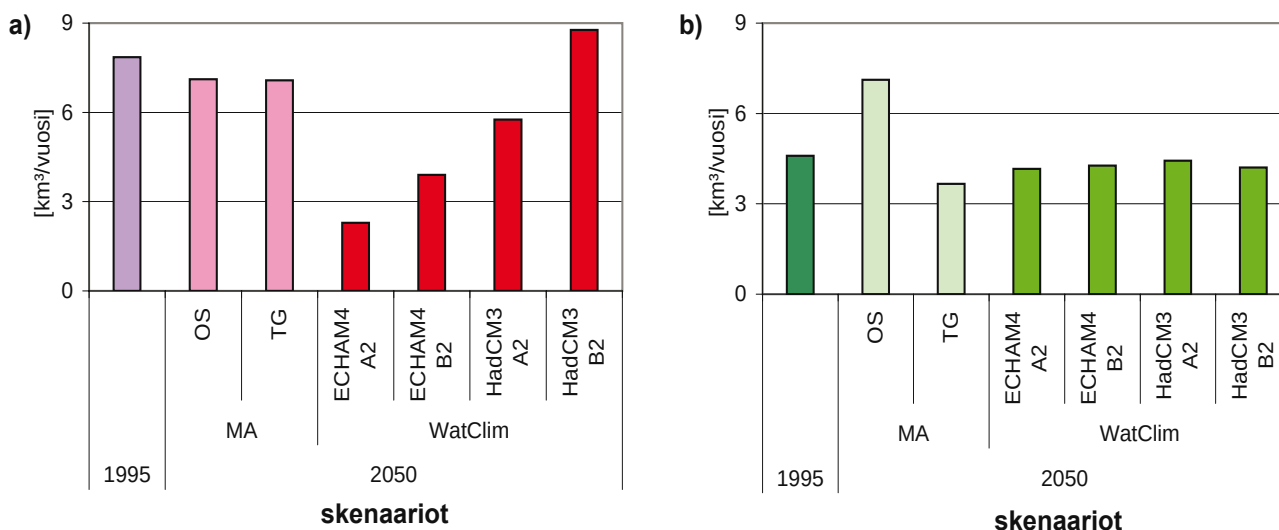
<http://www.ymparisto.fi/syke/scenes>

Alcamo, J., Döll, P., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., Rösch, T. & Siebert, S., 2003a. Development and testing of the WaterGAP2 global model of water use and availability. *Hydrol. Sci. J.* 48, 317-337.

Alcamo, J., Döll, P., Henrichs, T., Kaspar, F., Lehner, B., Rösch, T. & Siebert, S., 2003b. Global estimation of water withdrawals and availability under current and "business as usual" conditions. *Hydrol. Sci. J.* 48, 339-348.

Alcamo, J., Flörke, M. & Märker, M., 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climate changes. *Hydrol. Sci. J.* 52, 247-275.

Döll, P., Kaspar, F. & Lehner, B., 2003. A global hydrological model for deriving water availability indicators: model tuning and validation. *J. Hydrol.* 270, 105-134.



Kuva 6. Nykytilanne (1995) ja eri skenaarioiden mukainen arvio tulevaisuudesta (2050) keskimääräiselle vuosittaiselle veden saatavuudelle (a, km³) ja veden otolle (b, km³) Guadianan valuma-alueella.



LÄHI-ITÄ: TULENARKAA VETTÄ?

Lähi-idästä kuuluu levottomia uutisia lähes päivittäin. Vesi on alueella erittäin niukka luonnonvara. Maailmalla puhutaan yhä enemmän vesisodista. Onko siis Lähi-idässä käynnissä tai odotettavissa vesisotia? Saattaa ollakin, mutta keskeiset konfliktien aiheet ovat kyllä muualla. Vesisektori on joka tapauksessa suurten ja nopeasti kasvavien haasteiden kohteena Lähi-idässä ja Pohjois-Afrikassa.

OLLI VARIS

tekn.tri, dosentti

TKK vesitalouden ja vesirakennuksen laboratorio

E-mail: olli.varis@tkk.fi

Miltähän Lähi-itä ja Pohjois-Afrikka (MENA-alue) tulee näyttämään sukupolven - 25 vuoden - kuluttua? Sitä ei vielä kukaan tiedä, mutta ehkä asiaan tulee jotain osviittaa, kun katsotaan kuinka alue on kehittynyt viimeisen 25 vuoden kuluessa.

Vuonna 2005 maailmassa oli 60 prosenttia enemmän ihmisiä, 93 prosenttia enemmän kaupunkilaisia ja 36 prosenttia enemmän maalaisia kuin vuonna 1980. MENA-alueella kasvu on ollut vieläkin nopeampaa: väestö on kaksinkertaistunut ja kaupunkien väkimäärä kasvanut jopa 142 prosenttia (Kuva 1). Samassa ajassa talous on kasvanut globaalisti 3,2 -kertaiseksi ja MENA-alueella 2,2 -kertaiseksi. Henkeä kohti varallisuus on kasvanut koko maailmassa 146 prosenttia, mutta MENA-alueella vain 18 prosenttia. Samaan aikaan MENA-alueen ympäristöongelmat ovat kasvaneet erittäin nopeasti ja päästöt paljon nopeammin kuin maailmassa keskimäärin.

Kuvaan 2 on koottu eräitä keskeisiä kehitysindikaattoreita, joista käy selvästi ilmi, että MENA-maat eivät ole kyenneet pysymään maailman menossa mukana, vaan ovat jääneet sekä taloudellisessa että ympäristöllisessä kehityksessä jälkijunaan. Valitettavasti sama koskee myös koulutustasoa: alue on Saharan eteläpuolisen Afrikan ohella ainoa alue, jossa lukutaitoprosentti on laskenut vii-



Kuva 1. Jemenin pääkaupungin Sana'an idyllistä keskustaa. MENA-maiden kaupungistuminen on erittäin nopeaa ja monille ei tässä vauhdissa arki ole kuitenkaan kovin idyllinen. (Kuva: Olli Varis).

meisen sukupolven aikana. Muilla alueilla lukutaito on kasvanut kohtalaisen nopeasti kyseisen ajanjakson kuluessa. YK:n kehitysohjelma on kiinnittänyt erityishuomiota MENA-alueen inhimillisen kehityksen huonoon suuntaan vuosittaisissa aluetta analysoivissa raporteissaan (UNDP 2002-2007) ja pitää ongelmaa vakavana.

Tämä kehitys on tapahtunut siitä huolimatta, että alueella on kolme nel-

jännestä maailman tunnetuista öljyvannoista ja alue tuottaa reilun kolmanneksen maailmanmarkkinoille tulevasta raakaöljystä (IEA 2006).

Pahenevia noidankehiiä

MENA-alueella onkin rakentunut vähitellen hyvin hankala noidankehä, tai oikeastaan sarja noidankehiiä, jotka ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa (Kuva 3). Väestö kasvaa nopeasti mutta

talous polkee paikallaan. Koulutustaso jää myös nopeasti jälkeen siitä missä muualla kehittyvässä maailmassa mennään. Köyhyys lisääntyy eikä työpaikkoja ole läheskään riittävästi, koska investointeja tulee alueelle vain murto-osa siitä mitä talouden kukoistaminen vaatisi. Maaseutu työntää kouluttamatonta väestöä massoina kaupunkeihin ja heistä suurin osa päätyy harmaalle sektorille ja slummeihin (Kuva 4). Toivottomuus näkyy ääriliikkeiden suosiona ja väkivaltana.

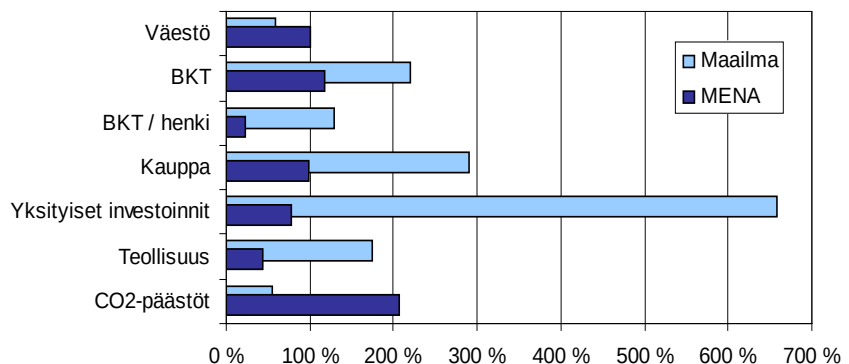
Mikä on vesisektorin rooli tässä noidankehävyhdessä? Alueella on perinteisesti panostettu maatalouden kastelujärjestelmiin ja alueen maat käyttävätkin vesistään 80-90 prosenttia maataloudessa. Bruttokansantuotetta maatalous tuottaa kuitenkin vain 5-20 prosenttia. Ristiriita on ilmeinen: alueella on niukasti vettä, mutta siitä huolimatta vettä käytetään taloudellisesti erittäin tuottamattomasti.

Koko MENA-alueella on tällä hetkellä noin 350 miljoonaa asukasta. YK:n väestöennusteiden mukaan vuonna 2030 määrä olisi 520 miljoonaa. 120 miljoonan ihmisen maalaisväestö ei kasvaisi, mutta kaupungeissa olisi sukupolven kuluttua 170 miljoonaa ihmistä lisää. Eli kaupunkien väkiluvun odotetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2030 mennessä.

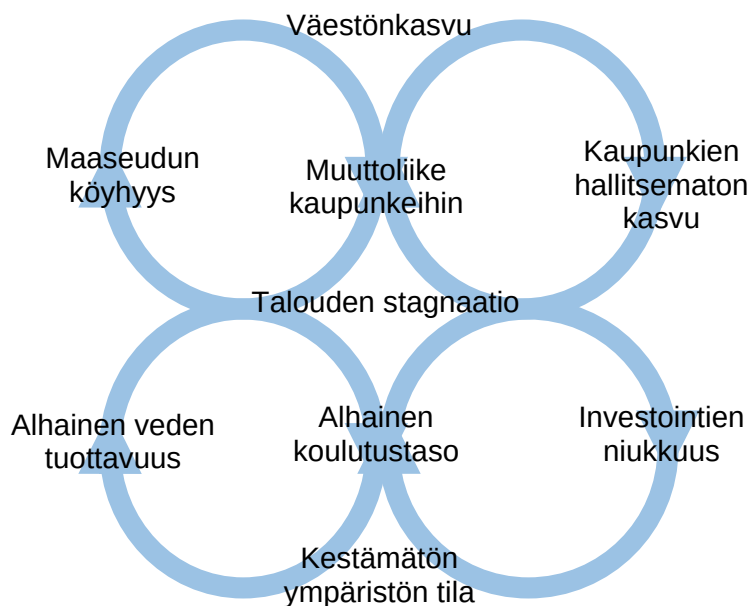
Miten nämä uudet kaupunkilaiset selviävät arkipäivästään, jos viimeisten vuosikymmenten trendit jatkuvat? Pelkästään Egyptissä tarvittaisiin vuosittain puoli miljoonaa työpaikkaa lisää, mutta vain murto-osa näistä syntyy. Arabimaista Egypti on vauraimpia; ongelma on paljon pahempi ja vaarallisempi köyhemmissä alueen maissa. Esimerkiksi Jemenin talous on äärimmäisen köyhä eikä kasvua sanottavasti ole, mutta kaupunkiväestön on ennustettu kasvavan nykyisestä viidestä miljoonasta 18 miljoonaan vuoteen 2030 mennessä. Jemenin kaupunkiväestöstä jo tällä hetkellä kaksi kolmannesta asuu slummeissa (UN HABITAT 2003) ja tärkein maataloustuote on lohtua antava khat-huume (Kuva 5). Suuria ongelmia on odotettavissa.

Modernin talouden kehittymättömyyttä voidaan kuvata seuraavalla esimerkillä. Suomen viiden miljoonan ih-

KASVU 1980-2005
MENA -alue ja koko maailma



Kuva 2. MENA-alueen kehitys verrattuna koko maailman kehitykseen vuosina 1985-2005 (World Bank 2005).



Kuva 3. MENA-alueen kehityksen oravanpyörät (Varis & Abu-Zeid 2008).

misen kansantalous vie high-tech -tuotteita viisinkertaisen määrän verrattuna koko MENA-alueeseen, jossa siis asuu 70 kertaa enemmän ihmisiä. On tietysti helppo sanoa, että Suomi on korkealle teollistunut maa ja täysin eri asemassa kuin Arabimaat. Toisaalta Suomi vie henkeä kohti yhtä paljon high-tech -tuotteita kuin Malesia, joka vielä sukupolvi sitten oli köyhempi kuin MENA-alue, mutta on tällä hetkellä jo huomattavasti vauraimpi.

Tämä esimerkki kertoo osaltaan siitä, että MENA-alueella moderni, luonnonvaroihin vähemmän nojaava elin-

keinotoiminta on jäänyt toistaiseksi pääosin kehittymättä. Alueella käytetään mittavia määriä luonnonvaroja ja niistä saatava taloudellinen ja sosiaalinen hyöty on vaatimatonta. Tietoon ja osaamiseen perustuva talous on lapsenkengissä.

Vesipolitiikka kaipaa täyskäännöstä...

On ilmeistä, että MENA-alueella tarvitaan täyskäännöstä talouspolitiikassa, jotta pysähtyneisyyden kauden trendit pystyttäisiin kääntämään. Täyskäännös on tarpeen myös vesipolitiikassa, joka



Kuva 4. Kairon kattoasumuksia (Kuva: Olli Varis).

muodostaa tärkeän osan maiden talouspolitiikkaa. Tätä ei kuitenkaan ole vielä tapahtunut. Kahdeksan MENA-maan vesipolitiikan analyysistä kävi ilmi, että tärkein vesipolitiikan tavoite on yhä ravinnon tuotanto, mutta esimerkiksi slummeista tai teollisuudesta ei mainita juuri sanaakaan (Varis 2007).

Vesialaa hallinnoi maassa kuin maassa tusinan verran ministeriöitä, mutta vettä ei tästä huolimatta kytketä riittävästi muiden sektorien politiikkaan, puhumattakaan selkeän kokonaiskuvan muodostamisesta.

...joka ei onnistu ilman laajaa hallinnon reformia

Alueen maiden mammuttiministeriöt tulisi saada uudistettua. Egyptin vesi- ja kasteluministeriössä on kaikkiaan 70 000 työntekijää. Tämä ministeriö on yksi kahdestatoista ministeriöstä, jotka hoitavat Egyptin vesiasioita. Tilannetta voidaan verrata Saksaan, jossa on suurin piirtein yhtä paljon asukkaita, mutta ministeriöt paria kertaluokkaa Egyptin vastaavia pienempiä.

Määrä ei kuitenkaan korvaa laatua. Mammuttimaiset julkisen sektorin organisaatiot ovat perua arabisocialismin ideologiasta. Holtiton byrokratia ja ylisuuret hallintokoneistot halvaannuttavat yhteiskunnan – ja vesiasiat siinä mukana. Kansallisen edun ylikorostaminen on hyvin tavallista ja kielinee vallanpitäjien epävakasta asemasta. MENA-maissa hallinnon uudistaminen on keskeisen tärkeää ja esimerkiksi Egypti yrittää tällä hetkellä parhaansa, mutta työ on valtava.

Vesi vai ihminen syypää vesiongelmiin?

Vesisektorin pullonkaulana pidetään Arabimaissa tällä hetkellä ensisijaisesti ihmistä, ei veden absoluuttista niukkuutta.

Olen ollut kolmen vuoden ajan mukana Arab Water Councilin ja Saksalaisen InWEnt Capacity Building Internationalin MENA-maihin kohdistuvassa mittavassa koulutustoiminnassa. Hallinnon kehittäminen koulutuksen kautta on ohjelman pää-tavoite. Kohdemaita on kahdeksan: Marokko, Algeria, Tunisia, Egypti, Syyria, Palestiina, Jordania ja Jemen. Lisätietoja ohjelmasta ja järjestävistä tahoista on saatavissa MENA Water Portal-verkkosivulta (InWEnt 2008).

Ohjelman sisälle on rakennettu kymmeniä vuosittaisia koulutustapahtumia ja vuosittainen asiat ja väen kokoava foorumi. Tavoitteena on tukea vesialan reformia näissä kahdeksassa maassa. Vesivarojen hoito pitäisi saada laajempien intressiryhmien piiriin ja kestävämmälle pohjalle, hallintoa tulisi virtaviivaistaa ja osaamista pitäisi lisätä. Tärkeää on mahdollistaa uuden opiskelu ja pääsy ulos hallinnon loputtomien kokousten ja säännösten noidankehästä. Myös kansainvälinen liikkuvuus ja verkostoituminen ovat näissä suhteellisen suljetuissa maissa erittäin tärkeitä.

Ensimmäinen MENA-maiden vesifoorumi järjestettiin Sanassa Jemenissä kesäkuussa 2006. Viikon kestäneessä

dialogiprosessissa identifioitiin seuraavat hallintoon liittyvät ongelmat:

- Hallinnon ylenmääräinen keskittyneisyys
- Vesihallinnon koordinaation puute
- Sekava ja mielivaltainen hallintokäytäntö
- Lakien soveltaminen ja noudattamisen valvonta
- Rahoitusjärjestelmien puutteet
- Yksityisen sektorin kehittymättömyys
- Jatkuva ”kriisitilassa” tapahtuva lyhytjänteinen pätkätoiminta, projektkulttuuri
- Heikkous puuttua veden kysyntään tarjonnan lisäksi
- Kestävään käyttöön ja veden laatuun liittyvät ongelmat
- Jyrkät vastakkainasettelut perinteisen ja modernin sektorin toimijoiden ja oikeuksien välillä
- Teknologiset puutteet esimerkiksi uudelleenkäytön ja vesiensuojelun puolella
- Informaation avoimuuteen liittyvät suuret puutteet
- Kansalaisyhteiskunnan kehittymättömyyteen liittyvät puutteet
- Huutava koulutustarve kaikilla tasoilla

Haastetta siis riittää. Toisessa foorumissa, joka järjestettiin kesäkuussa 2007 Kairossa Egyptissä, etsittiin ratkaisuja näihin ongelmiin neljän temaattisen kokonaisuuden suunnalta. Nämä kokonaisuudet olivat:

- Institutionaalinen kehitys
- Lainsäädäntö
- Talouskehitys
- Veden laatuksymykset

Tulokset näiden kaikkien kokonaisuusien osalta on koottu foorumin raporttiin (Varis & Tortajada 2007). Keskeistä on se, että MENA-maiden vesisektori on osana monimutkaista noidankehien vyyhtiä (Kuva 3). Vyyhti ei aukea yhdestä narusta nykäisemällä, eikä edes muutamasta. Tässä mielessä monien tuntemat Maailman vesifoorumien suosituslistat ovat aivan liian yksinkertaisia ja yleistäviä, eikä niistä ole kovin suurta hyötyä tällaisissa tapauksissa.

Pois vanhoilta urilta

MENA-alueen vesiongelmien ratkaisemiseksi tarvitaan syvälle menevää paradigmojen uudelleenarviointia koko vesisektorin ja tietysti koko talousjärjestelmän osalta. Vesisektorin lähestymistapojen, roolin ja prioriteettien suhteen seuraavat uudelleenarvioinnit ovat käyneet ilmiselviksi:

Peltojen kastelusta kaupunkeihin. Kuinka yhteiskunnat kestävät kaupunkiväestön kaksinkertaistumisen seuraavan 25 vuoden aikana, kun jo tämänhetkiset ongelmat ovat mittavia? Vesiministeriöt eivät tunne slummi-sanaa, vaikka syrjäytyneiden osuus kaupungeissa kasvaa lähes räjähdysmäisesti. Entä saadaanko vedestä taloudellisesti ja sosiaalisessa mielessä enemmän irti kuin nyt? Pitäisi ehdottomasti ja pikaisesti saada. Maaseudun köyhyyttä täytyy lieventää ja elinkeinoelämää kehittää, mutta ilman ihmisiin investoimista se tuskin onnistuu.

Luonnonvarariippuvuudesta inhimilliseen kehitykseen. Ihminen ja ihmisen osaaminen on nostettava alueen tärkeimmäksi luonnonvaraksi ja tuotantontekijäksi veden tai öljyn sijaan. Yhteiskuntia on avattava ja hallintoa kevennettävä. Muutokset on pyrittävä tekemään hallitusti ennen kuin tilanne räjähtää käsiin.

Fyysisen vedenpuutteen korostamisesta ympäristön kokonaisuuden ymmärtämiseen. Ympäristön kestävä kehitys on jäänyt vakavasti taka-alalle lähes koko MENA-alueella. Kasvava osa veden "puutteesta" ja vesisektorin ongelmista johtuu veden laadun ja ekosysteemien surkeasta tilasta.

Valtiokeskeisyydestä alueellisempiin ja ihmisläheisempiin ratkaisuihin. Vaikka arabikulttuurissa kaupankäynti on valtaisan kehittänyt, MENA-maat ovat integroituneet hämmästyttävän huonosti maailmantalouteen. Alueen sisäiset markkinat ovat aliehitettyjä. Alueella on kohtalaisen paljon kansainvälisiä pinta- ja pohjavesialueita, mutta niiden hallinnointi ei ole kehittynyt riittävästi.

Näistä asetelmista lähdetään ke-säkuussa 2008 järjestettävään kolmanteen Foorumin joka järjestetään Marrakeshissa Marokossa.



Kuva 5. Khat-viljelmiä Jemenissä. Maan maatalous keskittyy entistä enemmän kasvattamaan khat-huumetta, koska siitä saa parhaan taloudellisen tuoton. Puolet Jemenin lapsista on aliravittuja (World Bank 2005). (Kuva: Olli Varis).

Onko vesi tulenarkaa Lähi-idässä?

On siis käynyt ilmeiseksi, että vesipula ja mahdolliset veteen liittyvät konfliktit MENA-alueella eivät ensisijaisesti johdu veden fyysikaalisesta niukkuudesta. Syitä pitää hakea ennen kaikkea ihmisistä ja heidän toimistaan. Artikkelin alussa kuvatut kehityslinjat - talouden stagnaatio, hallinnon tehottomuus, nopea väestönkasvu ja kasvava syrjäytyminen, kaupunkien kasvavat slummit, työttömyys ja ympäristön rappio - ovat erittäin huolestuttavia. Vesi ja vesisektorin ratkaisut ovat monella tavalla tätä noidankehävyyttä kiihdyttämässä tai purkamassa.

Kuten tunnettu vesikonfliktitutkija Aaron Wolf sanoo, vesi on huomattavasti useammin ihmisiä yhdistävä tekijä kuin konfliktien perussyy (Wolf ym. 2003). Tämä pätee luultavimmin myös MENA-alueella lähivuosikymmeninä. Vesisektorilla on tärkeä rooli alueen kehityksen kannalta, ja onnistuneilla vesipoliittisilla ratkaisuilla pystyttäisiin vähentämään ainakin jossain määrin alueen kasvavaa kriisiherkkyyttä. Tämä herkkyys liittyy pikemminkin jyrkkiin sosiaalisiin ja taloudellisiin vastakkainasetteluihin, erityisesti kasvavaan alikoulutettujen ja alityöllistettyjen nuor-

ten ihmisten valtavaan massaan sekä kompleksisiin poliittisiin kuvioihin, jotka alueella ovat tuiki tavallisia. Lähi-idän veteen liittyvät ongelmat kytkeytyvät siis pohjimmiltaan alueen inhimillisen kehityksen haasteisiin.

Kirjallisuus

- IEA 2006. Key World Energy Statistics. International Energy Agency, Paris.
- InWEnt 2008. MENA Water Portal: <http://www.mena-water.net/>
- UNDP 2002-2007. Arab Human Development Report. United Nations Development Programme, New York.
- UN-HABITAT 2003. Slums of the World: The Face of Urban Poverty in the New Millennium? United Nations Human Settlements Programme Nairobi.
- Varis 2007. Water management to 2020: drivers, critical issues and policies for the MENA Region. InWEnt / Arab Water Council, Cairo.
- Varis, O. & Tortajada, C. 2007. Water Governance in the MENA Region: Critical Issues and Way Forward. InWEnt Capacity Building International Germany, Bonn.
- Varis, O. & Abu-Zeid, K. 2008. Water management to 2030: Trends, challenges and prospects for the MENA Region. Julkaistaan: International Journal of Water Resources Development.
- Wolf, A.T., Yoffe, S.B. & Giordano, M. 2003. International waters: identifying basins at risk. Water Policy 5(1): 29-60.
- World Bank 2005. World Development Indicators. The World Bank, Washington D.C.



VUOSITUHATTAVOITTEET TOTEUTUMASSA PHNOM PENHISSÄ

ULLA HEINONEN

tekn.lis.

E-mail: ulla.heinonen@tkk.fi

Kirjoittaja on ympäristöalan kansainvälisen
jatkokoulutuksen suunnittelija Koulutuskeskus
Dipolissa. Hän tekee väitöskirjaa TKK:n
vesitalouden laboratoriossa Mekongin alueen
vesivarojen hallinnasta.

Vuosituhattavoitteet sitovat YK:n jäsenmaat vesihuollon kehittämiseen. Tavoitteena on puolittaa ilman puhdasta vettä ja sanitaatiota olevien asukkaiden lukumäärä vuoteen 2015 mennessä vuoden 1990 tasosta. Kaakkois-Aasia on tältä osin yksi edistyskäsimmäisistä alueista, mutta ongelmia on vielä erityisesti vesisektorilla. Viime vuosina alueella on kuitenkin tapahtunut merkittävää kehitystä. Esimerkiksi Kambodžan pääkaupungissa Phnom Penhissä on tavoite puhtaan veden osalta jo saavutettu. Kaupungin väestönkasvu aiheuttaa kuitenkin ongelmia, nyt slummialueet kärsivät vesihuollon puutteesta.

Vuosituhanne vaihteessa kaikki YK:n 191 jäsenmaata sitoutuivat kahdeksaan vuosituhattavoitteeseen. Tavoitteet vaihtelevat köyhyyden vähentämisestä globaalin kumppanuuden kehittämiseen ja käsittävät 18 tarkempaa osatavoitetta. Tavoite 7 käsittelee ympäristön kestävyttä ja sen kymmenes osatavoite erityisesti vesihuoltoa. Päämääränä on vuoteen 2015 mennessä puolittaa ilman puhdasta vettä ja sanitaatiota olevien ihmisten määrä vuoden 1990 tasosta. Lähtökohtana on pyrkimys sekä ympäristön kestävyteen että noin miljardin ihmisen hyvinvoinnin parantamiseen.

Tavoitteen mukaisen vesilähteen tulisi olla riittävä sekä määrällisesti että laadullisesti, veden tulisi olla hinnoiteltavissa ilman suurta vaivaa tai ajanhukkaa. Riittäväksi vesilähteeksi luetaan ve-

sijohtovesi, yleinen vesipumppu, porakaivo, suojeltu lähde tai sadeveden keruu. Tavoitteen mukaiseksi sanitaatioksi taas käy riittävän kokoinen yksityinen käymälä, yhteiskäymälä, kaada/huuhto-käymälä tai VIP (ventilated improved pit latrine) -käymälä.

Tavoitteet Phnom Penhissä

Kambodžan kaupunkialueilla tilanne on yleisesti parempi kuin maaseudulla, mutta puutteita on silti paljon. Vuonna 1993 noin 75 prosenttia pääkaupungin asukkaista oli ilman vesijohtovettä. Suurin osa väestöstä nautti veden yksityisiltä myyjiltä tai epäluotettavista pohja- ja pintavesilähteistä. Vuosituhattavoitteiden saavuttaminen Phnom Penhissä tarkoittaa puhtaan vesilähteen ulottumattomissa olevien asukkaiden määrän puolittamista edellä mainitusta 75 prosentista

37 prosenttiin vuoteen 2015 mennessä eli vesijohtoveden tarjoamista noin 370 000 kaupunkilaiselle 25 vuodessa (1990-2015).

Kehitys on ollut kiivasta

Vuosituhattavoitteet ovat nostaneet vesihuollon myös rahoittajien tavoittelulle. Aasian kehityspankki (ADB) on viime vuosien aikana tukenut Phnom Penhin vesilaitoksen (Phnom Penh Water Supply Authority) toimintaa merkittävästi. Tämä tuki on ollut tärkeä kaupungin vedenjakelulle. Vesilaitos on viimeisen 13 vuoden aikana saavuttanut 11 prosentin vuosittaisen kasvun vesiliittymien osalta ja pystynyt laskemaan hukkaveden osuuden 72 prosentista kuuteen prosenttiin (1993-2006). Kehitystoimenpiteet kuten henkilöstön kouluttaminen ja motivointi, laskutusjärjestelmän kehittäminen,

vesijohtoverkon ja puhdistuslaitosten kehittäminen, laittomien vesiliitosten ja vesivuotojen vähentäminen sekä vesitariffin nostaminen vastaamaan ylläpito- ja käyttökustannuksia ovat nostaneet laitoksen tuottoa niin, ettei ulkopuolista rahoitusta enää tarvita ja laitos on pystynyt laajentamaan palvelujaan merkittävästi.

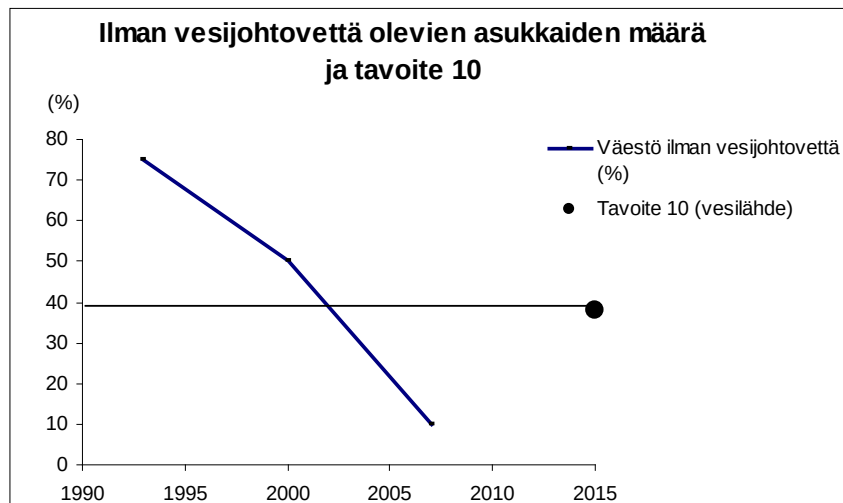
Vedenjakelun mittavan kasvun ja tehostumisen lisäksi on Phnom Penh kehittynyt muutenkin nopeasti. Viimeisen kymmenen vuoden aikana (1994-2004) on kaupungissa käynnistetty yli kaksisataa kehitysprojektia, joista neljännes on koskenut vedenjakelua erityisesti niillä alueilla, joille vesilaitos ei ole laajentamassa palvelujaan. Kaupungin kansalaisjärjestöt ovat aktiivisesti olleet näissä toimissa mukana tukemalla slummiyhteisöjä ja perustamalla kehitysprojekteja. Monet näistä ovat olleet ympäristöprojekteja, joiden avulla on parannettu vedenjakelua, viemäriverkkoa ja käymälöitä. Kansalaisjärjestöjen lisäksi ovat myös monet kansainväliset organisaatiot kuten YK:n kehitys (UNDP)- ja yhdyskuntaohjelmat (UN-HABITAT) osallistuneet kaupungin vedenjakelun, sanitaation ja viemäriverkon kehittämiseen.

Vuosituhattavoite on jo osittain saavutettu

Tänään, seitsemän vuotta vuosituhattavoitteiden julkistamisen jälkeen, voidaan todeta, että Phnom Penhin vedenjakelu on kehittynyt merkittävästi. Vuonna 1993 ainoastaan 25 prosenttia kaupungin asukkaista oli vesijohtoveden piirissä. Tänä päivänä vesijohtovesi kattaa jo koko keskustan alueen ja 90 prosenttia koko kaupungin asukasmäärästä. Toisin sanoen ilman tyydyttävää vesilähdettä olevien asukkaiden prosentuaalinen määrä kaupungissa on enemmän kuin puolittunut ja tavoite 10 on vedenjakelun osalta saavutettu (Kuva 1).

Slummiutumuksesta kapuloita rattaisiin

Phnom Penhin vedenjakelun nopeasta kehityksestä ja tavoitteen osittaisesta saavuttamisesta huolimatta erityisesti kaupungin reuna-alueiden asukkaat ovat edelleen vailla puhdasta vettä



Kuva 1. Tavoite 10 on saavutettu puhtaan veden osalta Phnom Penhissä.

(Kuva 2). Suurinta puute on yksityisten omistajien maalla olevissa slummeissa, joihin vesilaitos ei ole kiinnostunut ulottamaan palvelujaan. Yli miljoonan asukkaan pääkaupunki kasvaa noin neljän prosentin vuosivauhdilla. Nopea kasvu on luonut paineita kaupungin kehitykselle ja infrastruktuurin riittävyydelle. Kaupungin asukkaista jo kolmasosa asuu slummeissa ja heistä vain alle kolmasosalla on mahdollisuus käyttää vesijohtovettä.

Noin 60 prosenttia niistä slummien asukkaista, joilla ei ole vesijohtovettä, joutuu luottamaan yksityisiin myyjiin ja loput 40 prosenttia epämääräisiin pinta- tai pohjavesilähteisiin. Vettä myyvät sekä yksityiset ihmiset, jotka hakevat vettä joesta tai yleisistä kaivoista ja kuljettavat sen mopoilla kotitalouksille, että pienet yritykset, jotka tarjoavat vesijohtovettä suoraan kotitalouksiin.

Yksityisten tarjoama vesi on pääasiallisesti puhdistamatonta, se ei ole tasalaatuista eikä tarjonta aina säännöllistä. Suurin osa näistä palveluista on epävirallisia, eikä hintaa ja laatua valvota. Hinnat ovatkin jopa viisikymmenkertaisia kaupungin vesijohtoveden hintaan verrattuina. Yksityinen vedenmyynti ei näin ollen saavuta vuosituhattavoitteiden asettamia puhtaan veden rajoja.

Koska suurin puute puhtaasta vedestä on Phnom Penhin slummeissa, on kaupungin vesilaitoksessa pohdittu, miten tarjontaa voitaisiin laajentaa myös

näille alueille. Yhteistyössä kansalaisjärjestöjen tukemien asukkaiden kanssa onkin vesihuollon kehittämisessä päästy alkuun. Laitos on muun muassa tarjonnut köyhille asiakkaille pääliittymän silloin, kun asukkaat ovat itse järjestäneet sekä vedenjakelun että maksujen keräämisen. Lisäksi laitos on tukenut köyhien alueiden vedenjakelua alhaisemmilla liittymismaksuilla ja tuetuilla vesimaksuilla. Merkittävä askel slummien vesihuollon kehittämisessä on ollut sen tosiasian ymmärtäminen, ettei veden tarvitse olla köyhille ilmaista, sillä ilman vesilaitoksen tarjoamaa vesijohtovettä slummien asukkaat joutuvat maksamaan jopa viisikymmenkertaisia vesimaksua yksityisille vedenmyyjille. Liittymismaksu on usein kuitenkin liian korkea, joten sen alentaminen on tärkeää.

Vuosituhattavoitteet ovat vain yksi etappi

Phnom Penh on saavuttanut osatavoitteen 10 puhtaan veden osalta, mutta sanitaatio ei ole kehittynyt samaa tahtia. Vaikka 75 prosentilla koko kaupungin ja 90 prosentilla keskustan väestöstä on tyydyttävä sanitaatio, ei tämä sektori ole viime vuosina paljonkaan parantunut. Suurin syy tähän on se, ettei sanitaatio ole vesilaitoksen vastuulla, sehän on lähentynyt myös kaupungin köyhää väestöä, vaan rakennus- ja liikenneministeriön (Ministry of Public Works and Transport). Ministeriö ei ole ottanut



”Vain kolmanneksella slummien asukkaista on tyydyttävä sanitaatio.”

Kuva 2. Phnom Penhin laidoilla on vielä paljon slummialueita vaikka kehitys on jo parempaan päin (Kuva: Olli Varis).

sanitaatiota mukaan kaupungin kehitysstrategiaansa suureksi osaksi siksi, että sen puute vaivaa eniten Phnom Penhin slummeja.

Vain kolmanneksella slummien asukkaista on tyydyttävä sanitaatio. Ympäristö-, yksityisyys- ja terveysongelmat ovatkin suuria erityisesti yhteisöissä, joissa ihmiset käyttävät yleisiä käymälöitä, käyvät tarpeillaan vedessä, tyhjillä tonteilla tai käyttävät käymälöinnään muovipusseja. Kun tähän lisätään kaupungin lähes olematon jätevedenpuhdistus, ovat seuraukset selvät: bakteeri- ja kemikaalipitoisuudet ovat korkealla kaupungin pintavesilähteissä ja ripuli, iho-ongelmat ja denguekuume vaivaavat pääkaupunkilaisia erityisesti sadekaudella.

Sanitaation kehittämistä jarruttavat samat tekijät kuin vedenjakelun jatkokehittämistäkin. Puute on suurin slummeissa, jotka ovat syntyneet luvatta joko julkiselle tai yksityiselle maalle. Kaupungilla ei ole yhtenäistä suunnitelmaa slummien siirtämiseksi tai kunnostamiseksi, eikä slummien asukkaita ole nähty resurssina kaupungin kehittämisessä. Lisäksi sekava maanomistus sekä olematon asukkaiden osallistuttaminen hankaloittavat slummien olojen parantamista. Jotta vesihuoltosektori pysyisi mukana kaupungin, erityisesti slummialueiden kasvussa, on tärkeää ottaa asianosaiset mukaan kehitystyöhön. Kansalaisjärjestöillä on merkittävä rooli asukkaiden osallistuttamisessa, tukemisessa ja oma-aloitteisuuden ke-

hittämisessä. Kansalaisjärjestöjen aktiivisuus on herättänyt myös kaupungin poliitikot. Muutaman viime vuoden aikana on pyritty kiinnittämään huomiota slummien tarpeisiin ja maanomistuskysymyksiin sekä on ymmärretty eri osapuolten osallistuttamisen tärkeys.

Tällä hetkellä vesilaitoksella ei kuitenkaan ole intressiä laajentaa vedenjakelua kaupungin reuna-alueiden yksityisellä maalla oleviin slummeihin. Niinpä näillä alueilla yksityinen sektori tulee edelleen olemaan merkittävä. Jotta yksityisten myyjien jakeleman veden laatu, määrä ja säännöllisyys saataisiin tyydyttäväksi, tulisi toimintaa valvoa tiukemmin. Viranomaisten tulisi ehdottomasti tarkkailla erityisesti veden laatua ja hintaa. Suurin osa näistä palveluista on talouden harmaalla puolella, joten keinoja epävirallisen sektorin kontrolloimiseksi olisi myös kehitettävä.

Vuosituhattavotteiden merkitys vesihuollolle

Phnom Penhin vesisektorin huomattavan kehityksen voi laskea kaupungin vesilaitoksen ja aktiivisten kansalaisjärjestöjen ansioksi. Näin mittavaa kehitystä ei kuitenkaan olisi tapahtunut ilman kansainvälisten kehitysrahastojen tukea eikä ilman vuosituhattavotteiden tuomaa painetta ja markkina-arvoa. Ilman vuosituhattavotteitakin Phnom Penhin vesihuolto olisi kehittynyt, mutta ei varmasti näin nopeas-

ti. Tavoitteet, jotka eivät vastaa maan todellista tilaa ja mahdollisuuksia, eivät välttämättä johda toivottuun kehitykseen. Kansainvälisten tavoitteiden asettaminen on kuitenkin tärkeää, sillä ne tuovat ongelmat esille ja vaikuttavat näin rahoittajien ja poliittisten päättäjien ratkaisuihin.

Kirjallisuus

- Aasian kehityspankki. 1997. Second Water Utilities Data Book: Asian and Pacific Region. Aasian Kehityspankki, Manila.
- Aasian kehityspankki. 2006. Country Water Action: Cambodia – Phnom Penh Water Supply Authority: An Exemplary Water Utility in Asia. Aasian Kehityspankki, Manila.
- Dany, V., Visvanathan, C. ja Thanh, N.C., 2000. Evaluation of Water Supply Systems in Phnom Penh City: A review of the Present Status and Future Prospects. Water Resources Development, Vol. 16, No. 4.
- Heinonen, U. 2008. Millennium Development Goals and Phnom Penh: Is the City on Track to Meet the Goals? Kirjassa: The Modern Myths of the Mekong. Teknillinen korkeakoulu.
- Kambodžan väestönlaskenta. 1998. Census PopMap Application Vol. 3. National Institute of Statistics and Ministry of Planning, Phnom Penh, CD-ROM.
- McIntosh, A. 2003. Asian Water Supplies: Reaching the Urban Poor. IWA Publishing, Lontoo.
- National Institute of Statistics, 2004. Cambodia Inter-Censal Population Survey 2004. General Report. National Institute of Statistics, Phnom Penh.
- Solidarity for the Urban Poor Federation, 1999. The 1999 Survey of Poor Settlements. Solidarity for the Urban Poor Federation, Phnom Penh.

VESIVAROJEN HALLINTA MUINAISESSA ANGKORISSA

Kambodžan historiallinen pääkaupunki Angkor on tunnettu vaikuttavista temppeleistään ja arkkitehtuuristaan, mutta yhtä vakuuttava, jollei vesialan ihmisen mielestä jopa vakuuttavampi, on aluetta halkova kanavien ja tekoaltaiden verkosto, joka kattaa yli 1000 km² kokoisen alueen rajaten Angkorista suurimman teollistumista edeltäneen ajan kaupungin. Alueen hydrologiaa hallitsevat monsuuni-ilmastolle tyypilliset vuorottelevat puolen vuoden pituiset kuivat kaudet ja sadekaudet. Kahden ääriolosuhteen vaihtelu aiheuttaa haasteita vedenkäytölle: puolen vuoden ajan vettä on liikaa, toisella puoliskolla liian vähän. Tähän haasteeseen ovat Angkorin vesi-insinöörit vuosien 900-1400 jKr. aikana vastanneet suunnittelemalla laajan kanavien verkoston, jolla vettä johdettiin luonnollisista joista isoihin tekoaltaiisiin. Eroosio ja sedimentaatio aiheuttivat kuitenkin ongelmia insinööreille ja luultavasti romahduttivat vähitellen koko verkoston.



MATTI KUMMU

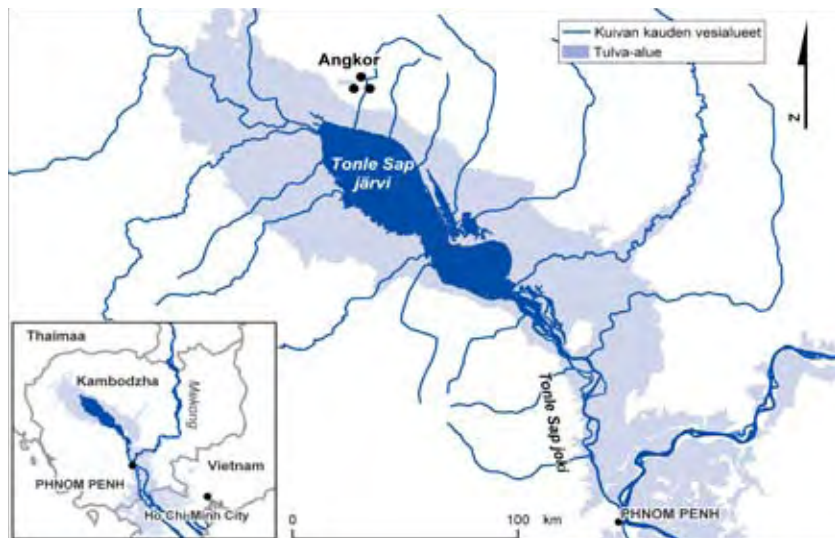
TKK vesitalouden laboratorio

E-mail: matti.kummu@iki.fi

Kirjoittaja toimii tutkijana TKK:n Vesi ja kehitys –tutkimusryhmässä. Hän tekee väitöskirjaa aiheesta ”Human impact on hydrology in the Mekong”.

Khmer-valtakunta hallitsi suurta osaa Kaakkois-Aasiasta 1000-luvun alussa. Valtakunnan pääkaupunkina oli Angkor yli 600 vuotta, yhdeksännestä vuosisadasta jKr. eteenpäin. Angkor on nykyään tunnettu vaikuttavista temppeleistään sekä maailman suurimmasta uskonnollisesta rakennuksesta, Angkor Watista. Angkor on valittu myös UNESCO:n maailmanperintökohteeksi (*World Heritage Site*) ja se on yksi maailman unohdetuista ihmeistä (*forgotten wonders*). Angkorista on tullut nopeasti yksi Kaakkois-Aasian suosituimmista turistikohteista.

Angkor sijaitsee Kambodžassa, Tonle Sap -järven tuntumassa – tulvatasanealueen reunalla (Kuva 1). Tonle Sap on Kaakkois-Aasian suurin järvi ja sillä oli merkittävä vaikutus koko Angkorin olemassaoloon. Angkor oli maailman suurin teollisuutta edeltäneen ajan kaupunki; alueella asui parhaimmillaan jopa 700 000 ihmistä. Angkor käsittää noin 1 000 km² alueelle levinneen haja-asutun kaupungin (Pottier, 1999; Fletcher, 2001; Evans, 2007), jonka keskuksena oli viimeiset vuosi-



Kuva 1. Kartta Angkorin sijainnista suhteessa Tonle Sap -järveen (muokattu Kumm, in press).

sadat Angkor Thom (Kuva 2). Alueella on yli 200 temppeliä ja tuhansia arkeologisia löydöksiä ihmisen asutuksesta (Evans, 2007).

Angkorin aluetta halkoo kanavien ja tekoaltaiden verkosto, joka leviää koko kaupungin alueelle ja

samalla rajaa kaupungin (Kummu, in press). Suur-Angkorin koko pohjoisosan arkeologiset rakennelmat kuten temppelit, kanavat ja tekoaltaat on kartoitettu osana Greater Angkor -projektia (Evans, 2002; Evans, 2007). Eteläosan kartoitti Pottier (1999)

kattavassa tutkimuksessaan. Greater Angkor -projekti on University of Sydneyn vetämä hanke, jossa yhdessä EFEO:n (École française d'Extrême-Orient) ja APSARA:n (Authority for the Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap) kanssa tutkitaan historiallista aluetta arkeologisen kokonaisuutena käyttämällä poikkitieteellistä lähestymistapaa ja samalla hyödyntämällä uusinta tekniikkaa niin kaukokartoituksessa kuin C14-iänmäärittäyksessäkin (Penny, 2007). Myös oma tutkimukseni alueella on osa tätä laajaa projektia. Tämä artikkeli esittelee joitakin päätuloksia tutkimuksestani.

Angkorin hydrologiset tunnuspiirteet

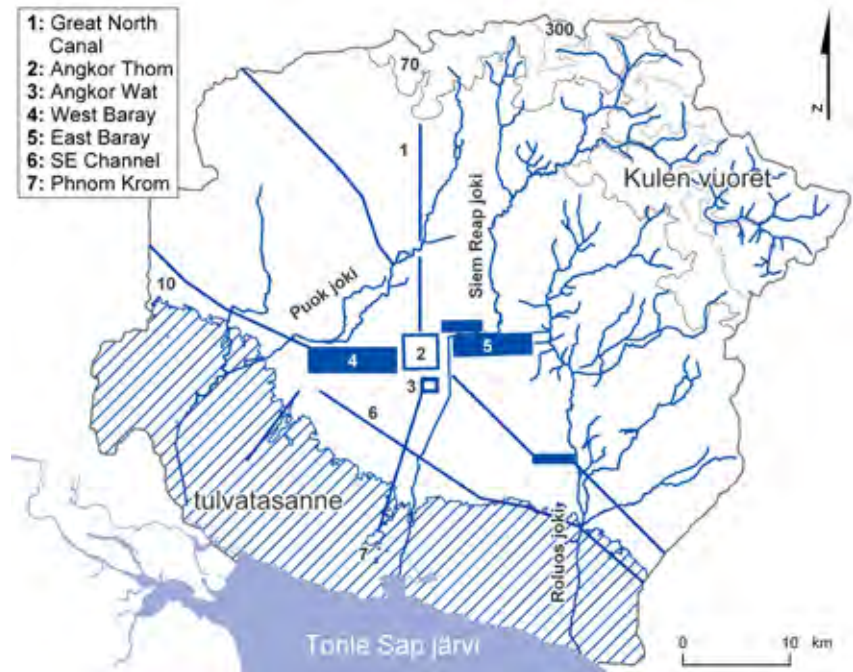
Monsuunisateet hallitsevat Kambodžan ilmastoosä hydrologiaa. Hydrologinen vuosi voidaan jakaa kahteen kuuden kuukauden mittaiseen jaksoon: sadekauteen ja kuivaan kauteen. Sadekausi alkaa yleensä toukokuussa ja päättyy lokakuussa. Tänä aikana sataa keskimäärin 90 prosenttia koko vuoden sademäärästä. Marraskuun ja huhtikuun välinen aika on kuivaa kautta, jolloin ei sada juuri lainkaan, ja lämpötila nousee reilusti yli 30 asteen. Kahden ääriolosuhteen vaihtelu aiheuttaa haasteita vedenkäytölle: puolet vuodesta vettä on usein liikaa ja kuivalla kaudella sitä ei ole aina tarpeeksi.

Angkorin alueen tärkeimpiä hydrologisia ominaispiirteitä ovat monsuunisateiden lisäksi Tonle Sap -järven läheisyys, pohjaveden hyvä saatavuus ympäri vuoden, sekä Kulenin vuorilta virtaavat joet.

Luonnolliset joet

Angkorin alue muodostuu nykyään kolmesta valuma-alueesta, jotka kaikki saavat alkunsa Kulenin vuorilta (Kuva 5). Siellä vuotuinen sademäärä ylittää 2 000 mm, kun itse kaupungissa se vaihtelee keskimäärin 1 300 mm ja 1 600 mm välillä. Näiden kolmen valuma-alueen kokonaispinta-ala on noin 2 880 km². Jokien virtaama vaihtelee kuivan kauden muutamasta kuutiometristä sekunnissa aina tulvahuipun aikaiseen 100 m³/s.

Angkorin kukoistuksen aikana, niin kuin vieläkin, ihmiset ohjasivat vet-



Kuva 2. Kartta tutkimusalueesta, joita rajoittavat kolme valuma-alue: lännestä Puok, Siem Reap ja Roluos. Kartassa on myös esitetty alueen merkittävimmät hydrauliset rakenteet sekä Angkor Thom ja Angkor Wat (muokattu Kumm, in press).

tä luonnollisista joista kanaviin ja sitä kautta isoihin tekoaltaisiin (baray). Tärkeimmät ihmisen tekemät kanavat Angkorissa, niiden asema luonnonjokiin verrattuna ja tekoaltaat on esitetty kuvassa 2. Siem Reap -jokikin on alun perin ihmisen kaivama kanava, mutta ajan myötä se on muokkautunut joeksi.

Tonle Sap

Angkorin kaupunki sijaitsee paikalla missä Tonle Sapin tulvatasanne on kapeimmillaan, noin 12 km (Kuva 1). Leveimmillään tulvatasanne on noin 60 km järven lounaisrannalla. Niinpä järvi on suhteellisen lähellä kaupunkia myös kuivalla kaudella ja tarjoaa ympärivuotisen pääsyn Mekongille ja edelleen Etelä-Kiinan merelle.

Paitsi että Tonle Sap -järvi oli kukuväylä, se myös ruokki Angkorin kaupunkia. Järvi on vieläkin yksi maailman tuottavimmista vesiekosysteemeistä (Poulsen, 2002; Lamberts, 2006). Tämän johdosta makean veden kalansaaliit ovat Kambodžassa maailman suurimpia suhteutettuna asukasmäärään. Nykyään järvestä pyydetään

vuosittain arviolta 200 000 tonnia kalaa (van Zalinge, 2002). Olettaen, että koko järven läheisyydessä olisi elänyt noin miljoona ihmistä, kalaa olisi samanlaisella vuosittaisella saaliilla riittänyt 200 kg henkilöä kohden vuodessa, eli noin viisinkertainen määrä nykypäivään verrattuna.

Pohjavesi

Pohjavedenkorkeus vaihtelee Tonle Sapin valuma-alueella huomattavasti; lyhyilläkin matkoilla se voi vaihdella useita kymmeniä metrejä. Koko Angkorin alueella pohjavesi on kuitenkin erittäin lähellä maanpintaa vaihdellen kuivan kauden viiden metrin syvyydestä sadekauden puolen metrin syvyyteen (Kumm, 2003). Tämä näkyy alueella niin, että lähes jokaisen kylän tai talon yhteydessä on tekoallas, johon vettä kerätään sade- ja pohjavedestä. Niissä riittää vettä ympäri vuoden turvaamaan jokapäiväisen kylätason vesihuollon niin ihmisille kuin eläimillekin. Moni Angkorin vanhoista altaista on edelleen käytössä. Pohjavedenkorkeuden ja sadannan välinen yhteys on esitetty kuvassa 3.

Angkorin vesivarojen hallinta: tasot, rakenteet ja haasteet

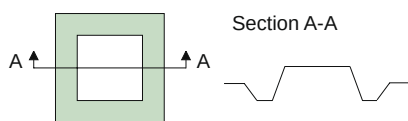
Vesivarojen hallinta Angkorissa voidaan jakaa kolmeen pystysuuntaiseen hallintotasoon:

- Kotitalous- / temppelitaso
- Kylätaso
- Kaupunkitaso

Nämä tasot ja kullekin tasolle tyypilliset rakenteet on esitetty tarkemmin seuraavissa osioissa.

Kotitalous- / temppelitaso

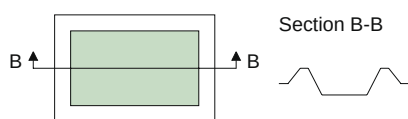
Temppeli-/talokumpu
(temple/house mound)



Lähes jokainen temppeli ja suuri osa taloista on nostettu kummun päälle turvaan tulvilta ja samalla rakennuksen ympärille on kaivettu vallihauta toimimaan veden lähteenä. Rakenne on lähes poikkeuksetta suunnattu joko pohjois-etelä- tai itä-länsi-suuntaan ja kummun koko vaihtelee 25 ja 70 metrin välillä.

Kylätaso

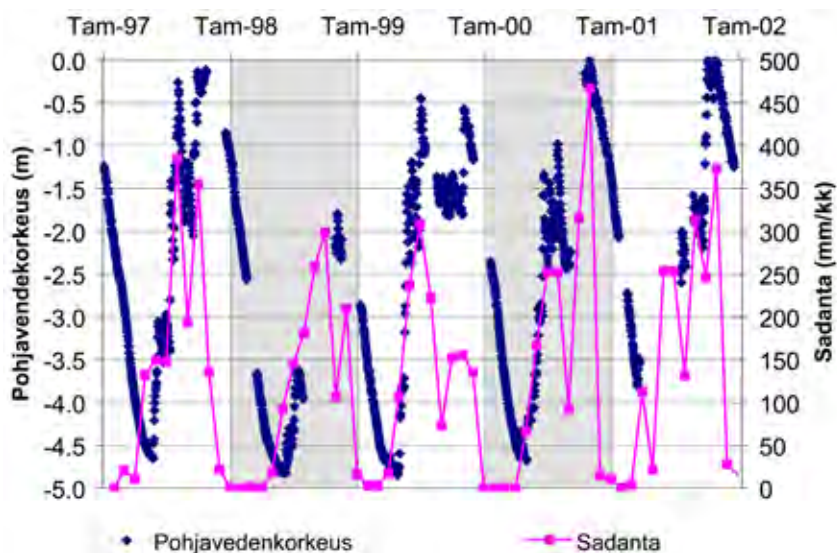
Trapiang (pieni tekoallas)



Kuten aikaisemmin todettiin, pitkän kuivan kauden takia veden kerääminen on erittäin tärkeää vesihuollon takaamiseksi. Monen talon yhteydessä on pieni allas ja jokaisen kylän yhteydessä on isompi tekoallas, trapiang, jonne vesi kerätään niin sade- kuin pohjavedestä. Trapiangien koko vaihtelee yleensä kahden ja 20 hehtaarin välillä. Usein ne sijaitsevat temppelin välittömässä läheisyydessä.

Kaupunkitaso

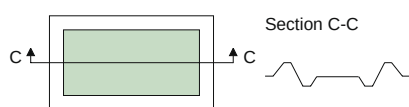
Kaupunkitasossa voidaan tunnistaa kaksi hydraulista rakennetta: baray (iso tekoallas) ja lineaariset (suoraviivaiset) rakennelmat. Kumm (in press) esittää, että nämä kaupunkitason hydrauliset rakenteet määrittivät myös Angkorin kaupungin rajat.



Kuva 3. Pohjavedenkorkeus ja kuukausisadanta 1997–2001 Angkor Thomissa (muokattu Kumm, 2003).

Alla on esitetty molemmat rakennetyypit.

Baray (iso tekoallas)



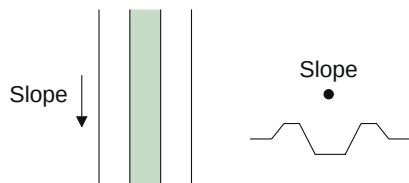
Barayt eli isot tekoaltaat hallitsivat temppelien lisäksi kaupungin keskustaa. Barayksi luokitellaan tekoallas, jonka koko on yli 20 ha, ja jossa on ainakin syöttökanava ja useimmissa myös poistokanava. Itä-länsi sivun suhde pohjois-etelä sivuun on keskimäärin 2:1. Suurin baray Angkorissa on läntinen baray (West Baray), jonka mitat ovat 8 km x 2.5 km (Penny et al., 2007) eli yli kolme kertaa Tuusulanjärven (6 km²) kokoinen. Läntisen barayn tilavuus on noin 50 milj. m³, eli noin 2,5 kertaa Tuusulanjärven tilavuus (19 milj. m³).

Lineaariset rakenteet

Rinteen vastaiset:



Rinteen suuntaiset:



Penkereet ja niiden yhteydessä lähes poikkeuksetta sijaitsevat kanavat, niin rinteen kaltevuudelle vastaiset kuin sen suuntaisetkin, risteilivät tiheään koko Angkorin alueella. Kanavat olivat yleensä matalia, noin metrin syvyisiä, ja 30–40 m leveitä. Niissä oli joko yksi pengeri (rinteen vastaiset) tai kaksi pengertä (rinteen suuntaiset). Penkereitä käytettiin usein myös tienpohjina ja asumusten perustuksina. Kanavat sekä kokosivat vettä että hajauttivat sitä. Niiden avulla hallittiin tulvia ja ohjattiin vettä riisipelloille.

Hydrauliset rakenteet

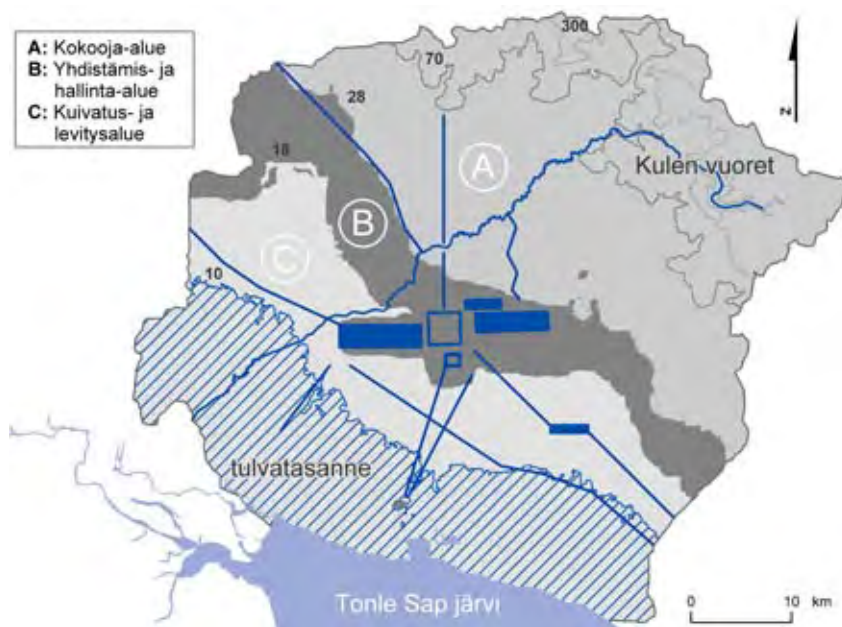
Lähes poikkeuksetta hydrauliset rakenteet tehtiin Angkorissa maa-aineksesta (Lustig et al., 2008). Vain joitakin suurempia hydraulisia rakenteita on tehty isoista lateriittitiilistä. Maa-ainesta oli helppo siirtää ja sen muokkaaminen oli yksinkertaista. Työmäärät tosin olivat valtavia; esimerkiksi pelkästään isoimman tekoaltaan, läntisen *barayn*, rakentamiseen on laskettu tarvittun senaikaista menetelmiä käyttäen yli 200 000 miestävuotta. Eroosio ja sedimentoituminen kanavissa aiheuttivat paljon ongelmia vesi-insinööreille ja lopulta johtivat siihen, ettei vesien keräys isoihin tekoaltoiin enää toiminut niin kuin oli suunniteltu (Kumm, in press).

Hydrauliset alueet

Sen lisäksi, että vesivarojen hallinta voidaan jakaa eri tasoihin pystysuunnas-

sa, on myös tärkeää ymmärtää vesivarojen hallinnan tasot vaakasuunnassa. Tutkimusalue voidaan jakaa kolmeen hydrauliseen alueeseen, jotka on määritelty alueen topografian ja kunkin alueen vedenkäytön avulla (Kummu, 2003). Alueet on kuvattu oheisessa kartassa (Kuva 4)) ja määritelty alla:

- Kokooma-alue (*Collector zone*): alue käsittää Kulenin vuoret ja ylätasangon aina 28 mmpy:stä (metriä merenpinnan yläpuolella) ylöspäin. Alueella vesi kerättiin joista kokoojakanaviin ja johdettiin edelleen kohti etelää.
- Yhdistämis- ja hallinta-alue (*Aggregator and holding zone*): alue käsittää korkeudet 18 – 28 mmpy eli päätemppelealueen. Tällä alueella vesi johdettiin kanavista tekoaltaisiin, joissa se varastoitettiin käyttöä varten. Yhteenlaskettu varastoimis-tilavuus tekoaltaissa on 80 – 120 milj. m³.
- Kuivatus- ja levitysalue (*Drainage and dispersal zone*): alue käsittää alueen 1–18 mmpy ja voidaan jakaa kahteen osaan: tulvatasanne (1–10 mmpy) ja ylempi kuivatus- ja levitysalue (10–18 mmpy). Tällä alueella vesi johdettiin pois edelliseltä alueelta joko suoraan kohti järveä (kuivatus) tai diagonaalisesti järven rannan suuntaisesti (levitys).



Kuva 4. Kartta Angkorin hydraulisista alueista (muokattu Kummu 2003).

jon, että koko Puok-joen vesi siirtyi siihen muodostaen uuden joen, Siem Reapin. Samalla muodostui myös uusi valuma-alue, joka ottaa suurimman osan Kulenin vuorilta tulevasta vedestä ja virtaa nykyisen Siem Reapin kaupungin läpi (Kuva 5).

Veden pinta laski merkittävästi Siem Reap -kanavassa (nykyisin joki), jonka pohjaa eroosio söi paikoittain jopa 10 m. Tämä vaikeutti veden ohjaamista itäiseen tekoaltaaseen. Kun Siem Reap -kanava otti suuren osan Puok-joen virtaamasta, niin vettä ei riittänyt enää tarpeeksi täyttämään läntistä tekoallasta, jonne vesi johdettiin Puokin läntisestä poistokanavasta (*Great North Canal* – kts. Kuva 2). Nämä uudet veden varastoinnin haasteet aiheuttivat luultavasti suuria ongelmia Angkorille. Tarkkojen ajoituksien määrittäminen on erittäin vaikeaa, mutta niiden parissa työskennellään koko ajan. Eroosion nopeutta pyritään arvioimaan muun muassa hiili-14 -iänmäärittäksen, temppeleiden historiallisten kaiverrusten sekä hydraulisten mallien avulla.

Yhteenveto

Angkorin alueen ilmastoa hallitsevat monsuunisateet, ja kaupungin hydrologia perustuu kolmeen pääelementtiin: luonnollisiin jokiin, pohjaveteen sekä Tonle Sap -järveen. Kaupunki on jaettu vedenkäytön mukaan kolmeen alueeseen, mikä helpottaa vesivarojen hal-

linnan analysoimista ja ymmärtämisestä. Vesivarojen hallinta on taas jaettu pystysuuntaisesti eri hallintotasoille: kotitalous-/temppeletaso, kylätaso ja kaupunkitaso. Artikkelissa on esitetty lyhyesti eri hallintotasojen tärkeimmät hydrauliset rakennelmat. Näistä vaikuttavimpia ovat isot tekoaltaat, *barayt*, sekä kaupunkia halkovat kanavat.

Usein kuvitellaan, että alkuperäiskansat elivät harmoniassa ympäristön kanssa. Angkorissa ei näin kuitenkaan tapahtunut: insinöörit yrittivät hallita vesivaroja massiivisin rakentein ja järjestelmin. Tämä luultavasti toimikin hyvin joitakin satoja vuosia, mutta vähitellen eroosio ja sedimentaatio aiheuttivat koko järjestelmän romahtamisen.

Tulokset osoittavat, että vesivarojen hallintaa on tarkasteltava pitkällä aikavälillä, ei vain muutaman kymmenen vuoden päähen. Massiiviset rakenteet vaikuttavat ympäristöön vielä satojen vuosien kuluttua. Tutkimus on myös osoittanut, että pienet muutokset voivat käynnistää tapahtumaketjun, joka vähitellen muuttaa koko luonnollisen hydrologisen järjestelmän. Angkorin tapauksessa tämä oli erittäin vahingollista myös ihmiselle itselleen. On arveltu, että hydraulisen järjestelmän romahtaminen oli osasy pääkaupungin siirtämiseen lähelle nykyistä Kambodžan pääkaupunkia Phnom Penhiä 1400-luvun alkupuolella. Luonto näyttää mukautuneen

Antropologisen vesivarojen hallinnan vaikutus luonnolliseen hydrologiaan

Kokooma-alueella vettä johdettiin luonnollisista joista keinotekoisiiin kanaviin ja niiden kautta tekoaltaisiin ja osin suoraan Tonle Sap -järveen. Kanavat rakennettiin suoriksi ja yleensä luonnollista valumasuuntaa vastaan. Tämä aiheutti kanavan yläpäässä vakavaa eroosiota ja lähempänä Tonle Sap -järven tulvatasannetta sedimentoitumista (Kummu, in press, Lustig et al., 2008). Näiden ongelmien vuoksi antropologisen vesivarojen hallinnan vaikutukset luonnolliseen hydrologiaan olivat merkittäviä.

Alun perin Angkorin alueella oli vain kaksi valuma-aluetta (Kuva 5): Puok ja Roluos. Vähitellen Puok-jokeen tehty itäinen poistokanava alkoi erodoitua. Ajan myötä se erodoitui niin pal-



Kuva 5. Ylempänä kartta alkuperäisistä valuma-alueista. Alhaalla kartta nykyisistä valuma-alueista. (muokattu Kumm, 2003).

Lisätietoa internetissä:

Greater Angkor Project: <http://acl.arts.usyd.edu.au/angkor/gap/>

Angkor: <http://en.wikipedia.org/wiki/Angkor>

Oma tutkimus: <http://users.tkk.fi/u/mkummu> & <http://www.water.tkk.fi/global/>

Angkorin tapauksessa ihmisen aiheuttamaan muutokseen jopa paremmin kuin ihminen itse.

Tutkimuksessa merkittävänä osana on ollut poikkitieteellinen lähestymistapa ja eri tieteenalojen, mm. arkeologian, geologian, paleontologian, antropologian sekä vesialan tutkijoiden toimiminen yhdessä, integroidusti. Myös paikallisten asukkaiden osallistuminen tutkimuksen eri vaiheisiin on ollut näkyvää, mikä onkin yksi projektin päätarkoituksista. Kaikki kenttätö on tehty tiiviissä yhteistyössä paikallisten arkeologien ja muiden toimijoiden kanssa. Myös kyläläisiä on osallistunut toimintaan, ja heidän paikallistuntemustaan on hyödynnetty tutkimuksessa. Poikkitieteellinen lähestymistapa ja tieteen välisten raja-aitojen murtaminen ovat tuoneet kaikille tutkimuksessa mukana olleille tutkijoille ja opiskelijoille paljon uusia ideoita ja auttaneet ongelmien ratkaisuisissa.

Kirjallisuus

- Evans, D., 2002. Pixels, Ponds and People: Urban Form at Angkor from Radar Imaging. Honours Thesis, University of Sydney, Australia, 107 pp.
- Evans, D., Pottier, C., Fletcher, R., Hensley, S., Tapley, I., Milne, A. and Barbetti, M., 2007. A comprehensive archaeological map of the world's largest preindustrial settlement complex at Angkor, Cambodia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(36): 14277-14282
- Fletcher, R., 2001. A.R. Davis Memorial Lecture. Seeing Angkor: New views of an old city. *Journal of the Oriental Society of Australia* (32-33): 1-25.
- Kummu, M., 2003. The Historical Water Management of Angkor, Cambodia. *World Archaeological Congress 2003*. Washington DC.
- Kummu, M. In press. How water flowed in Angkor – from natural rivers to anthropologic water management. *Journal of Environmental Management*.
- Lamberts, D., 2006. The Tonle Sap Lake as a productive ecosystem. *International Journal of Water Resources Development*, 22 (3): 481-495.
- Lustig, T., Fletcher, R., Kummu, M., Pottier, C. and Penny, D., 2008. Did the traditional cultures live in harmony with nature? Lessons from Angkor. In: M. Kummu, M. Keskinen and O. Varis (Editors), *Modern Myths of the Mekong - A Critical Review of Water and Development Concepts, Principles and Policies*. Water and Development Publications, Helsinki University of Technology, Finland.
- Penny, D., Hua, Q., Pottier, C., Fletcher, R. and Barbetti, M., 2007. The use of AMS 14C dating to explore issues of occupation and demise at the medieval city of Angkor, Cambodia. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, 259(1): 388-394.
- Pottier, C., 1999. Carte Archéologique de la Région d'Angkor. Zone Sud. Ph.D Thesis, Université Paris III - Sorbonne Nouvelle (UFR Orient et Monde Arabe).
- Poulsen, A.F., Poeu, O., Viravong, S., Suntornratana, U. and Thung, N.T., 2002. Fish migrations of the Lower Mekong River Basin: implications for development, planning and environmental management, MRC Technical Paper, Mekong River Commission, Phnom Penh.
- van Zalinge, N., 2002. Update on the status of the Cambodian inland capture fisheries sector with special reference to the Tonle Sap Great Lake. *Catch and Culture*, 8 (2): 1-5.



ILMASTOAHMATTI VIE VETTÄ, MUTTA MYÖS TUO

Vedenkäytön kolmena sektorina esitetään tavallisesti asutus, teollisuus ja maatalous. Nyt on näyttämölle noussut neljäs, ahnas käyttäjä: ilmastonmuutos. Sen osuus voi joissakin maissa olla vuonna 2050 jopa nykyisen vedenkäytön suuruusluokkaa.

ESKO KUUSISTO

hydrologi

Suomen ympäristökeskus

E-mail: esko.kuusisto@ymparisto.fi

Maapallon maa-alueiden uudistuvat vesivarat ovat yhteensä 43 000 kuutiokilometriä vuodessa. Veden kokonaiskäyttö on tästä noin kymmenesosa. Asutuksen osuus kokonaiskäytöstä on 8 prosenttia, teollisuuden 23 prosenttia ja maatalouden 69 prosenttia.

Siis mikä ihmeen vesipula, kun käytössä on vain kymmenesosa? Syitä löytyy lähinnä kaksi:

- Puolet vesivaroista sisältyy tulva-huippuihin, joiden sisältöä ei saada talteen. Tästä vedestä on usein pelkkää haittaa.
- Lähes neljännes virtaa siellä, missä asutus on harvaa tai sitä ei ole lainkaan.

Jäljelle jää noin 9 000 kuutiokilometriä. Siitä on siis käytössä liki puolet. Myös tämän ”hyödynnettävän osuuden” ajallinen ja paikallinen jakauma poikkeaa ihmisen tarpeista. Sadetta voi esimerkiksi tulla runsaasti talvella, kun käytön huippu on lämpimänä vuodenaikana.

Nopea kaupungistuminen on pahentanut tilannetta. Ihmiskunnan urbaani puolikas on ahtautunut noin Suomen laajuuselle alueelle, jossa paikalliset vesivarat ovat vain 50 litraa vuorokaudessa asukasta kohti. Ruraali puolikas asuttaa yli neljäsataa Suomea ja voisi lotrata päivittäin vettä runsaat 30 000 litraa per henkilö.



Kuva 1. Tekoallas Guadianajoen vesistöalueella Portugalissa. Maa kiistelee tämän joen vesien käytöstä Espanjan kanssa. (Kuva: Esko Kuusisto).

Myös valtiotasolla vesivaroissa on valtaisia eroja. Islantilaisella on vettä 1,6 miljoonaa litraa vuorokaudessa, kuwaitilaisella 30 litraa. Suomalainen syntyy kultainen kannu kainalossa – meillä luku on 60 000 litraa.

Huikeita valtiollisia eroja on myös veden käytössä. Pääasiassa FAO:n tilastoihin pohjautuvassa yhteenvedossa (mm. Kuusisto 1998) suurin käyttö on kirjattu Turkmenistanille, peräti 15 700 litraa asukasta kohti vuorokau-

dessä. Syynä ovat valtavat kastelualueet; asutuksen osuus jää alle sadasosaan kokonaiskäytöstä. Vähimmällä vedellä pärjää tuon tilaston mukaan Haiti, siellä kokonaiskäyttö asukasta kohti on 20 litraa vuorokaudessa.

Uusi käyttäjä näyttämölle

Ilmastonmuutos tulee vaikuttamaan maapallon vesivarojen määrään, mutta vieläkin selvemmin niiden alueelliseen jakaumaan. IPCC:n viesti on karu:

useimmat vesirikkaat alueet rikastuvat entisestään, niukkuudesta kärsiville on luvassa paheneva vesipula. Joitakin poikkeuksia toki on, niistä alueellisesti laajin on Sahara, jonne mallit ennakoivat 30-50 prosentin valunnan lisäystä vuoteen 2050 mennessä. Jos mallit olisivat inhimillisiä olentoja, tätä voitaisiin pitää karkeana pilana. Saharan valunnan pitäisi kasvaa ainakin tuhat prosenttia ennen kuin kasvulla olisi käytännön merkitystä.

Jos ilmastonmuutos vähentää jonkin valtion vesivaroja, se voidaan tilastoissa rinnastaa perinteisiin veden käyttömuotoihin. Jos valtiolla on tällä hetkellä vesivaroja 110 km³ ja ilmastonmuutoksen ennakoitaan vähentävän niitä 19 prosentilla vuoteen 2050 mennessä, ilmastonmuutos ”käyttää” tuolloin vettä 20,9 km³ vuodessa. Muille käyttömuodoille jää jaettavaa enää 89 km³.

Taulukkoon 1 on poimittu yhdeksän suurehkoa valtiota tai aluetta, joissa asuu yhteensä yli puoli miljardia ihmistä. Kaikissa käytetään runsaasti vettä, erityisesti kasteluun. Yhteistä on myös se, että ilmastonmuutos tulee vähentämään vesivaroja merkittävästi. Yllä kuvattu esimerkki on taulukon valtioista ensimmäinen, Espanja.

Kaikissa taulukon valtioissa ilmastonmuutos tulee kuluttamaan vesivaroja enemmän kuin mitä asutuksen vesihuolto käyttää nykyään. Maatalouden vedenkäytön ilmastonmuutos ohittaa vain Turkissa, jossa myös ilmastonmuutoksen absoluuttinen osuus on korkein. Toisaalta veden nykyinen käyttöaste on Turkissa selvästi alhaisempi kuin muissa taulukon maissa, joten haavoittuvuus ei ole kovin suuri.

Mikä taulukon maista sitten on kaikkein haavoittuvuin? Espanjan kuiva etelä yritti saada vettä laajan siirtojärjestelmän avulla pohjoisesta, mutta tämä suunnitelma hyllytettiin muutama vuosi sitten. Maatalouden vedenkäyttöä on todennäköisesti pakko rajoittaa tulevaisuudessa. Aurinkorannikolle rakennetaan uusia suolanpoistolaitoksia, mutta tomaatintaimien sijasta vesi päättynee turistien lotrattavaksi.

Kalifornian väkiluku kasvaa yhä voimakkaasti. Los Angelesin alueesta ei olisi koskaan tullut suurta megapolista, ellei mittavia vedensiirtojärjestelmiä olisi

Taulukko 1. Eräiden valtioiden omat vesivarat ja niiden käyttö. Asutuksen, teollisuuden ja maatalouden osuudet ovat viime vuosilta, ilmastonmuutoksen vaatima osuus vastaa tyypillistä skenaariota noin vuonna 2050.

Maa	Omat vesivarat (km ³ /a)	Nykyinen käyttöaste (%)	Käyttö eri sektoreilla (km ³ /a)			
			Asutus	Teollisuus	Maatalous	Ilmastonmuutos
Espanja	110	33	4,3	9,4	22,3	20,9
Italia	159	37	8,3	16,2	34,8	19,1
Ukraina	53	49	4,7	13,5	7,8	5,8
Marokko	30	50	0,6	3,6	11,0	4,8
Etelä-Afrikka	45	38	2,9	1,9	12,2	4,5
Turkki	196	9	2,8	2,0	28,8	33,0
Iran	128	46	3,5	1,5	54,0	21,0
Kalifornia	101	51	9,3	0,7	41,8	24,0
Meksiko	357	25	4,8	7,2	77,5	28,6

alettu rakentaa jo lähes sata vuotta sitten. Niukoista vesivaroista käydään kovaa kiistaa eivätkä ilmastonmuutoksen uhkakuvat ainakaan hillitse tätä keskustelua (Vicuna & al. 2007).

Lisävettä monille maille

Taulukon 1 maita ilmastoahmatti koettelee ankaralla kädellä. Monet valtiot saavat kuitenkin lisää vettä. Yli 90 prosenttia ilmastomalleista ennakoivat valunnan lisäystä lähes kaikkialla leveysasteen 60N pohjoispuolella, samoin laajoilla alueilla tropiikissa, ei kuitenkaan Amazonilla. Myös Pohjois-Amerikan itäosat, Uralin takainen Venäjä, Koillis-Kiina ja Argentiina ovat saajien joukossa.

Suomessa valunnan ennakoitu lisäys on suurimpia maailmassa. Esimerkiksi ECHAM4-skenaariossa (EEA 2007) se on vuodelle 2070 pääosassa Suomea yli 30 prosenttia, Itä-Suomessa ja Kainuussa jopa yli 50 prosenttia. Mikään muu Euroopan maa ei tässä skenaariossa yllä edes 20 prosentin kasvuun.

Valunnan lisäys ei välttämättä ole hyvä asia. Se voi merkitä pahenevia tulvia, ja huonoimmassa tapauksessa niiden ohella entistä ankarampaa kuivuutta. Nämä molemmat voivat toteutua muun muassa paikoin Keski-Euroopassa, itäisessä Afrikassa sekä Aasian monsuunialueilla.

Mallien erimielisyys kehityksen suunnasta on melkoinen pääosassa Kiinaa ja Intiaa. Näiden jättimaiden osuus maailman vesivaroista on nykyään 11 prosenttia, mutta väestöstä yli kolmannes. Merkittävin syy suureen hajontaan on, että monsuuni-ilmaston sadeolojen

mallintaminen on yhä melkoinen haaste. Lähes kaikkien mallien mukaan vesivarojen alueellinen jakauma kuitenkin äärevöityy molemmissa valtioissa. Vesivaroiltaan runsaassa Etelä-Kiinassa joet virtaavat entistä pontevammin, samoin maan koillisosissa. Tiheään asutun Keski-Kiinan tasankojokien virtaamat sitä vastoin pienenevät. Intian kuiva länsi kuivuutuu entisestään, kostea koillinen saa lisää vettä.

Monissa Intian ja Kiinan joissa jäätiköiden sulamisvesien osuus on huomattava. Jäätiköiden kutistuminen lisää tätä osuutta noin vuoteen 2030 asti, sitten se alkaa pienetä. Tämä voi niukentaa lähes puolen miljardin ihmisen vesivaroja (Mall & al. 2006).

Talous ei kasva ilman vettä

Taulukossa 1 ei ennakoitu vedenkäytön muutoksia perinteisillä käyttösektoreilla. Tätä aihetta ovat asutuksen ja teollisuuden osalta käsitelleet perusteellisesti mm. Alcamo, Flörke & Märker (2007). He arvioivat asutuksen vedenkulutuksen kasvavan maailmanlaajuisesti peräti 4–5 -kertaiseksi vuoteen 2055 mennessä. Kasvu on rajuinta kehitysmaissa ja taustalla on ensisijaisesti talouden kasvu. Väestönkasvun merkitys on selvästi tätä pienempi.

Myös vedenkäyttö teollisuudessa kasvaa, mutta ”vain” noin kaksinkertaiseksi. Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa se pienenee. Suhteellisesti suurinta kasvu on Afrikassa, mutta silti tuon maanosan osuus jää vuonna 2055 viiteen prosenttiin maailman teollisuuden vedenkulutuksesta.



Kuva 2. Säännöstelypato jakaa vettä Niilin suuhaaroihin Egyptissä. Maan omat vesivarat ovat olemattomat, mutta ilmastonmuutoksen vaikutus Niilin virtaamaan on kohtalonkysymys. Mallien antamat tulokset ovat kuitenkin vielä ristiriitaisia. Toisaalta veden käytön lisääntyminen Niilin alueen muissa valtioissa tulee todennäköisesti aiheuttamaan Egyptille kasvavia ongelmia. (Kuva: Esko Kuusisto).



Kuva 3. Alkeellista kastelua Gambiassa. Pelkästään naisten ylläpitämä Bakaun viljelmä tuottaa kuitenkin merkittävän osan maan pääkaupungissa myytävistä vihanneksista. (Kuva: Esko Kuusisto).

Ilmastonmuutos itse vaikuttaa tietysti myös perinteisten sektoreiden vedenkulutukseen. Asutuksen ja teollisuuden osalta vaikutus jäänee pienehköksi, mutta maataloudessa se on merkittävä.

Maapallon nykyinen kastelualue on noin 270 miljoonaa hehtaaria. Se on 18 prosenttia koko peltoalasta, mutta sadosta osuus on 40 prosenttia, kehitysmaissa jopa 60 prosenttia. Kastelun hyötysuhde on vain 50 prosenttia, joten tehostamisvara on huomattava.

Fischer & al (2007) arvioivat kastelualan lisääntyvän 390 miljoonaan hehtaariin vuoteen 2080 mennessä. Samalla hyötysuhde nousee 70 prosenttiin. Näin ollen pelloille johdettavan veden määrä kasvaisi noin 25 prosenttia, jos ilmastonmuutosta ei oteta huomioon. Ilmastonmuutos lisää veden tarvetta eri skenaarioissa 670–725 km³, joten kaikkiaan vettä tarvittaisiin kasteluun lähes 50 prosenttia enemmän kuin nykyään. Jos kasvihuonekaasujen päästöjä onnistutaan hillitsemään SRES B1-skenaarion mukaisesti, vettä säästyy 220–275 km³.

Päätelmiä

Viime vuosisadan kuluessa ihmiskunta paisui puolestatoista miljardista yli kuuteen miljardiin eli nelinkertaiseksi. Asutuksen vedenkulutus kasvoi

21-kertaiseksi, teollisuuden 28-kertaiseksi, maatalouden kuusinkertaiseksi. Nämä kaikki kasvuluvut olivat ennen kokemattomia – eikä vastavia voida kirjata millään tulevallakaan vuosisadalla.

Vedentarpeen kasvu jatkuu kuitenkin huolestuttavan nopeana. Edellä esitetyn valossa ihmiskunnan vedenkäyttö olisi tämän vuosisadan puolivälissä 6 500–7 000 km³. Kasvun painopiste on maissa, joiden väestö lisääntyy nopeasti; monia näistä maista myös ilmastonmuutos kohtelee kaltoin.

Paljonko maailman kokonaisvesivarat muuttuvat vuoteen 2050 mennessä? Ilmastomallit eivät anna tähän kovin luotettavaa vastausta; sekä vähennä että lisäys on mahdollinen. Yli 10 prosentin muutos suuntaan tai toiseen globaalilla tasolla on kuitenkin epätodennäköinen. Valtioittainen haarukka on kuitenkin paljon suurempi, ehkä jopa -40...+30 prosenttia.

Jos vedenkäyttö vuonna 2050 on ennakoitua luokkaa, siihen mennessä on pitänyt toteuttaa merkittäviä veden kauksiirtohankkeita ja rakentaa lisää tekoaltaita. Sadeveden keruuta on oleellisesti tehostettu, puhdistettua jätevettä käytetään uudelleen, merivettä makeutetaan mittavasti. Ehkäpä jäävuoriakin jo hinataan Lähi-itään tai Australiaan.

Kansainvälisiltä vesikonflikteilta ei ole välttytty, suoranaisia vesisotiaakin on käyty. YK:n ilmastopimuksen (UNFCCC) rinnalle on jo kauan sitten syntynyt UNFCSWS, United Nations Framework Convention on Water Solidarity. Sen puitteissa jaetaan veden käyttöoikeuksia ja ratkotaan kiistoja maiden ja käyttäjäryhmien välillä.

Kirjallisuus

- Alcamo, J., Flörke, M. & Märker, M. 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal* 52(2), 247–275.
- EEA. 2007. Europe's environment. The fourth assessment. Chapter 3: Climate change, pp. 145–174.
- Fischer, G. & al. 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements: effects of mitigation, 1990–2080. *Technological Forecasting & Social Change* 74(8), 1083–1107.
- Kuusisto, E. 1998. International river basins and the use of water resources. A report to the Ministry for Foreign Affairs. Finnish Environment Institute, 72 p.
- Mall, R. K. & al. 2006. Water resources and climate change: an Indian perspective. *Current Science* 90(12), 1610–1626.
- Vicuna, S. & al. 2007. The sensitivity of California water resources to climate change scenarios. *Journal of the American Water Resources Association* 43(2), 482–498.



VOIVATKO VESISTÖJEN RAKENTAMINEN JA EKOLOGIA KOHDATA?

JUHA JÄRVELÄ

tekn.tri, opettava tutkija,
luonnonmukaisen vesirakentamisen asiantuntija
TKK vesitalous ja vesirakennus
E-mail: juha.jarvela@tkk.fi

Maapallon vesiin kohdistuu alati kasvavia paineita. Voivatko vesistöjen rakentaminen ja ekologiset näkökodat kohdata toisensa muutoinkin kuin törmäyskurssilla? Missä määrin vesistöjä voidaan hyödyntää aiheuttamatta ekologisia haittoja? Miten haittoja tulisi lieventää tai korjata? Yksi vastaus on vesistöjen kunnostaminen, johon nykyisin paljon panostetaan – mutta tiedetäänkö oikeastaan, mitä sillä on saatu aikaiseksi?

Vettä esiintyy harvoin sopivasti oikeassa paikassa ja oikeaan aikaan. Siksi ihminen on jo vuosituhansien ajan pyrkinyt hallitsemaan veden paikallista ja ajallista esiintymistä. Esimerkiksi padonrakennuksen historian katsotaan alkaneen jo 4 600 vuotta sitten Egyptissä Sadd-el-Kafaran 14 metriä korkean padon rakentamisesta.

Vesirakentamisella pyritään takaamaan veden saatavuus erilaisiin tarpeisiin kuten kasteluun, juomaveden hankintaan, energiantuotantoon ja vesiliikenteeseen. Toisaalta vesirakentamisella suojataan ihmisiä ja heidän omaisuuttaan vedeltä, esimerkiksi tulvilta ja merenkäynniltä. Tulvat ovat maailman yleisin luonnonkatastrofi ja nii-

den on arvioitu lisääntyvän entisestään ilmastonmuutoksen seurauksena (EEA 2003). Euroopassakin on viimeisen kymmenen vuoden aikana kuollut tulvissa 700 ihmistä, noin puoli miljoonaa ihmistä on jouduttu pakkosiirtämään ja vakuutusyhtiöt ovat korvanneet vahinkoja vähintään 25 miljardilla eurolla. Toisaalta monia alueita vaivaa jatkuva tai ajoittainen kuivuus, minkä seurauksena vedenkäyttöä on jouduttu rajoittamaan (Kuva 1).

Vesistöihin ja vesivaroihin kohdistuvat paineet ovat jatkuvasti lisääntyneet. Maapallon kasvava väestö tarvitsee ravintoa, jonka tuottamiseen suurin osa vedestä kuluu, sillä maatalous perustuu kasteluun. Samaan aikaan käynnissä on suuri kaupungistuminen, ja YK:n arvioiden mukaan vuonna 2030 kaupungeissa asuu 60 prosenttia maailman väestöstä. Suuret kaupungit eivät vaikuta vain paikallisiin hydrologisiin oloihin, vaan laajemmalle, sillä niiden olemassaolo on riippuvainen muualta johdettavasta vedestä. Kasvava väestö tarvitsee myös lisää energiaa – ja etenkin kehittyvissä maissa elintason nousun myötä energiankäyttö lisääntyy huomattavasti. Vesivoimaa rakennetaankin hyvin aktiivisesti Kiinassa, Intiassa, Iranissa, Brasiliassa ja Turkissa – samaan aikaan kuitenkin Länsi-Euroopassa ja USA:ssa jopa puretaan patoja ympäristösyistä.

Hyvinvoinnin lisääntyminen on aina sidoksissa tavalla tai toisella veteen. Kehitys maapallon eri alueilla on kui-

tenkin ollut hyvin eriävää. Yhtäällä vesivarojen tehokas käyttö on siivittänyt kulttuureja henkiseen ja taloudelliseen menestykseen, toisaalla eivät edes elämän perusedellytykset ole vielä kunnossa. Niinpä suhtautuminen vesirakentamiseen on nykyisin hyvin monijakoista: se voidaan katsojasta riippuen nähdä yhtä hyvin niin hyvinvoinnin ja vaurauden tuojana kuin ekologisten arvojen ja vallitsevan kulttuurin tuhoajana. Yksi on kuitenkin selvää: vesiin kohdistuvat suorat ja välilliset ihmistoiminnan vaikutukset ovat sekä suuria että laajalle ulottuvia. Jos esimerkiksi-indikaattorina käytetään sukupuuttoon kuolevia lajeja, niin makean veden eläimistöä häviää maaekosysteemeihin verrattuna viisinkertaisella nopeudella (Bernhardt et al. 2005).

Pyrkimyksiä ekologisempaan suuntaan

Vesiin kohdistuvat ongelmat on maailmanlaajuisesti tiedostettu ja ”vihreämpi” ajattelu on vakiinnuttanut asemansa (Kuva 2). Vesien käyttöä voidaankin usein suunnitella niin, että yksikköhaitat ovat pienemmät kuin aiemmin – teknologinen ja tieteellinen osaaminen sekä taloudelliset resurssit tekevät tämän mahdolliseksi. Globaalista näkökulmasta ongelmana kuitenkin on kasvava yksikkömäärä: väestön ja kulutuksen kokonaiskasvu. Rikkaat länsimaat edustavat vain pientä osaa maapallon väestöstä. Vähemmän kehittyneissä

maissa saatetaan nyt elää vaihetta, jossa luonnonresursseja valjastetaan tehokkaasti käyttöön paremman elintason toivossa. Euroopassa se tehtiin jo 1800- ja 1900-luvuilla. Esimerkiksi 1950-luvun Suomessa elettiin voimakasta teollistumisen aikakautta, jolloin vallitsi verrattain laaja yksimielisyyttä vesirakentamisen tarpeellisuudesta (erityisesti voimalaitosrakentamisesta) eikä ympäristöasioihin kiinnitetty suurta huomiota. Nyttemmin toisenlaiset arvot ovat Suomessa vahvistaneet merkitystään, ja vesistöissä tehdään enemmän kunnostamistöitä kuin uudisrakentamista. Onko meillä nyt oikeus rajoittaa muiden maiden vesivarojen hyötykäyttöä? Paljonko näiden ihmisten tulisi tinkiä elintasostaan?

Kun jossakin luonnontilaisia vesistöjä valjastetaan tehokkaaseen hyötykäyttöön, niin toisaalla vesiä kunnostetaan suurella vaivalla ja rahalla, mikä vaikuttaa melkoiselta ristiriidalta. Vesirakentaminen on kuitenkin aina sidoksissa aikaan ja paikkaan. Yhteiskunnan kulloisetkin tarpeet ja arvostukset määrittävät, millaista vesirakentamista tehdään. EU:ssa viimeaikaisia merkkipaaluja ovat vesipolitiikan puitteiden direktiivi (2000) ja tulvadirektiivi (2007). Näistä ensimmäisen pyrkimyksenä on saavuttaa jäsenmaiden vesistöissä hyvä ekologinen tila vuoteen 2015 mennessä. Aiemmin vesistöjen tilaa on arvioitu lähinnä vain vedenlaadun perusteella. Nyt mukaan ovat tulleet keskeisessä roolissa biologinen (toiminnallinen) monimuotoisuus ja hydrologisen järjestelmän luonnonmukaisuus. Niin ikään vesistön morfologinen (rakenteellinen) monimuotoisuus on ymmärretty yhdeksi keskeisimmistä ekologisista olosuhteista määräävistä tekijöistä. Uusi tulvadirektiivi puolestaan korostaa aiempaa enemmän luonnonmukaisempien tulvanhallintamenetelmien käyttöä. Teknisten toimien kuten penkereiden ja tekoaltaiden sijasta tulee jatkossa keskittyä enemmän tulvien syihin, esimerkiksi maankäytön aiheuttamien hydrologisten muutosten rajoittamiseen.

Molemmissa direktiiveissä on paljon ekologisista näkökohtia korostavia pyrkimyksiä, mutta samaan aikaan EU pyrkii voimakkaasti edistämään uusiutuvan energian tuotantoa, yhtenä merkittävimmistä pienvesivoimaa. EU:n asettamat suojelu- ja hyötykäyttötavoitteet ovat hyvin perusteltavissa, mutta keskenään kilpailevia ja ristiriitaisia. Paikallisesti tarkasteltuna pienvesivoima voi parhaimmillaan edustaa energiaomavaraista lähituotantoa, jonka

vaikutukset eivät ole laajalle ulottuvia, mutta tällöinkin se voi kilpailla paikallisten kalastushyötyjen kanssa. Lisäksi jos pienvesivoimahankkeita on suuri määrä, tulevat kumulatiiviset vaikutukset merkittäviksi.

Vesiympäristöjen kunnostaminen

Länsi-Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa ympäristön tilan parantamiseen on panostettu paljon niin lainsäädännöllisin kuin taloudellisin ohjaukskeinoin. Vesiin kohdistuneilla toimilla on ensisijaisesti pyritty parantamaan vedenlaatua. Jätevesien puhdistaminen onkin pääsääntöisesti hyvällä tasolla, ja sitä kautta vesiin kohdistuvaa kuormitusta on voitu vähentää. Ihmistoiminta on kuitenkin muuttanut monien valuma-alueiden maankäyttöä ja hydrologisia olosuhteita niin voimakkaasti, että vedenlaadun paraneminen yksistään ei ekologista tilaa kohota. Siksi onkin tärkeää ymmärtää, ollaanko puuttumassa sairauden syihin vai vain oireisiin. Olisiko esimerkiksi edullisempaa parantaa vedenlaatua estämällä ravinteiden pääsy veteen kuin puhdistaa jo likaantunutta vettä?

Vesistöjen laaja-alaisemman kunnostamisen suurena haasteena ovat



Kuva 1. Vettä riittää Elbe-joessa Dresdenissä tulvavahingoiksi asti, mutta Sydneyssä kuivuuden takia tarvitaan kasvitieteellisessä puutarhassakin erityislupa kasteluun. Viranomaiset valvovat kastelua ja pihanpesua; kotipuutarhuria sakotetaan luvattomasta vedenkäytöstä vähintään 100 euroa ja yrityksiä 500 euroa. (Kuva: Juha Järvelä).



Kuva 2. Aasian maissa rakennetaan paljon patoja ja vesivoimaa, mutta myös ekologiset näkökohdat ovat nousseet tärkeiksi. Soulin keskusta palautettiin Cheonggyecheon-joki takaisin päivänvaloon purkamalla 2-kerroksinen monikaistainen tie sen päältä usean kilometrin matkalta (vas.). Hong Kong Wetland Park pyrkii suojelemaan arvokasta kosteikkoaluetta ja valistamaan lähialueen asukkaita (oik.). (Kuvat: Juha Järvelä).

monimutkaiset vuorovaikutussuhteet luonnonprosesseissa, joihin lähtökohdaisesti kuuluu luonnollinen vaihtelu ja siitä seuraava epävarmuus. Esimerkiksi vedenlaadun parantaminen erilaisin puhdistustekniikoin on helppoa verrattuna koko valuma-alueen käyttäytymisen ennustamiseen. Puutteellisesta tietämyksestä huolimatta on monissa maissa etenkin jokien kunnostaminen tullut niin suosituksi, että voidaan puhua varsinaisesta kunnostamistrendistä. Euroopassa johtavia maita ovat olleet Saksa ja Iso-Britannia niin käytännön kunnostustoimissa kuin tutkimus- ja kehitystyössäkin. USA:ssa on arvioitu vuodesta 1990 lähtien vuosittain investoidun yli 1 000 miljoonaa dollaria jokien kunnostamiseen. Kunnostushankkeiden pääasiallisena tavoitteena on ollut vedenlaadun parantaminen, mitä ovat seuranneet rantavyöhykkeiden hoito, uomahabitaattien parantaminen, kalaston elinolosuhteiden edistäminen ja luiskien eroosion hallinta. Useimmat kunnostushankkeet ovat rajoittuneet yksittäiseen jokiosuuteen, vaikka valuma-alue olisi oikeampi tarkasteluyksikkö.

Kun kunnostusinnostuksen ensimmäinen aalto on nyt vähän vaimentunut, on herätty katsomaan mitä on saavutettu. Ammattikuntien sisältäkin alkoi enenevässä määrin kuulua kriittisiä kannanottoja, joiden mukaan kunnos-

tushankkeisiin ryhdytään ilman asianmukaisia suunnitelmia ja riittävän laaja-alaista osaamista. Kunnostamisesta oli tullut tuottoisa bisnes, jolle oli syntynyt hyvät markkinat. Vasta muutamat näytävät epäonnistumiset todella avasivat keskustelun siitä, kuinka vähän tietoa on saatavilla kunnostustoimien vaikutuksista. Hankkeiden seurannan puute ja soveltavan tutkimuksen vähäisyys ovat haitanneet parempien suunnittelumenetelmien ja -työkalujen kehitystä (Palmer et al. 2005).

Vuonna 2005 kartoitettiin USA:ssa reilun 37 000 kunnostushankkeen taustat ja tulokset. Näistä 20 prosentille ei pystytty löytämään yksilöityä päämäärää ja vain 10 prosentissa hankkeista oli suoritettu jonkinlainen arviointi tai seuranta; rahaa arvioitiin kuitenkin kuluneen valtavat 15 miljardia dollaria (Bernhardt 2005). Tiedot hankkeiden tavoitteista, toimenpiteistä ja tuloksista olivat pääsääntöisesti niin puutteellisia, että mahdollisuudet oppia onnistumisista ja epäonnistumisista tulevaisuutta varten oli lähestulkoon menetetty. On tietenkin epärealistista, että kaikissa kunnostushankkeissa olisi laaja seurantaohjelma, mutta hyvin kohdistetuilla standardisoiduilla menetelmillä voitaisiin kerätä lähtö- ja lopputilasta tietoa, joka auttaa ymmärtämään millä kunnostustoimilla halutut tavoitteet ovat saavutettavissa. Vaikka hankkeet ovat

usein pieniä, niin niiden suuren määrän takia kumulatiiviset vaikutukset ja kustannukset ovat suuremmat kuin paremmin seurattujen suurten hankkeiden (Kuva 3).

Nytemmin on esitetty, että kunnostushankkeen onnistumisen edellytyksenä on keskittyminen prosessien kunnostamiseen eikä tietyn lopputilan saavuttamiseen. Jälkimmäinen tapa hoitaa vain oireita, kun ensimmäinen todennäköisemmin tarjoaa paremmat mahdollisuudet ratkaista ongelmien syyt sekä hallita luontaiseen vaihteluun liittyvä epävarmuus. Jotta kunnostustavoitteisiin päästäisiin, tulisi:

- johdonmukaisesti tunnistaa hankkeiden monimutkaisuus ja epävarmuudet;
- jatkuvasti kehittää teoreettista kehystä jokisysteemien toiminnan säännönmukaisuuksien tunnistamiseksi;
- suorittaa seuranta keskittymällä avainmuuttujiin oikeassa laajuudessa;
- liittää yhteen tiede ja käytäntö;
- kehittää vallitseviin reunaehtoihin sopivia kunnostusmenetelmiä (Wohl et al. 2005).

Tavoitteisiin pääsemiseksi tarvitaan laaja-alaista yhteistyötä, sillä yksi ammattikunta ei voi hallita koko kenttää (esim. Slate et al. 2007).

Suomessakin olisi syytä pohtia, mitä vastinetta vesistöjen kunnostamiseen käytettävillä huomattavilla panostuksilla saadaan. Esimerkiksi koskien kalataloudelliseen kunnostamiseen on käytetty paljon resursseja, mutta vaikutusten arviointi on vaikeaa. Kokonaisvaltainen jokiekosysteemien prosessien ymmärtäminen on kuitenkin perusedellytys menestykselliselle kunnostustoiminnalle – kosket arvokaloineen eivät ole irrallinen osa muusta valuma-alueesta. Vesiensuojelun nimissä puolestaan rakennettiin vajavaisten tietämyksen varassa suuri joukko laskeutusaltaita, joiden hyödyt myöhemmin osoittautuivat vaatimattomiksi. Seuraavaksi innostuttiin perustamaan kosteikkoja, joita maataloustukijärjestelmän osana on kaavailtu tehtäväksi tuhansia, vaikka tiedot niiden toimivuudesta ovat joitakin yksittäisiä kohteita lukuun ottamatta edelleen puutteellisia.

Johtopäätökset

Maailmassa on nähtävästi meneillään kaksi osittain vastakkaista kehityskulkua: vesistöjen lisääntyvä hyötykäyttö kehittyvissä maissa ja vesistöjen kunnostaminen varhaisemmin teollistuneissa maissa. Samankaltaisia vastakkaisuuksia löytyy kuitenkin kaikilta tasoilta, esimerkiksi EU:n edistämä pienvesivoiman uudisrakentaminen on ristiriitainen vesipuidedirektiivin hyvään ekologiseen tilaan pyrkimisen kanssa. Paikallisella tasolla puolestaan löytyy kunnostushankkeita, jotka toisaalla suoritettut toimet ovat tehneet merkityksettömiksi. Jotta rakentaminen ja ekologia voisivat paremmin toisensa kohdata, niin ilmiselvästi tarvitaan



Kuva 3. Boyer Chute -sivuoman ennallistamisen tarkoitus on edesauttaa tulvametsän palautumista ja siten parantaa Missouri-joen ekosysteemin tilaa, mitä tulvasuojelu- ja vesiliikennetoiminnot ovat suuresti muuttaneet. On kuitenkin vaikea arvioida, miten suuri merkitys pienillä yksittäisillä kunnostushankkeilla on. (Kuva: Juha Järvelä).

kokonaisvaltaista valuma-alueelähtöistä lähestymistapaa, jossa erilaiset intressit tulevat laaja-alaisesti tarkastelluiksi. Erityisesti kunnostushankkeiden onnistumisen rajoitteena on tieteellisen tiedon puute valuma-alueittakaavan prosessien dynamiikasta. Siksi hankkeiden seuranta on parannettava, jotta saisimme suunnitteluun palautemekanismin emmekä vain toistaisi samoja virheitä. Seurantakaan ei itsessään kuitenkaan johda mihinkään, ellei sitä kytketä kehitystyöhön hyvin: tarvitsemme ensin oikeat kysymykset ja sitten niihin oikeat vastaukset, jotka viedään käytäntöön asti.

Kirjallisuus

- Bernhardt, E.S. et al. 2005. Synthesizing U.S. river restoration efforts. *Science*, 308: 636–637.
- EEA 2003. Europe's environment: the third assessment. Environmental Assessment Report, 10. European Environment Agency, Copenhagen.
- Palmer, M.A. et al. 2005. Standards for ecologically successful river restoration. *Journal of Applied Ecology*, 42:208–217.
- Slate, L.O. et al. 2007. Engineering Design Standards and Liability for Stream Channel Restoration. *Journal of Hydraulic Engineering*, 133(10): 1099–1102.
- Wohl, E. et al. 2005. River restoration. *Water Resources Research*, 41:W10301.



Finnish Consulting Group
Infra ja ympäristö

Ympäristölaboratoriomme 50 vuotta

FCG SUUNNITTELUKESKUS OY • FCG IP-TEKNIikka OY • www.fcg.fi

YHDYSKUNTIEN JA TEOLLISUUDEN VESITEKNIikkaA - TEORIAA JA KÄYTÄNTÖÄ



MIKKO MARTIKKA
dipl.ins., tutkija
TKK sellu- ja ympäristötekniikka
E-mail: mikko.martikka@tkk.fi



ARI JÄRVINEN
dipl.ins., laboratorioinsinööri
TKK vesihuoltotekniikka
E-mail: ari.jarvinen@tkk.fi



TIMO LAUKKANEN
tekn.tri, tutkija
TKK sellu- ja ympäristötekniikka
E-mail: t.laukkanen@tkk.fi

Veden- ja jäteveden käsittelyprosesseja tarkastellaan TKK:ssa toisaalta yhdyskuntien ja asutuksen, toisaalta teollisuuden vesihuollon näkökulmasta. Yhdyskuntien vesihuollon toteuttamisessa on tärkeää tuntee yhdyskunta- ja rakennustekniikkaa laajasti. Teollisuudessa lähtökohtana on puolestaan prosessien aine- ja energiavirtojen hallinta. Vaikka alojen vesihuollon lähtökohdissa on eroja, on niillä myös paljon yhteistä. Tiedekuntarajat ylittävä yhteistyö vesiosaamisen kehittämisessä on nähty erityisen tärkeäksi.

Vesien käsittely korkeakouluopetuksessa voidaan jakaa yhdyskuntien ja teollisuuden vesien käsittelyyn. Yhdyskuntien vesihuollossa hyvälaatuisen talousveden turvaaminen, terveydelliset näkökohdat ja ympäristökuormituksen vähentäminen ovat tutkimuksen ja opetuksen keskeisiä lähtökohtia, yhdyskunta- ja rakennustekniikan tuntemuksen ohella. Alan opetus ja tutkimus on keskittynyt TKK:ssa yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitokselle ja erityisesti vesihuoltotekniikan professuuriin. Teollisuuden ympäristötekniikan, ja vesiteknikan sen osana, on nähty kuuluvan prosessitekniikan alaan, jonka opetuksen ja tutkimuksen vastuuta on keskitetty puunjalostustekniikan laitokselle prosessiteollisuuden ympäristötekniikan professuuriin. Teollisuuden prosessien

asettamien vaatimusten tunteminen ja materiaalivirtojen kokonaisvaltainen hallinta ovat opetuksessa avainasemassa. Yhteisiä teemoja alojen kesken löytyy erityisesti vedenkäsittelyprosesseissa, jäteveden puhdistuksessa ja sen tavoitteissa sekä vesianalytiikassa.

Vesihuoltoa...

Vesihuollon opetusala on yhdyskuntien talous- ja jätevesien puhdistuksen lisäksi veden hankinta sekä vesijohto- ja jätevesiverkostot. Jätehuoltotekniikkaa voi opiskella sivuaineena. Vesihuoltotekniikassa on vuosien varrella harjoitettu tutkimustoimintaa kaikilla näillä osa-alueilla. Parhaillaan kehitetään etenkin vesihuoltoverkostojen hallintaa ja tutkitaan jätteidenkäsittelykeskusten uusia vedenkäsittelymenetelmiä.

Yhteistä toimintaa Tekniikan päivillä

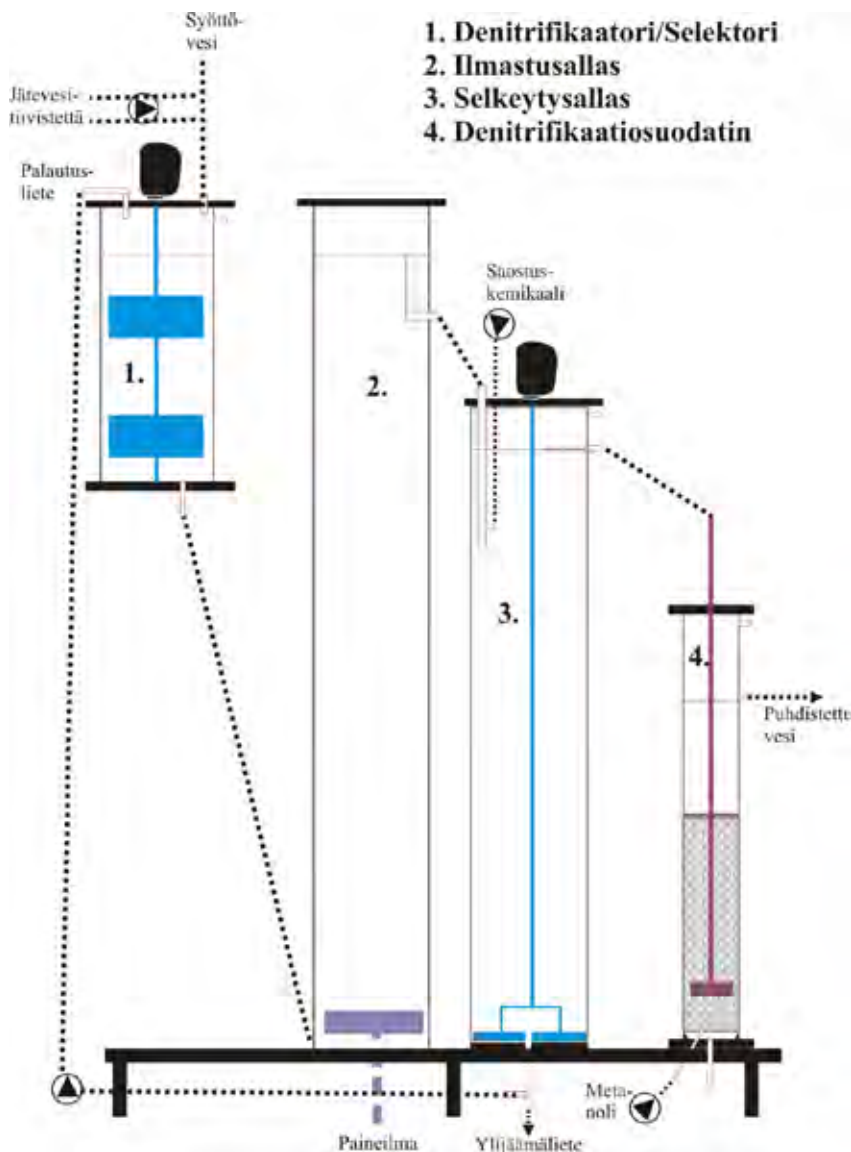
Esimerkkinä tiedekuntien välisestä yhteistyöstä Tekniikan päivien yhteydessä messuvieraille tarjotaan mahdollisuus tutustua veden hankintaan, käsittelyyn ja jäteveden puhdistukseen käytännössä. Eri laitoksilta koottu opiskelijaryhmä esittelee ja koeajaa biologis-kemiallista jätevedenpuhdistamoa (Kuva 1), joka on rakennettu yhteistyössä vesihuoltotekniikan ja sellu- ja ympäristötekniikan yksiköiden kesken. Jäteveden puhdistusprosesseja esitellään myös julisteilla, joissa on kuvattu täyden mittakaavan prosesseja. Näyttely liittyy laajempiin projektitöihin, joissa eri tekniikan alojen opiskelijat tutkivat jäteveden puhdistusprosesseja eri mittakaavoissa. Monialainen ryhmätyö tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden tutustua toisiin aloihin, aiheisiin ja vaihtoehtoihin työtapoihin ja samalla kehittyä sekä tutkimustyössä että projekti- ja tiimityöskentelytaidoissa. Tekniikan päivillä esitellään myös talousveden puhdistusta laboratoriomittakaavaisella laitteistolla, jota opiskelijat käyttävät mm. vedenpuhdistuksen perusteita käsittelevän kurssin harjoituksissa (Kuva 2). Eri tieteenaloja yhdistävä tutkimus- ja koulutusprosessi sopii aiheeltaan hyvin Veden varassa -näyttelyn teemaan. Toivomme yhteisprojektin herättävän sekä opiskelijoiden että vieraiden mielenkiinnon.

TKK:n vesihuoltotekniikka kouluttaa kansainvälisesti suuntautuneita asiantuntijoita edistämään kestävä kehityksen mukaisen vesihuollon toteuttamista Suomessa ja muualla. Tehtäväkenttä ulottuu täsmäratkaisuisista laajojen kokonaisuuksien suunnitteluun ja hallintaan – tässä tarvitaan enenevässä määrin eri tieteenalojen osaamista. Suomessa alaan vaikuttavina trendeinä ovat vesiensuojeluvaatimusten yleinen kiristyminen, Itämeren tilan vaatimat nopeat toimenpiteet, jätteiden määrien tehokkaampi hallinta ja käsittely sekä kunnallisesti hoidetun vesi- ja jätehuollon muuttuminen liiketoiminnan suuntaan. Maailmanlaajuisesti noin miljardilla ihmisellä ei ole juomavesihuoltoa, eikä yli kahdella miljardilla sanitaatiota. Pahimmat puutteet ovat Afrikassa ja Aasiassa. Meillä kysytään, voisiko juomavesi olla vieläkin parempaa – muualla, riittääkö vettä ylipäätään.

Vesihuoltoon liittyvät ongelmat ja haasteet ovat siis aina suhteellisia, ja opetuksen ja tutkimuksen tehtävänä on tarjota näkökulmia ja vastauksia eri kysymyksiin. Maailmanlaajuisesti viime vuosikymmenellä rakennettiin juomajätevesihuoltoa 700–800 miljoonalle ihmiselle, ja tämä työ jatkuu myös suomalaisten osalta entistä laajempaan.

...ja prosessiteollisuuden ympäristönsuojelua

Monet prosessitekniikkaa opiskelevat perehtyvät yhdyskuntien vedenhankintaan ja -käsittelyyn. Teollisuuden jätevedet ovat kuitenkin luonteeltaan erilaisia ja niiden koostumus vaihtelee aloittain. Tämä asettaa käsittelylle lisää haasteita, joita raakavedenkäsittelyn ja jätevedenpuhdistuksen ohella tällä hetkellä ovat erityisesti veden säästön ja kierrätyksen tehostaminen. Näihin haasteisiin pyritään vastaamaan sellu- ja ympäristötekniikan tutkimuksessa ja opetuksessa. Erityisalan on metsäteollisuuden ympäristötekniikka, mutta myös muiden teollisuudenalojen ympäristökysymykset ovat opetuksessa ja tutkimuksessa esillä, samoin kuin teollisuuden ympäristöjohtamiseen liittyvät teemat. Prosessiteollisuuden ympäristötekniikka kasvattaa suosiotaan vuosittain, osaltaan juuri monialaisesti sovellettavan opetuksensa ansiosta.



Kuva 1. Jätevedenpuhdistuslaitteiston periaatekuva.

Prosessien tuntemisen avulla veden käsittely ja sen opiskelu kytketään raakaveden käsittelyyn, prosessikiertoihin, jätevedenkäsittelyyn sekä lietteiden vedenpoistoon ja jatkokäsittelyyn. Lietteiden käsittelyn merkitys vedenkäytön vähentämisen ohella kasvaa jatkuvasti. Käynnissä olevia tutkimuksia ovat esimerkiksi selvitys paperintuotannossa käytettävien kemikaalien vaikutuksesta jätevedenpuhdistamon toimintaan sekä biologisen hapenkulutuksen vertailu laboratoriomittakaavassa ja teollisuusmitassa toimivien puhdistamojen välillä. Tuotannon osalta sellu- ja ympäristötekniikan tutkimus kattaa laajalti erilaisia prosesseja kuten sellun ja paperinvalmistuksen, kuitututkimuk-

sen ja energiatehokkuuden sekä uusina mielenkiintoisina alueina bioenergian tuotannon ja yksivuotisten kasvien käytön ympäristötehokkaana raaka-aineena. Erikoistöitä on viime aikoina tehty esimerkiksi puun kuorinnasta, sellun valkaisuista, öljynjalostuksen vedenpuhdistuksesta sekä metsäteollisuuden kaatopaikkojen suotovesien käsittelystä.

Vesiensuojelun kehitys ja tulevaisuuden haasteet

Suomessa yhdyskuntien ja teollisuuden vesiensuojelu on edistynyt huimasti viime vuosikymmenien aikana. Vaikka yhdyskuntien jätevedenpuhdistamolle tuleva kuormitus on kasvanut yli 50 prosenttia, ovat puhdistamojen päästöt

vesistöihin pienentyneet murto-osaan, koska puhdistusteho on kasvanut vielä enemmän. Se on noin 95 prosenttia fosforille, 54 prosenttia typelle ja 96 prosenttia BOD:lle. Lukuja ja vertaisarvoja eri aloilta on esitetty taulukossa 1 sekä kuvassa 3.

Päästöjen pienentäminen käynnistyi teollisuudessa todenteolla hieman myöhemmin kuin asutusketuksissa. Voimakkaaimmin teollisuuden vesistökuormitus pieneni 1980-luvulla, jolloin ympäristöä eniten kuormittavista tuotantoprosesseista luovuttiin, muitakin prosesseja muutettiin ja raaka-aineita vaihdettiin. Veden kokonaiskäyttömäärät vähenivät merkittävästi ja prosessien sulke-
misasteet nousivat. Esimerkiksi vedenkulutus oli vielä 1970-luvulla noin 250 kuutiota tuotet-
tua sellutonnin kohti ja 100–150 kuutiota sanomalehtipaperiton-
nia kohti, kun vastaavat veden-
kulutusarvot ovat nykyään noin 20–50 kuutiota ja 7–15 kuutiota. 1980-luvulla erityisesti metsäteol-
lisuuteen alettiin myös rakentaa biologisia jätevedenpuhdistamoita, joilla vähennettiin olennaisesti vesistöjen happea kuluttavien ai-
neiden kuormaa.

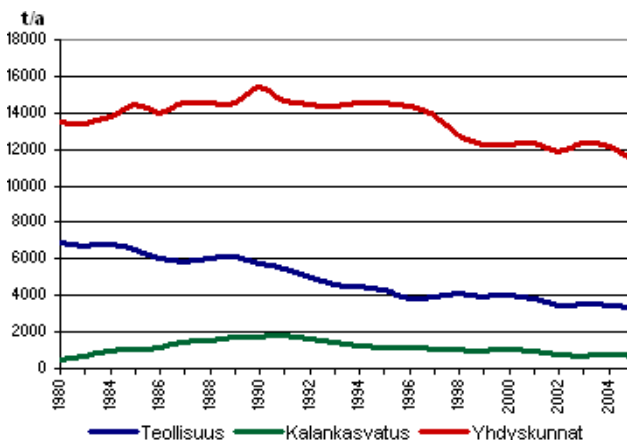
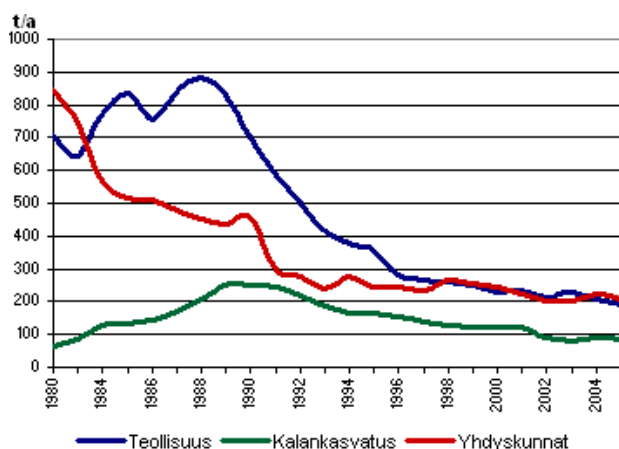
Teollisuuden vesiensuojelu-
ponnistelut jatkuivat myös 1980-
luvun jälkeen. Esimerkiksi vuo-

Taulukko 1. Suomen fosfori- ja typpekuormitus aloittain vuonna 2005.
(Valtion ympäristöhallinto).

Päästölähteet	Fosfori t/a	Typpe t/a	Fosfori %	Typpe %
Pistemäinen kuormitus				
Massa- ja paperiteollisuus	161	2 483	3,9	3,3
Muu teollisuus	32	852	0,8	1,1
Yhdyskunnat	206	11 354	5,0	15,1
Kalankasvatus	85	688	2,1	0,9
Turkistarhaus	45	430	1,1	0,6
Turvetuotanto	17	500	0,4	0,7
Pistemäinen kuormitus yhteensä	546	16 307	13,3	21,7
Hajakuormitus				
Maatalous	2 600	39 500	63,4	52,7
Haja-asutus	355	2 500	8,7	3,3
Metsätalous	320	4 100	7,8	5,5
Hajakuormitus yhteensä	3 275	46 100	79,9	61,5
Laskeuma	280	12 600	6,8	16,8
Kuormitus yhteensä	4 101	75 007	100,0	100,0
Luonnon huuhtouma	2 700	70 000		



Kuva 2. Opiskelijoita työskentelemässä puhdasvesilaitteiston ääressä.
(Kuva: Mikko Martikka).



Kuva 3. Fosfori- (vas) ja typpekuormitukset (oik) ovat selvästi pienentyneet 1980-luvun lopulta lähtien. Tähän ovat vaikuttaneet teollisuuden prosesseissa tapahtuneet parannukset sekä jätevesien käsittelyn tehostuminen. Vertailuarvona esitettyä kalankasvatuksessa kuormitusta ovat pienentäneet rehujen ja ruokintatekniikan kehittyminen sekä tuotannossa tapahtuneet muutokset. (Valtion ympäristöhallinto).

sina 1995–2005 massa- ja paperiteollisuuden fosforikuormitus on vähentynyt 49 prosenttia, typpikuormitus 21 prosenttia ja BOD₇ -kuormitus 63 prosenttia (vrt. Taulukko 1, Kuva 3). Huomattavaa edistystä on tapahtunut muun muassa kemiallisen sellun valkaisu-kehittymisessä. Siirtyminen 1990-luvulla alkuainekloorin käytöstä klooridioksidivalkaisuun vähensi valkaisu-jätevesien orgaanisten klooriyhdisteiden määrää 88 prosenttia. Samalla kun päästöt pienenevät, teollisuustuotanto kasvoi ja yritysten taloudellinen kannattavuus parani. Tämä osaltaan osoittaa, että paraneva prosessi- ja ympäristö-tekniinen tutkimus ja osaaminen voivat edistää samanaikaisesti sekä ekologisesti että taloudellisesti kestävää kehitystä.

Yhdyskuntien ja teollisuuden jätevesipäästöjen pienentyminen on parantanut olennaisesti vesistöjemme tilaa, eikä pahoin pilaantuneita alueita enää juuri ole edes purkuputkien lähiympäristöissä. Jalokalat ovat palanneet jokiin, mistä jätevedet ne aikoinaan hävittivät. Tehtävää kuitenkin riittää edelleen. Entistä enemmän kiinnitetään huomiota biologisissa puhdistusprosesseissa hajoamattomiin kemikaaleihin ja muihin haitta-aineisiin. Rehevöitymistä pyritään torjumaan pienentämällä edelleen ravinnepäästöjä Itämeren alueella. Erityisesti typpipäästöjen osalta on maassamme vielä paljon tehostamisen tarvetta. Myös haja-asutusalueiden jätevesihuoltoa on tehostettava.

Veden kierrätys ja tehostunut jäteveden puhdistus ovat siirtäneet vesien-suojeluongelmaa osittain jätteongelmaksi, kun vedenkäsittelyssä syntyneet kiinteiden ja liettävien aineiden sivuvirrat ovat kasvaneet. Jäteveden puhdistuksessa syntyvien ongelmallisten jätteiden käsittely on yhä kalliimpaa ja niiden loppusijoitukselle asetetaan kiristyviä ympäristövaatimuksia. Niinpä jätevesilietteiden määrän minimoiminen, tuotestaminen ja hyötykäyttö ovat yhä tärkeämpiä tutkimus- ja kehityskohteita.

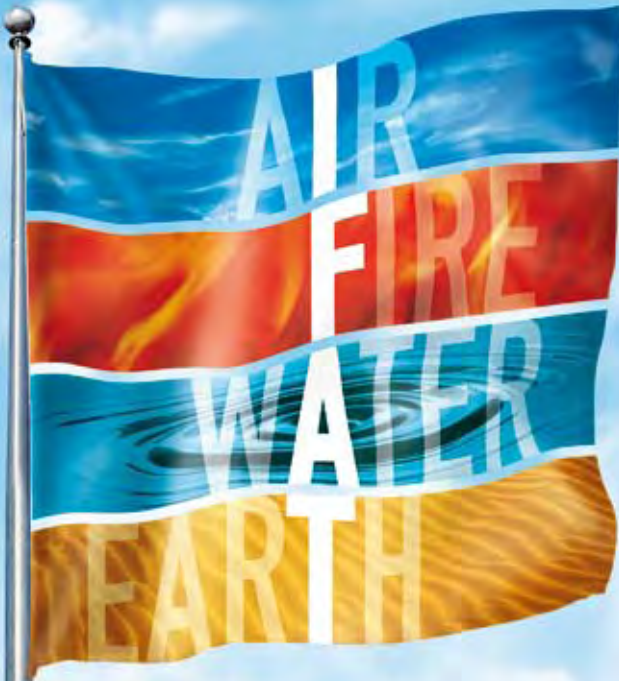
Kirjallisuus

Valtion ympäristöhallinto [online]. Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnonhuuhtouma.

Viitattu 15.10.2007. Saatavissa:

www.ymparisto.fi/default.asp?node=8568&lan=fi.

MESSE MÜNCHEN
INTERNATIONAL



ENVIRONMENTAL SOLUTIONS

IFAT – maailman johtavin ympäristö- ja jätehuoltoalan tapahtuma esittelee toimialan kansainväliset uutuudet, kokonaisratkaisut sekä markkinajohtajien asiantunteumuksen.

Uudet teemat IFAT 2008 –messuilla:

- RANNIKKO- JA TULVASUOJELU
- ENERGIANTUOTANTO JÄTEAINEISTA

Lisätiedot ja ohjelma: www.ifat.de

23 – 25 Sept. 2008
 Shanghai
www.ifat-china.com
 Experience the world's no.1 growth market

IFAT

2008



**Münchenin uusi
Messukeskus**

5. – 9.5.2008

15. kansainväliset erikoismessut: vesi – jätevesi – jätteet – kierrätys

Yhteystiedot Suomessa: Entre Marketing Oy
 Puh. 010-6335 572/500 • minna.lintulahti@entre.fi • www.entre.fi

SUOMEN VESISEKTORIN TULEVAISUUDESTA

Suomen vesisektorilla on edessään mittavia haasteita, joihin vastaaminen edellyttää vahvaa panostusta tutkimukseen ja tuotekehitykseen. Kehitettyjä ratkaisuja ja osaamista voidaan hyödyntää vesiliiketoiminnan kansainvälistämisessä. Osana kansallisen vesiohjelman valmistelua haastateltiin yli kolmeakymmentä eri sidosryhmän edustajaa, joiden vastausten perusteella on tunnistettu vesisektorin keskeisimpiä tulevaisuuden haasteita.



RIKU VAHALA
professori
TKK vesihuoltoteniikka
E-mail: riku.vahala@tkk.fi

BJÖRN KLÖVE
professori
Oulun yliopisto
E-mail: bjorn.klove@oulu.fi

Vesi on uusiutuva luonnonvara. Siitä huolimatta vettä ei riitä kaikille. Maailman elintarvikevirasto on arvioinut, että vuoteen 2025 mennessä 1,8 miljardia ihmistä asuu kuivuusalueilla ja että kaksi kolmasosaa maailman väestöstä asuu veden ajoittaisesta puutteesta kärsivillä alueilla (FAO 2007). Suomessa niukkuus ei ole juuri rajoittanut veden käyttöä. Vesi on tilavuudeltaan ylivoimaisesti eniten käytetty luonnonvaramme. Kansallisesti ongelmia veden riittävyyden suhteen esiintyy paikallisesti lähinnä rannikkoalueilla, joiden makeat vesistöt ovat pieniä, pohjavesivarat riittämättömiä sekä usein huonolaatuisia.

Veden eri käyttötärpeiden yhteensovittaminen on haasteellista. Julkisuudessa ovat olleet paljon esillä mm. kala- ja voimalouden keskenään ristiriitaiset tarpeet. Myös yhteiskunnan kannalta välttämätön vesien hyödyntäminen on vaikeutunut viimeisten vuosikymmenien aikana kohtuuttomasti mm. pidentyneiden valitusprosessien ja Natura -päätösten vuoksi. Esimerkiksi Oulun seudun vedenhankinnan tulevaisuus on ollut vaakaalaudalla.

Vesistöjen rehevöityminen

Vesistöjen rehevöityminen näkyy monien järvien ja Itämeren sinileväkukintoina. Samanaikaisesti kun suomalaisen teollisuuden ja yhdyskuntien kuormitus on vähentynyt voimakkaasti, maa- ja metsätalouden sekä turvetuotannon ympäristönsuojelutoimilla on ollut riittämätön vaikutus. Keskeisimmät vesistöjen ongelmat ovat edelleen hajakuormitus ja järvien sisäinen kuormitus.

Maatalouden ympäristötuki on ollut tehoton vesien suojelelun instrumentti. Kolmella miljardilla eurolla on saavutettu vain vähän hyötyä ympäristölle. Koko valuma-aluetta tarkas-

teltaessa on odotettavissa, että maatalouden ravinnekuormitus Itämereen lisääntyy esimerkiksi Puolan maatalouden tehostumisen myötä. Suomessa bioenergian tuotanto ja puunkorjuun tehostaminen suometsistä voivat lisätä huuhtoutumaa. Ravinnekuormituksen lisääntymistä on odotettavissa myös ilmastomuutoksesta.

Vesien tilan parantamiseksi tarvitaan usein myös vesistön kunnostusta ja jatkuvaa hoitoa. Suurten vesistöjen kunnostustoimet ovat erittäin kalliita toteuttaa eikä niiden vaikutus ole pitkäikäinen ellei samalla vähennetä tehokkaasti vesistön kuormitusta. Toistaiseksi tilan parantamiseen tähtävien toimien kustannustehokkuuteen ei ole kuitenkaan kiinnitetty riittävästi huomiota. Kokonaisvaltaisen tarkastelun sijaan on pyritty kaavamaisesti vähentämään kunkin sektorin kuormitusta hinnalla millä hyvänsä.

Yhteisöläinsäädäntö ei kaikilta osin tue kustannustehokasta vesien suojelua. Esimerkkinä voisi mainita Suomen esittämän arvion, että typpikuormituksen vähentäminen ei kaikkialla paranna vesien tilaa. Tästä huolimatta Euroopan komissio nosti heinäkuussa 2007 Suomea vastaan kanteen, jossa se katsoo Suomen rikkovan yhdyskuntajätevesidirektiiviä. Komission näkemyksen mukaan Suomen olisi pitänyt vaatia typenpoistoa jokaisen yli 10 000 asukkaan taajaman jätevesistä.

Vesipuidedirektiivin toimeenpano on käynnissä ja prioriteettiainedirektiiviä valmistellaan. Alueelliset ympäristökeskukset ovat laatimassa vesienhoitosuunnitelmia ja toimenpideohjelmia vuorovaikutuksessa eri sidosryhmien kanssa. Tavoitteena on pinta- ja pohjavesien hyvä tila. Osana toimeenpanoa selvitetään monentyyppisten kemikaalien päästöt sekä määritellään tarvittavat vähentämistoimenpiteet ym-

päristölaatumien saavuttamiseksi. Kemikaalien päästölähteet, kulkeutumismekanismit ja elinkaari tunnetaan kuitenkin huonosti. EU:n uusi kemikaaliasetus (REACH) pyrkii vähentämään kemikaaleista aiheutuvia terveydellisiä ja ympäristöriskejä.

Riskien tehokkaampi hallinta

Ilmaston ääriolosuhteiden lisääntyminen on ollut nähtävissä viime vuosina: vuosien 2002-2003 poikkeuksellinen kuivuus aiheutti veden riittävyysoongelmia erityisesti Varsinais-Suomessa. Riihimäellä tulviminen vuonna 2004 pilasi juomaveden. Helsinkiä uhkasi voimakas merenpinnan nousu vuonna 2005. Poikkeuksellisen kovat sateet johtivat 12.8.2007 lyhytaikaiseen kaupunkitulvaan Porissa aiheuttaen yli kymmenen miljoonan euron aineelliset vahingot. Edellä esitettyihin poikkeustilanteisiin ei ole varauduttu riittävästi mm. maankäytön suunnittelussa. Vaikka ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja hillitsemistä on tutkittu paljon, tiedetään edelleen hyvin vähän esimerkiksi sen vaikutuksista pohjavesiin. Vesisektorin varautuminen on puutteellista.

Pilaantuneet maa-alueet ja maanteiden suolaus ovat riski vedenhankinnalle. Pilaantuneista maa-alueista 3 000 sijaitsee vedenhankinnan kannalta tärkeillä pohjavesialueilla. Likaantuneen pohjaveden puhdistaminen on vaikeaa ja kallista. Pohjavesien suojelua on pyritty edistämään suojelusuunnitelmilla, joiden laatiminen on kuitenkin edennyt hitaasti. Ongelmia esiintyy myös pohjavesialueiden rajauksissa ja niiden oikeudellisten vaikutusten määrittelyssä. Maankäytön suunnittelussa tulisi paremmin ottaa huomioon sen vaikutukset pohjaveden määrään ja laatuun.

Huolimatta Suomen vesihuollon kansainvälisestäkin korkealle noteerattusta tasosta, Suomessa raportoidaan väkilukuun suhteutettuna paljon vesiepidemioita. Osittain tämä johtuu pienten vesilaitosten suuresta lukumäärästä. Pienillä laitoksilla ei ole mahdollisuutta ylläpitää riittävää osaamista vedenlaadun turvaamiseksi. Juomavesien laadun turvaamiseksi EU on kehittämässä lainsäädäntöä riskinarvioinnin ja -hallinnan suuntaan. On mahdollista, että jatkossa kaikilta talousvetä toimittavilta laitoksilta edellytetään riskinhallintajärjestelmää (Water Safety Plan) samaan tapaan kuin elintarvikeketjussa.

Suomen vesistöpadot ja tulvapenkereet ikääntyvät ja niiden peruskorjaustarve on kasvava. Patoturvallisuuslain ulkopuolella olevien pienten vesistöpatojen turvallisuudessa on vakavia puutteita (MMM 2007). Penkereiden ylläpidon kustannukset eivät jakaudu aina oikeudenmukaisesti. Riskinarviointia ei hyödynnetä riittävästi. Riskialueille kaavoitetaan ja rakennetaan tulville alttiita rakennuksia, rakenteita ja toimintoja. Voimakkaista sääilmiöistä, meri-, vesistö- ja taajamatulvista tiedottaminen ja varoittaminen ja niihin liittyvät palvelut ovat hajallaan ja osin vaikeasti löydettävissä. Lisäksi kaikkien palvelujen ylläpitoa ei ole resursoitu riittävästi. Toimintaympäristöön on odotettavissa muutoksia EU-lainsäädännön kautta. Tulvadirektiivi edellyttää jatkossa tulvakartoituksia ja riskinarviointia.

Vesien ja lietteiden käsittely

Vesien ja lietteiden käsittelyteknologiassa on tapahtunut melko vähän kehitystä viimeisten vuosikymmenten aikana. Suomalaisilla vesialan teknologiayrityksillä on vähän tuotteita, jotka olisivat syntyneet oman tutkimus- ja kehittämis-toiminnan ansiosta. Eräänä poikkeuksena voisi mainita suomalaisen flotaatioteknologian, joka on levinnyt maailmanlaajuisesti käyttöön teollisuuden ja yhdyskuntien vedenkäsittelyssä. Uusilla tieteenaloilla tapahtunut nopea kehitys on kuitenkin avannut mahdollisuuksia uudentyyppisille räätälöidyille sovelluksille.

Suomella on pitkä historia metsäteollisuuden vesikiertojen hallitsemisessa. Vedenkäyttöä on vähennetty menestyksekkäästi sulkemalla sisäisiä vesiprosesseja. Metsäteollisuuden vesiprosessien lisäksi haasteita löytyy mm. kaivosvesistä (metallit ja sulfidit), kaatopaikkavesistä (typpi) ja kemian teollisuuden jätevesistä (orgaaniset hiilivedyt).

Lietteitä syntyy pääasiassa maataloudesta, teollisuudesta ja yhdyskunnista. Lietteet sisältävät maanparannusominaisuuksiltaan hyödyllistä orgaanista ainetta ja ravinteita. Lisäksi niistä voidaan tuottaa energiaa. Lietteiden hyödyntämisessä ei ole kyetty ylittämään toiminnanharjoittajien välisiä rajoja. Osin tämä johtuu riittämättömistä ja vääränsuuntaisista ohjauskeinoista. Ratkaisut eivät ole kustannustehokkaita eivätkä pelisäännöt eri toimijoiden välillä tasapuolisia. Lietteiden hygieenisuus ja orgaanisten haitta-aineiden pitoisuudet ovat korostuneet ehkä liiaksikin. Käsittelymenetelmät ovat kehittymättömiä ja sen seurauksena lietteiden tuotteistaminen on lapsenkengissä. Eri lieteratkaisujen ympäristövaikutuksia ei tunneta riittävästi. Kysyntä kustannustehokkaille lieteratkaisuille on Euroopassa kova.

Vesien laadun seuranta

Yhteisöläinsäädännön muutosten vuoksi vesien seuranta lisääntyy. Uusia ongelma-aineita ryhdytään mittaamaan erilaisista vesistä. Esimerkiksi vesipuitedirektiivissä on EU-tasolla tunnistettujen haitallisten aineiden lisäksi edellytetty kansallisesti ja vesienhoitopiireittäin haitallisten aineiden tunnistamista. Näiden pitoisuuksia tulee tarvittaessa seurata vesissä. Tietoa haitallisten aineiden esiintymisestä ja päästölähteistä on toistaiseksi vähän. Lisääntyvien seurantavelvoitteiden takia pitkäaikaisten perusseurantojen jatkuvuus on vaarassa, ellei rahoitusta lisätä.

Häiriöpäästöihin pyritään tarttumaan aiempaa nopeammin ”pilaaja maksaa” periaatteen noudattamiseksi. Tämä lisää odotuksia mittaustulosten nopealle saatavuudelle ja analytiikan taloudellisuudelle. Hajakuormituksen seuranta ja mallintamisen hyödyntäminen on vähäistä.

Suomen vesilaboratoriokenttä on murroksessa. Laboratorioiden määrä vähenee voimakkaasti samalla kun jäljelle jäävät toimivat yhä markkinalähtöisemmin, laadukkaammin ja kustannustehokkaammin. Palvelujen alueellinen saatavuus on uhattuna (Tuominen & Karjalainen, 2006).

Mikrobiologisessa vesianalytiikassa ongelmina ovat viljelymenetelmien hitaus ja indikaattorien toimimattomuus. Riskien hallitsemiseksi tieto esimerkiksi

taudinaiheuttajien esiintymisestä tulisi saada lähes reaaliajassa. NykYTEknikoilla tähän ei kyetä. Toisaalta kaukokartoitusmenetelmät ovat avanneet uusia mahdollisuuksia kerätä reaaliajassa enemmän informaatiota esimerkiksi vesistöjen kasviplanktonin määrästä ja kukinnoista kuin on ollut koskaan mahdollista. Kansainvälinen kysyntä yhtenäiselle hydrologis-meteorologiselle seuranta- ja ennustejärjestelmälle on tunnistettu.

Sitran teettämän tuoreen selvityksen mukaan ympäristömittausten ja -monitoroinnin maailmanmarkkinoiden arvo on tällä hetkellä 6,0-6,5 miljardia euroa kattaen instrumentit, informaatiojärjestelmät ja ohjelmistot (Vanhanen ym. 2007). Markkinat kasvavat nopeimmin kehittyvissä maissa kuten Kiinassa, Brasiliassa ja Intiassa. Veteen liittyvät seurannat ovat keskeisessä roolissa. Esimerkiksi amerikkalaisten yritysten ympäristömittausinstrumenttien markkinoista yli puolet oli vesisektorilla.

Vesialan kehitysyhteistyö

Suomalaisella vesialan kehitysyhteistyöllä on menestystekäs historia. Sittemmin vesiasiat integroitiin osaksi muuta kehitysyhteistyötä, minkä seurauksena vesisektorille kanavoidun rahoituksen määrä väheni rajusti (Kontula 2001). Nykymuotoisessa toiminnassa vesiosaaminen ostetaan enenevässä määrin paikallisilta kumppaneilta, jolloin tarve suomalaisten osallistumiseen on vähentynyt. Tämän seurauksena alalle ei koulutaudu uusia osaajia eikä toiminta tue suomalaista yrityskenttää. Aiempikin kehitysyhteistyö harvoin johti suomalaisyritysten markkinaehtoiseen toimintaan.

Suomen panos kehitysmaiden vesisektorin kehittämiseen ei vastaa Suomen laskennallista osuutta YK:n vuosituhattavoitteista. Vesisektorille suunnattu kehitysyhteistyörahitus tulisi kaksinkertaistaa tavoitteiden saavuttamiseksi. Vesisektorin kehittämällä on moniulotteisia syy-seuraussuhteita ja riippuvuuksia: absoluuttisessa köyhyydessä elävien ihmisten määrä laskee, toimeentulon mahdollisuudet paranevat, veteen liittyvät taudit vähenevät, naisten ja lasten asema paranee. Budjettituki koetaan vesisektorin kehittämisen uhkana.

Eräitä erityisalueita, joissa suomalaiselle osaamiselle enustetaan kysyntää, ovat vesivoiman hyödyntäminen sekä tulvariskien havainnointi ja ennustaminen. Elintason noustessa energiankulutus kasvaa. Esimerkiksi Afrikan potentiaalisista vesivaroista ainoastaan viisi prosenttia on käytössä vesivoiman tuotannossa. Mallinnuksen avulla on havainnollistettu mm. Mekong-joen tulvimista ja sen ympäristövaikutuksia.

Julkisen sektorin kustannustehokkuus

Julkisen sektorin vahva rooli vesihuoltopalvelujen tarjoamisessa on herättänyt jatkuvia epäilyjä toiminnan kustannustehokkuudesta. Vaikka kunnat jo nyt käyttävät laajasti yksityistä sektoria alihankinnoissa, moni uskoo yksityisen sektorin paremmuuteen kaikessa toiminnassa. Kansainväliset kokemukset eivät kuitenkaan tue laajaa yksityistämistä, vaan pikemminkin toiminnan tehostamista sekä yksityisen ja julkisen sektorin välisen yhteistyön kehittämistä. Tulevaisuudessa

julkisen sektorin toimintatapojen tulee lähestyä enenevässä määrin yksityistä sektoria.

Vesihuoltolaitosten pieni yksikkökoko on rakenteellinen ongelma, jonka korjaamiseen ei ole löydetty ratkaisua. Kuntien yhdistyminen ja palvelurakennemuutos vaikuttavat oikeasuuntaisesti, mutta eivät riittävästi. Pienissä yksiköissä ei ole riittävästi liiketoiminta-, sopimus- ja hankintaosaamista. Kilpailuttamisessa tehdään toistuvasti virheitä, mikä heijastuu markkinaoikeuden tukehtumisena valitukseen. Pieni yksikkökoko rajoittaa myös investointeja ja riskinottomahdollisuuksia. Investoinnit eivät vastaa uusimistarvetta. Uuden teknologian sijaan valitaan kalliimpi vanhanlainen ratkaisu, jossa toimivuusriskit ovat mahdollisimman vähäiset. Elinkaarikustannuksista ei välitetä.

Rakennetun vesi-infrastruktuurin rappeutuminen näkyy myös vesijohtojen rikkoutumisena. Uusissa EU:n jäsenmaissa jopa puolet verkostoon pumpatusta vedestä vuotaa maahan. Myös länsimaat ovat mittavien saneerausinvestointien edessä. Uutta vesi-infraa rakennetaan erityisesti EU:n uusissa jäsenmaissa, joissa vain 40 prosenttia väestöstä on tällä hetkellä jätevesien käsittelyn piirissä. Euroopan komissio on arvioinut, että yksinomaan yhdyskuntajätevesidirektiivin toimeenpano aiheuttaa 35 miljardin euron kustannukset EU:n kahdelletoista uudelle jäsenmaalle.

Vesiliiketoiminta talouden tukijalaksi

Liiketoiminta lähtee innovaatioista ja kysynnästä. Tutkimuksen avulla synnytetään tietoa ja osaamista, jota voidaan hyödyntää yhteiskunnan ja yritysten toiminnassa. Osaaminen ilman kysyntää on kuitenkin tarpeetonta. Vesialalla uutta kysyntää synnyttävät mm. ilmastomuutos, globalisaatio ja lainsäädäntö. Erityisesti tiedon ja asiantuntemuksen kysyntä kasvavat.

Suomen vesisektori on ottanut haasteen vastaan. Käynnistymässä on kansallinen vesiohjelma, joka tulee käsittelemään monentyyppisiä aktiviteetteja. Merkittävin yksittäinen panostus muodostuu Tekesin vesiaiheisesta teknologiaohjelmasta, jonka kokonaisbudjetti voi nousta yli 100 miljoonaan euroon. Ohjelman tavoitteena on tehdä vesiliiketoiminnasta uusi teollisuuden ja talouden tukijalka. Päätös ohjelman mahdollisesta käynnistymisestä tehdään tammi-kuussa 2008.

Kirjallisuus

- FAO (2007). Coping with water scarcity - Challenge of the twenty-first century. World Water Day 2007. 29 s
- Kontula E. (2001). Suomen vesialan kehitysyhteistyö vuoteen 2000. Vesitalous 4/2001. s.26-32.
- MMM (2007). Patoturvallisuustyöryhmän loppuraportti. Maa- ja metsätalousministeriön työryhmämuistio 2007:3. Helsinki. 72 s.
- Tuominen J. & Karjalainen L. (2006). Laboratorioselvitys. Maa- ja metsätalousministeriön muita julkaisuja. 73 s.
- Vanhanen J., Mikkonen P., Nikula J., Hiltunen J. (2007). Ympäristömittauksen ja -monitoroinnin arvoketjujen tuotteistaminen. Sitra ISBN 978-951-563-556-3.

PITÄISIKÖ MAAILMAN KALAKANNAT YKSITYISTÄÄ?

Kalastajien välinen kilpailu on johtanut siihen, että huomattava osa maailman kalakannoista on ylikalastettu. Kokonaiskiintiöiden kautta tapahtuva kalastuksen säätely on yksinään käytettynä osoittautunut melko tehottomaksi keinoksi. Kalakantojen ennusteet ovat epävarmoja, eikä epävarmuuteen ole reagoitu riskiä riittävästi välttävällä asenteella. Lisäksi käytetyt menetelmät aliarvioivat epävarmuutta. Niinpä tutkimus on ollut osallisena kantojen heikkoon kehitykseen. Säätelyssä tulisi pyrkiä radikaalisti erilaisiin ratkaisuihin, esimerkiksi kalakantojen hallinnointioikeuden kaupallistamiseen. Taloudellinen pääomariski mahdollistaisi asenteiden muutoksen maailman kalastusteollisuudessa.

Suuri osa maailman kalakannoista on tällä hetkellä niin voimakkaasti pyydettyä, että alati lisääntyvä kalastuspaine johtaa pieneneviin saaliisiin. Usein kyseessä on kasvuylikalastus, jossa kalat pyydetään niin nuorina, etteivät ne ole ehtineet käyttää kasvupotentiaaliaan. Niin sanotun rekrytointilylikalastuksen kohdalla osa kalakannan maksimaalisesta tuotannosta menetetään sen takia, ettei kalojen anneta lisääntyä riittävästi. Kalakanta kääntyy laskuun, jos yksi kuteva kala ei elämänsä aikana saa aikaiseksi keskimäärin yhtä kutevaksi ehtivää kalaa.

Johannesburgin kestävän kehityksen huippukokous päätti vuonna 2002 useista maailmanlaajuisesti tärkeistä tavoitteista. Kalastuksen säätelyssä tavoite on erityisen tiukka. Muiden mukana EU sitoutui siihen, että vuoteen 2015 mennessä kalakannat elvytetään sellaiselle tasolle, jolla pitkäaikaiset saaliit maksimoituvat (Anon. 2006).

Myös EU:n alueella kalakantoja pyydetään niin tehokkaasti, että yksilöt eivät ehdi lisääntyä riittävästi. Näin menetetään osa tulevaisuuden potentiaalisesta saaliista. Nykytehot ovat aivan liian suuria vuoden 2015 tavoitteeseen verrattuna. Kalastustehon pienentäminen kasvattaisi kokonaissaaliita, pienentäisi kannan romahtamisriskiä ja erityisesti johtaisi parantuneeseen taloudelliseen lopputulokseen.

Hyvä taloudellinen lopputulos saavutetaan, jos liian suurista laivastoista päästään eroon. Ison laivaston pääomakulut ovat korkeita, ja myös juoksevat kustannukset polttoainien ja miehistökustannusten muodossa helposti ovat liian suuria. Äärimmilleen viritetty kustannus- ja tulosuhde tekee yrityksistä herkkiä kalakantojen heilahteluille, ja huononevassa tilanteessa kalastustehoa usein yritetään lisätä. Kannan heilahtaessa ylös saatetaan tehdä lisäinvestointeja, jotka puolestaan lisäävät kuluja pitkällä aikajänteellä.



SAKARI KUIKKA

kalastusbiologian professori
Helsingin yliopisto
E-mail: sakari.kuikka@helsinki.fi
Kirjoittaja työskentelee Merikotka - tutkimuskeskuksessa ja on FEM - tutkimusryhmän johtaja sekä EU:n tieteellisteknis-taloudellisen kalastuskomitean jäsen.

Miksi liiasta kapasiteetista ei sitten päästä eroon? Jos pienempi kalastusteho on kaikille hyväksi, miksi alukset eivät yksinkertaisesti jää rantaan, niin että kalat voivat lisääntyä rauhassa ja kaikilla olisi jatkossakin runsaasti kalastettavaa? Syynä on se, että yksi alus tai yksi kalastuksessa toimiva yritys maksimoi oman taloudellisen tuloksensa lisäämällä pyyntitehoa. Kun kaikki käyttäytyvät samalla tavalla, syntyy ylikalastus (esim. Charles 1994).

Tässä tapauksessa valtion tulee rajoittaa kalastustehoa. Ulkopuolisen kontrollin voi perustella sillä, että se tuottaa enemmän varallisuutta kuin mitä siihen kuluu veronmaksajien varoja. Koko säätelyjärjestelmä ja sen pohjana oleva tieteellinen neuvonanto ovatkin perusteltuja, jos ne todella pienentävät riskejä ja lisäävät kalastajien tuloja.

Nykytilanteessa EU:n kalastuslaivastojen voitot ovat kuitenkin lähellä nollaa (Anon. 2007). Ylikalastustilanteessa osa kalastajista häipyy alalta, koska he eivät liiallisen kalastuspaineen takia saa siitä enää palkkaansa. Säätelyjärjestelmä ei ole pystynyt tuottamaan lisähyötyä pienentyvän kalastuspaineen kautta.

Ennusteiden epävarmuus

Osasy kantojen heikkoon kehitykseen on ollut käytettyjen tieteellisten menetelmien kyvyttömyys käsitellä epävarmuutta oikein. Helpoin tapa tarkastella kalastuksen säätelyyn liittyvien ennusteiden epävarmuutta on verrata tehtyä ennustetta toteutuneeseen kalakantaan. Tämä on mahdollista, koska historiallisesta kannasta saadaan kohtalaisen tarkkoja arvioita. Esimerkiksi vuonna 2000 tehtyä ennustetta vuoden 2001 kiintiötä varten voidaan verrata siihen arvioon, joka meillä tänä päivänä vuoden 2001 kannasta on. Idea on sama, jos meteorologian laadukkuutta arvioitaisiin vertaamalla heidän antamia ennusteita toteutuneeseen sähän.

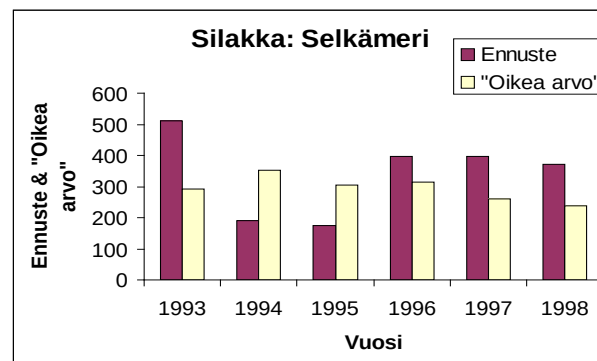
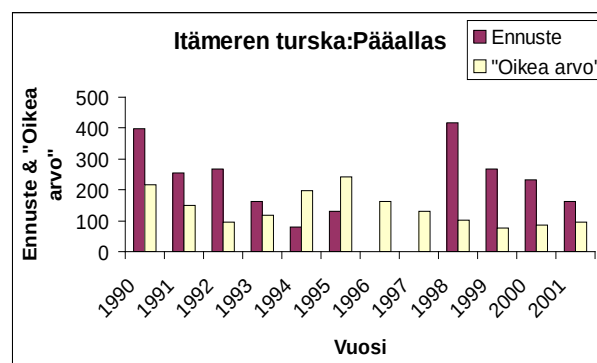
Kuvassa 1 on esitetty arviot kahdelle eri Itämeren kalakannalle: kotoiselle Selkämeren silakallemme ja Itämeren itäiselle turskakannalle (Bertelsen & Sparholt 2002). Kuvista nähdään selkeästi, että erityisesti turskan tapauksessa tutkijat antoivat aivan liian positiivisen kuvan kannan kehityksestä siinä vaiheessa kun sen biomassa alkoi pienetä. Suuret kantaennusteet tukivat suuria kiintiöitä, jotka edelleen jouduttivat turskakannan pienenemistä. Nykyinen turskakannan tila on erittäin huono. Myös silakan kohdalla ennusteet ovat olleet keskimäärin liian positiivisia, mutta olemme olleet onnekkaita: Selkämeren silakkakannan tila on nyt hyvä.

Kuvassa 2 on esitetty, miten epävarmuuden huomiointi otamisen pitäisi vaikuttaa kalastuksen säätelyyn. Epävarmuuteen tulisi reagoida, ja tämän takia myös epävarmuuden oikea arviointi on tärkeää. Nykyiset kalakan-tojen arviointitekniikat perustuvat oletukseen, että kannan historiallinen kehitys tunnetaan täsmällisesti ja että vain tulevaisuuden ennustamisessa on epävarmuutta. Näin aliarvioidaan todellinen epävarmuus, joka ainakin teoriassa puolestaan suosii korkeampaa riskiä kuin mihin päättäjät olisi halukas (Hauge et al., 2007). Käytännössä päätökset voivat olla hyvin erilaisia verrattuna tieteellisiin suosituksiin (Patterson & Résimont, 2007). On kuitenkin selvää, että niin kauan kun tutkimus ei pysty tuottamaan oikein laskettuja epävarmuusarvioita, eivät päättäjät pysty käyttäytymään loogisesti suhteessa epävarmuuteen. Päättäjiksi voidaan laskea kaikki ne henkilöt, jotka tekevät ratkaisuja kyseisessä asiassa. Näihin kuuluvat ainakin poliitikot, hallinnon virkamiehet, kalastajat järjestöineen ja mahdolliset kuluttaja- ja ympäristöjärjestöt. Jopa tutkijat omine intresseineen voivat kuulua tähän ryhmään.

Oikeamman kuvan epävarmuuksista saisimme soveltamalla ns. Bayes-laskentaa (esim. Gelman et al 1995), jossa kaikilla epävarmoilla muuttujilla on todennäköisyysjakauma. Todennäköisyysjakauma kuvaa tietomme tasoa: jos se on laaja (parametri voi saada hyvin erilaisia arvoja nykytiedon valossa), se on viesti tiedon käyttäjälle siitä, ettei tiedon tuottaja pysty nykytiedoin parempaan. Tällöin myös tilamuuttujien (kuten kalakannan koko) tulevaisuuden epävarmuudesta saadaan realistisempi kuva kuin käyttämällä nykyisin yleisiä pistemalleja. Hyvin toteutettu epävarmuutta käsittelevä päätösanalyysi mahdollistaa päättäjälle myös sen arvioinnin, kannattaisiko epävarmuutta pienentää ennen lopullista päätöksentekoa.

Tällä hetkellä Kansainvälisen merentutkimusneuvoston (ICES) työryhmistä Itämeren lohi- ja meritaimentyöryhmä on ainoa, joka kunnolla hyödyntää Bayes-päätelyä. Suomalaisten johdolla ryhmä on päättäväisesti kehittänyt metodiikkaa, joka samanaikaisesti pystyy muotoilemaan tieteseen väistämättä kuuluvan subjektiivisuuden muiden tutkijoiden arvioitavissa olevaan muotoon, ja samalla hyödyntämään tehokkaasti loheen liittyviä valtavia aineistoja. Uusin haaste on pystyä siirtämään samaa metodiikkaa silakkaan ja turskaan, joiden taloudellinen merkitys on lohta suurempi.

Ennusteisiin liittyvän epävarmuuden aliarvioinnin lisäksi toinen syy heikkoon kehitykseen on ollut se, että kalastuk-



Kuva 1. Itämeren turska- ja silakkakannalle tehty ennusteet ja myöhemmin arvioidut, toteutuneet kannan koot (kts. teksti). Myös "oikeassa arvossa" on todennäköisesti virhettä menetelmän virhelähteiden takia. Bertelsen & Sparholt (2002).

sen säätelyyn liittyvät tieteelliset ennusteet ovat jo pitkään keskittyneet vain biologisten riskien arviointiin ja yrittäneet osoittaa sen kalastuksen tason, jossa kanta voi romahdtaa. Nämä riskit voivat kuitenkin olla edelleen hyväksyttävää, vaikka alusten määrä olisi jo aikaa sitten ylittänyt sen tason, jossa saaliit olisivat korkeimmillaan tai jossa kalastajien saama voitto olisi maksimissaan. Neuvonantoon on lisättävä taloudellinen tuotto, jotta kalastajat huomaisivat oman etunsa.

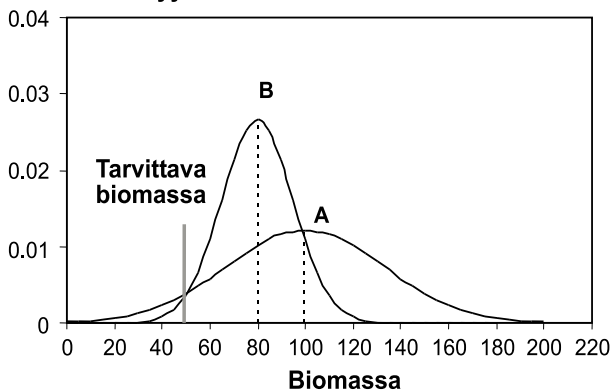
On kuitenkin selvää, ettei pelkkä tieteellisen tutkimuksen parantaminen vähennä kalastustehoa niin paljon kuin yleensä tarvittaisiin. Mielestäni tarvitaan markkinavetoisia mekanismeja, jotka luovat houkutteen siihen, että niin kalastajien kuin yhteiskunnankin tavoitteet toteutuisivat yhtä aikaa.

Islannin kokemukset

Suurista kalastusvaltioista esimerkiksi Islanti on toteuttanut säätelynsä niin, että kalastaja on joko alkuvaiheessa saanut tai myöhemmin ostanut osan kokonaiskiintiöstä. Laittamalla rahansa likoon kalastajalle syntyy kannan romahtamiseen liittyvä taloudellinen riski, joka muistuttaa osakesijoittajan riskiä. Jos kalastusta on liikaa, pääoman arvo romahtaa, joten myös kalakannan omistajan on huolehdittava siitä, että pääomaa hallinnoidaan oikein.

Islannissa kalastaja joutuu tällä hetkellä maksamaan oikeudesta kalastaa yhden turskan kuusi kertaa enemmän kuin mitä hän tästä kalasta saa sen myydessään. Oikeus

Todennäköisyys



Kuva 2. Epävarmuuden vaikutus ennusteissa.

Toimintavaihtoehdolle A on ennustettu suurempi odotusarvo kuin vaihtoehdolle B, mutta sen epävarmuus on suurempi, jolloin todennäköisyys joutua kriittisen biomassan alapuolelle on suurempi. Mikäli tämän todennäköisyyden suuruutta käytettäisiin päätöksäntönä, pitäisi valita päätösvaihtoehto B. Tällöin odotusarvojen välinen menetty saalis olisi se "vakuutusmaksu", jonka avulla päästään eroon riskistä.

Bayes-laskenta

Bayes-laskenta perustuu ajatukseen siitä, että antaessamme parasta arviota tietyn ilmiön todennäköisyydestä, meidän on otettava aineistoanalyysin lisäksi huomioon se, mitä jo aikaisemmin todennäköisyyksistä tiedettiin. Näitä kutsutaan priori-todennäköisyyksiksi. Klassinen tilastotiede ei ota etukäteistietoa huomioon, vaan kaiken oleellisen tiedon katsotaan olevan analysoidussa aineistossa.

Lisäksi klassisessa tilastotieteessä vain aineistolla (mitattavilla ilmiöillä) katsotaan olevan todennäköisyysjakauma, kun taas Bayes-laskennassa lähdetään siitä, että tiedon tasoa kuvataan todennäköisyysjakauksen avulla. Mitä huonommin tietty asia tunnetaan, sitä laajempi jakauma siihen liittyy. Vain aineisto oletetaan varmaksi, mikä sekin on keskeinen ero klassiseen tilastotieteeseen, jossa analysoidaan yhden aineiston perusteella muiden mahdollisten aineistojen saamisen todennäköisyyttä.

Bayes-laskentaa sovelletaan lisäksi keskeisesti tekoälytutkimuksessa (oppivissa järjestelmissä Bayes-kaavan avulla opitaan uusista havainnoista) ja päätösanalyysissä (epävarman informaation käsittely). Biologisissa tieteissä sillä on erityisen vahva sija geneetikassa ja uudella bioinformatiikan alalla.

kalastaa tietty kokonaiskiintiön osuus on kuitenkin ikui- nen, joten mereen jätetty, tulevaisuuden kannan arvoa nos- tava kala voi joskus olla kaikkien kannalta jopa arvokkaampi kuin maihin tuotu. Islanti lieneekin maailman ainoita mai- ta, joissa kalastajat ovat joskus esittäneet pienempiä kalas- tuskiintiöitä kuin mitä valtio olisi halunnut. Uusi Seelanti, Hollanti, USA ja Viro ovat myös maita, jotka ovat siirtyneet saman säätelymekanismin hyödyntämiseen.

Suomessa on aika ajoin harkittu kalastaja- tai aluskohtai- sia kiintiöitä. Mikäli tämä toteutettaisiin silakan kalastuk- sessamme niin, että kiintiöt olisivat kaupan myös muiden maiden kalastajille, saisivat pian eläkkeelle siirtyvät kalasta- jamme todennäköisesti merkittävän tulon muualta virtaa- vasta pääomasta. Tämä voisi kuitenkin pienentää alan jär- jestöjen jäsenmäärää Suomessa, joten kalastajille hyödyllinen toimenpide ei välttämättä saa kansallista tukea.

FEM (Fisheries and Environmental Management) - tut- kimusryhmämme julkaisi vastikään tutkimuksen (Kulmala et. al., 2007), jossa tehdyn haastattelun perusteella ylivoi- mainen enemmistö Suomen silakankalastajista piti alus- tai kalastajakohtaista kiintiötä välttämättöminä. Omistusoikeus haluttiin kohdentaa ammattikalastajille, toisin kuin esimer- kiksi Australiassa, jossa oikeuksia myydään paikallislehdissä kenelle tahansa eniten tarjoavalle. Järjestelmä takaisi erityi- sesti kannattaville aluksille hyvän toimintamahdollisuuden. Keskittyminen vähentäisi alan työvoimaa, mutta parantaisi kannattavuutta ja toisi verotuloja. Liiallinen alusmäärä oh- jaa varoja muun muassa uusiutumattomien energiavarojen turhaan käyttöön.

Lohenkalastusta säädellään tavallisen kiintiön ja ajallis- ten rajoitusten avulla. Mikäli kiintiö altistettaisiin kaupan- käynnille, voisimme viimeinkin luoda järjestelmän, joka lopettaisi ikuiselta tuntuvan keskustelun siitä, kuka saa lo- hen tappaa ja kuinka suuri osa saaliista on päästettävä li- sääntymään. Jokikalastukseen liittyvät pääomaintressit ovat mielestäni niin suuria, että hyvin järjestäytynyt "Itämeren Lohijoet Oy" voisi ostaa pois koko merikalastuksen, jonka saalis vuodessa on puolisen miljoonaa kalaa ja joka keik- kuu koko ajan konkurssin partaalla. Ratkaisu perustuisi vapaaehtoiisiin kauppoihin, mutta EU:n pitäisi luoda it- se huutokauppajärjestelmä, jotta markkinavoimat saisivat puheenvuoron.

Omistusoikeuden merkityksen kasvattaminen johtaisi todennäköisesti myös siihen, että kalojen myyminen mus- tillle markkinoille, väärät saalisraportoinnit ja kalan heittä- minen takaisin mereen vähenisivät. Kalastajien keskinäisen vastuunoton lisääminen vähentäisi sitä vastakkainasettelua (kalastajat – hallinto – tutkijat), joka on ilmeistä monissa tavallista kiintiöintiä soveltavissa maissa.

Kalastuksen säätelyn perusongelma on, ettemme koskaan voi säädellä kalakantaa suoraan. Säätelypäätökset vaikuttavat ihmisiin, ja vasta ihmisen toiminnan muuttuminen voi joh- taa kalakannan tilan paranemiseen. Tämän takia kalastuksen säätelynkin on tieteenalana pidettävä sisällään yhteiskun- nallisia ja humanistisia tieteitä, jos haluamme saavuttaa ne merkitykselliset tavoitteet, joihin johtajiemme tapaaminen Johannesburgissa meidät sitoi.

Hyxo Oy



seepex
all things flow

SEEPEx-EPÄKESKORUUVIPUMPUT

www.hyx.fi

FEM tutkimusryhmä

FEM (Fisheries and Environmental Management Group, http://www.helsinki.fi/science/fem/fi/research_fi.htm) -ryhmä toimii Helsingin yliopiston biotieteiden tiedekunnassa. Ryhmällä on kaksi sijoituspaikkaa, Helsinki ja Kotka. Kotkassa ryhmä toimii tiiviissä yhteistyössä Merikotka -tutkimuskeskuksen kanssa.

Tutkimusryhmän toiminnan pääpaino on ihmisen ja ekosysteemin välisessä vuorovaikutuksessa. Uusiutuvien luonnonvarojen käyttöön liittyviä keskeisiä tutkimuskohteita ovat:

- Riskianalyysi: luonnonvarojen hyödyntämiseen liittyvien riskien tunnistaminen ja määrittäminen
- Päätösanalyysi: luonnonvarojen käyttöön liittyvä päätösanalyysi
- Olemassa olevan aineiston ja tiedon yhdistäminen: Bayes-päätely
- Epävarmuuden vaikutus luonnonvarojen käytön ohjaukseen

Ryhmä panostaa innovatiivisten ratkaisujen löytämiseen sekä poikkitieteelliseen tutkimusotteeseen. Poikkitieteellisyys on välttämätöntä, kun tutkitaan laajavaikutteisten tapahtumien (esim. öljyonnettomuus, kalakannan romahdus) vaikutuksia sekä ekosysteemiin että eri intressiryhmiin. Tutkimusryhmässä on edustettuna osaamista biologian, taloustieteen, sosiologian ja tilastotieteen aloilta. Tällä hetkellä ryhmässä on 12 kokopäiväisesti palkattua tutkijaa, jotka saavat palkkansa viidestä tutkimushankkeesta.

Kirjallisuus

- Anon. 2006. Implementing sustainability in EU fisheries through maximum sustainable yield. Communication from the commission to the council and the European parliament. SEC (2006) 868.
- Anon. 2007. Economic performance of selected European fishing fleets in 2008. STECF working document.
- Charles, A. T. (1994). Towards sustainability: the fishery experience. *Ecol. Econ.* 11:201-211.
- Bertelsen, M. & Sparholt, H. 2002. Quality of ACFM advice: how good have forecasts been since 1988. Working Group Document for ACFM, May, 2002
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.S., Rubin, D.B. 1995. *Bayesian Data Analysis*. Chapman and Hall, London.
- Hauge, K. H., Nielsen, K. N., and Korsbrekke, K. 2007. Limits to transparency—exploring conceptual and operational aspects of the ICES framework for providing precautionary fisheries management advice. — *ICES Journal of Marine Science*. 64: 738–743.
- Kulmala, S., Peltomäki, H., Lindroos, M., Söderkultalahti, P. and Kuikka, S. 2007. Individual transferable quotas in the Baltic Sea herring fishery: a Socio-bioeconomic analysis. *Fish. Res.* 84: 368 – 377.
- Patterson, K. and Résimont, M. 2007. Change and stability in landings: the response of fisheries to scientific advice and TAC's. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 714-717. ◆

VESIHUOLLON TULEVAISUUDENKUVIIN OPPIA HISTORIASTA

Vesihuolto on ollut julkinen peruspalvelu jo varhaisimpien kulttuurien aikoina. Erityisesti nykyisin vesihuolto on varsin keskeinen osa huoltovarmuutta. Vesihuoltoa tulee kehittää paikallisten tarpeiden ja olosuhteiden pohjalta ja arvioida vaihtoehtoja riittävän laaja-alaisesti. Menneinä aikoina tehdyt päätökset rajaavat pitkälti tulevaisuuden vaihtoehtoja. Tehdyistä virheistä pitäisi kuitenkin oppia.



TAPIO S. KATKO
tekn.tri, dosentti
Tampereen teknillinen yliopisto
CADWES-tutkijaryhmä
www.cadwes.org
E-mail: tapio.katko@tut.fi

Varhaisimpia veden nostolaitteita on ns. Arkhimeden ruuvi, jota käytetään vielä mm. jätevedenpuhdistamoiden tulopumppaamoissa (Kuva 1). Antiikista tunnetaan parhaiten roomalaisten akveduktit, vaikka vesijohdot ja viemärit tunnettiin useissa kulttuureissa aikaisemminkin. Mika Waltari kuvasi Sinuhe Egyptiläisen vierailua Kreetalle noin 1400 eKr.: ”Heidän taloissaan on lukuisia kylpyhuoneita, joiden kirkkaihin altaisiin juoksee kuumaa ja kylmää vettä hopeaputkista hanaa kääntämällä. Myös heidän käymälöihinsä juoksee vesi kohisten ja puhdistuen kaikki altaat, niin etten missään ole tavannut sellaista ylellisyyttä kuin Kreetan taloissa.” (Waltari 1989, 284).

Keskiajalla kaupunkien vedenhankintaa hoitivat yksittäiset vedenmyyjät, ja monissa kehittyvissä maissa tämä tekniikka on käytössä vieläkin. Teollistumisen alkuaikoina asuttiin ahtaasti ja keskusten kasvaessa perinteiset vesilähteet alkoivat

likaantua. Tämä ja vaatimukset paloturvallisuuden parantamisesta loivat tarpeen rakentaa keskitettyjä järjestelmiä sekä kehittää käsittelytekniikoita. Korkeat kuolleisuusluvut alkoivat laskea, kun vesihuolto parantui ja elinolosuhteet kohenivat (Juuti ym 2007).

Innovaatioiden ja tiedon kulku

Vesihuollon pioneerimaa oli Englanti, mutta pian kehitykseen tulivat mukaan myös Saksa, Ranska ja Yhdysvallat. Ruotsiin haettiin vesihuollon tietämystä erityisesti Tanskasta ja Englannista, Suomeen pääosin Saksasta ja Ruotsista. Pääkaupungin ohella monilla maamme kaupungeilla oli suoria yhteyksiä ulkomaille - Vaasalla erityisesti Ruotsiin ja Saksaan 1900-luvun taitteessa.

Ilmajoelle vuonna 1872 rakennetussa Suomen maaseudun ensimmäisessä vesilaitoksessa käytettiin puuputkia. Helsinki sai ensimmäisenä kaupunkina vesi- ja viemärilaitoksen vasta neljä vuotta myöhemmin. Maaseudulla vesijohtoja rakennettiin varsinkin karjanhoidon tarpeisiin. Maatiloille innovaatiot levisivät järjestyksessä: sähkövalo, vesijohto navettaan, viemäri asuntoon ja viimeiseksi vesijohto asuntoon (Katko 1992). Ensimmäinen vesiosuuskunta perustettiin Pispalaan vuonna 1907.

Ensimmäiset käymälät tehtiin keskiaikaisiin linnoihimme, joista ne levisivät 1700-luvulla ensin herraskartanoihin ja pappiloihin. Laajemmin kotimainen ”puusee” tuli käyttöön vasta 1800-luvun lopulla.

Strategisia valintoja ja toimintaperiaatteita

Vesihuolto on kehittynyt erilaisten *tarpeiden* pohjalta. Suomessa ja Pohjoismaissa kaupunkien vesilaitoksia tarvittiin erityisesti palontorjuntaan. Kaupunkipaloista tunnettuja ovat ainakin Turun palo vuonna 1827 ja Vanhan Vaasan palo vuonna 1852. Muualla Euroopassa vesihuollon kehitystä



Kuva 1. Arkhimeden ruuvipumppu symbolisoimassa Tampereen veden 100-vuotista taivalta. (Kuva: Tapio Katko).

vauhdittivat huonolaatuiset perinteiset vesilähteet, puutteelliset hygieniatilat, matkailun tarpeet, teollisuuden vedenkäyttö sekä kaupalliset tavoitteet. (Juuti & Katko 2005)

Tampereella 1860-luvulla tarjoutui tehtailija William von Nottbeck (1816-1890) rakentamaan *yksityisen vesilaitoksen* sillä edellytyksellä, että hän saisi varmat tuotot kaikissa tilanteissa. Kaupunki otti kuitenkin vastuun vesihuollon kehittämisestä. Helsingissä pietarilainen liikemies W.A. Abegg hankki vesilaitoksen toimiluvan, mutta yrittämättäkään aloittaa toimintaa myi luvan saksalaiselle yritykselle. Tämä perustikin vesi- ja viemärlaitoksen, mutta ajautui pian taloudellisiin vaikeuksiin ja myi luvan takaisin kaupungille.

Lähes kaikissa maissa vesi- ja viemärlaitokset siirtyivät kuntien omistukseen 1900-luvun alkuun mennessä, koska yksityiset yritykset eivät pystyneet järjestämään julkista palvelua kannattavasti. Vain Ranskassa, jossa on vieläkin 35 000 kuntaa, yksityiset yritykset jatkoivat laajamittaisesti toimintaansa – ensin toimilupien ja myöhemmin operoinnin muodossa.

Vuonna 1912 Bernhard Wuolle (1876-1962) esitelmöi maamme ensimmäisillä kaupunkipäivillä ja viittasi lordi Aveburgin, aikansa thatcherilaisen vaikuttajan väittämiin. Wuolle totesi: ”Englannin kunnallinen lainsäädäntökin osaltaan voi olla syynä tehtyihin tuhmuuksiin. Eikö siis olisi parempi kehittää lainsäädäntöä, sen sijaan, että kehoitetaan palaamaan yksityiseen yritteliäisyyteen sellaisillakin aloilla, jotka ovat luonnollisempia kuntain liikeyrityksille?” (Hukka & Katko 2002).

Tämä historian oppi oli kuitenkin unohtunut, kun Englannin ja Walesin alueelliset vesi- ja viemärlaitokset yksityistettiin vuonna 1989. Julkisten laitosten lainanottoa oli sitä ennen rajoitettu jo vuosikymmenen ajan. Näin ne oli ”helppo” yksityistää. Maailmanpankki käytti puolestaan 1990-luvulla Latinalaista Amerikkaa vesihuollon yksityistämisen koekenttänä. Yksityistä pääomaa hankkeisiin ei kuitenkaan tullut ja kuvitellut edut ovat osoittautuneet pääosin harhakuviksi. (Hukka & Katko 2003, Prinwass)

Vesihuollon yksityistäminen lienee dramaattisin esimerkki siitä, kuinka voidaan tehdä perustavaa laatua olevia virheitä, jos ei haluta oppia aiemmasta. Meillä 2000-luvulla esimerkiksi Sitra edistää yksityistä operointia ”uutena innovaatioina”, vaikka varoittavia esimerkkejä tästäkin on eri puolilta maailmaa.

Muutamilla teknisillä valinnoilla on ollut kauaskantoisia vaikutuksia vesihuoltoon. Jo 1880-luvulla Suomessa ryhdyttiin Saksan mallin mukaisesti käyttämään *vesimittareita*. Englannissa tähän ollaan päättymässä vasta 100 vuotta myöhemmin. Toinen ratkaisu oli *WC:n* hyväksyminen vuoden 1900 tienoilla, mitä edelsi lähes parinkymmenen vuoden kiistely. Kolmas keskeinen päätös oli tehtyjen kokeiden perusteella *olla käyttämättä lyijyputkia*. Pohjoismaiden ulkopuolella nämä ovat nyt iso ongelma. Muoviputkien kehittämisessä Suomi on puolestaan ollut edelläkävijä, ensin niitä käytettiin maaseudun vesijohdoissa, myöhemmin kaupungeissa.

Keskeinen valinta on myös ollut se, käytetäänkö raakavetenä pohja- vai pintavettä. Kovan valtakunnallisen kiistelyn

jälkeen Tampere päätti vuonna 1920 olla käyttämättä pohjavettä. Painopiste siirtyi näin pintaveden käyttöön, ja pohjavettä ryhdyttiin käyttämään enemmän vasta sotien jälkeen. Göteborgissa oli otettu vuonna 1902 käyttöön tekopohjavasilaitos (Kuva 2), kun taas meillä vastaava tekniikka yleistyi vasta 1960- ja 70-luvuilla.

Ensimmäinen vesihuollon rahoituslaki tuli Suomessa voimaan vuonna 1951. Sen taustalla oli ns. kotitalouden rationalisoimiskomitea, jossa oli kahdeksan vaikutusvaltaista naisjäsentä, ja jonka tehtävä oli etsiä keinoja pienviljelijäperheiden naisten työtaakan helpottamiseksi – varsin keskeinen tavoite nykyään kehitysmaissa. Kokonaisinvestoinneista Suomessa valtion tuki vesihuoltoon on kuitenkin ollut alle 10 prosenttia. Esimerkiksi Ruotsissa ja Yhdysvalloissa valtio rahoitti 1970-luvulla suurimman osan puhdistamoinvestoinneista, kun ne meillä katettiin pääosin jätevesimaksuin.

Energiakriisiin saakka oletettiin veden kokonaiskulutuksen sekä ominaiskulutuksen (litraa asukasta kohden vuorokaudessa) kasvavan, mutta jätevesimaksulain 1974 myötä alkoi kulutus laskea. Ominaiskulutus oli suurimmillaan 340 l/asxd, josta se on laskenut kolmanneksen. Tämä on muun muassa mahdollistanut verkostojen saneerauksen sujuuttamalla, mutta on tuonut haasteita taksarakenteisiin.

Erillisviemärointiin alettiin siirtyä 1930-luvun lopulla. Tämä loi perustan jätevesien puhdistukselle, mutta vasta vuoden 1962 vesilaki velvoitti siihen. Pienet kaupungit ja taajamat rakensivat puhdistamonsa ensin, seuraavaksi suurimmat kaupungit ja viimeiseksi metsäteollisuus. Vesistöjen kannalta järjestys oli nurinkurinen, mutta yhteiskunnallisen paineen kannalta paremmin ymmärrettävä. Lahteen tuli maamme ensimmäinen puhdistamo jo vuonna 1910 ja yksi ensimmäisiä kalliopuhdistamoja vuonna 1976 (Kuva 3).

Suomen 2000-luvun vesihuollon keskeisiä kysymyksiä on, kuinka pitkälle on järkevää rakentaa verkostoja harvaan asutussa maassa. Tätä tulisi tarkastella riittävän laajasti ja ottaa huomioon poliittiset, ekonomiset, sosiaaliset, teknologiset, ekologiset ja lainsäädännölliset seikat unohtamatta järjestelmien haavoittuvuutta.

Suomessa vesihuoltoa toteutetaan neljällä tasolla: kiinteistökohtaiset ratkaisut, vesiosuuskunnat ja muut yhtymät,

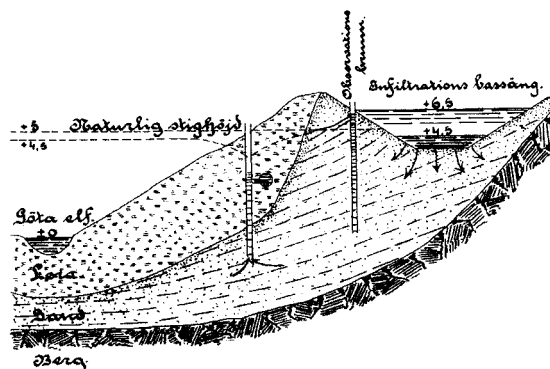


Bild 1.5 Göteborgs nya vattenverk i genomskärning (Richert, 1901).

Kuva 2. Göteborgin vuonna 1902 käyttöönotetun, J. Richterin suunnitteleman tekopohjavesilaitoksen poikkileikkaus.



Kuva 3. Kalliopuhdistamo Lahden Kariniemessä (Kuva: Lahti Vesi).

taajamien ja kaupunkien laitokset sekä ylikunnalliset järjestelmät. Ylikunnallinen yhteistyö voi olla sopimuspohjaisista, tukkutoimintaa tai alueellisen laitoksen toimintaa. Tämä monimuotoisuus on suomalaisen vesihuollon vahvuuksia. Siihen sopii huonosti ilmiö, jossa esimerkiksi yhtä ylikunnallisen yhteistyön vaihtoehtoa ajetaan voimakkaasti ja unohdetaan muut vaihtoehdot. Mitä isommasta hankkeesta on kyse, sitä kevyemmällä perusteilla saatetaan tehdä kauaskantoisia päätöksiä.

Johtopäätöksiä ja tulevaisuuden näkymiä

Vesihuollon toteutustavat ovat oleellisesti riippuvaisia paikallisista olosuhteista, ja ne tulisi järjestää myös EU:n korostaman läheisyysperiaatteen pohjalta. Historian valossa yksityiset voittoa tuottamattomat järjestelmät ovat perusteltavissa, mutta pelkkään voittoon pyrkivistä on varoitettavia kokemuksia.

Kaikessa vesihuoltoon liittyvässä kehittämistyössä pitäisi vaihtoehtojen vertailun olla lähtökohtana. Myös tehdyistä virheistä ja kohdatuista karikoista pitäisi oppia. Joka suhteessa on tarvetta tutkitulle tiedolle ja sen käytölle.

Yhteiskuntasuhteita tulisi hoitaa eri tasoilla nykyistä aktiivisemmin. Vesihuolto on julkinen peruspalvelu ja keskeinen osa huoltovarmuutta. Jokaisen sukupolven tulee investoida siihen riittävästi, jotta järjestelmät pysyvät kunnossa.

Kirjallisuus

- Hukka J. & Katko T. 2002. Kunta herrana talossaan – vai yksityinen pääoma? Tekniikka ja Kunta. 26: 4; 46–47.
- Hukka J. & Katko T. 2003. Water privatization revisited – panacea or pancake? IRC Occasional Paper Series No. 33. 179 p. <http://www.irc.nl/page/6003>
- Juuti P. & Katko T. (Eds.) 2005. Water, Time and European cities. History matters for the future. 253 p. <http://www.WaterTime.net>
- Juuti P.S., Katko T.S. & Vuorinen H.S. (Eds.) 2007. Environmental History of Water - Global views on community water supply and sanitation. IWA Publishing. 629 p. <http://www.iwapublishing.com/template.cfm?name=isbn1843391104>
- Katko T. 1992. The development of water supply associations in Finland and its significance for developing countries. The World Bank, WSS division. Discussion paper no. 8.
- Waltari M. 1989 (ilm. 1945). Sinuhe Egyptiläinen. 23. painos.
- Web-sivut: Prinwass: <http://www.prinwass.org/>

ASUTUKSEN YHTEISESTI JÄRJESTETTY VESIHUOLTO

Asutuksen yhteisesti järjestetty vesihuolto on Suomessa valtaosin kuntien toimesta hoidettavaa toimintaa. Vuonna 2001 voimaan tulleella vesihuoltolailla asutuksen yhteisesti järjestetty vesihuolto on määritelty yksinoikeuksilla liiketoimintana hoidettavaksi toiminnaksi siltä osin kuin siitä huolehtivat vesihuoltolain tarkoittamat vesihuoltolaitokset.

Suomessa ei vielä, seitsemän vuotta vesihuoltolain voimaantulon jälkeen, kattavasti hoideta asutuksen yhteisesti järjestettyä vesihuoltoa elinkeino- ja osakeyhtiölain tarkoittamana liiketoimintana. Ylivoimaisen suuri osa sekä vesihuoltolain tarkoittamista vesihuoltolaitoksista että myös näitä pienemmistä vesi- ja viemärlaitoksista toimii tästä näkökulmasta katsoen joko kannattomasti tai hyvin huonosti kannattavina. Tämä sekä keskimäärin hyvin pieni laitostekoko ovat suurimpia esteitä sille, että asutuksen yhteisesti järjestettyä vesihuoltoa voitaisiin kehittää elinkeino- ja osakeyhtiölain mukaisesti hoidettavana liiketoimintana. Tämä on selvästi nähtävissä muun muassa siitä, ettei edes vesihuoltolaitosten käyttöömaisuuden kulumisen korvausinvestointeja voida Suomessa toteuttaa nykyisin riittävässä määrin.

Ongelmana pieni laitostekoko

Perusongelman muodostaa se, että meillä sekä pieniä vesihuoltolaitoksia että näitä vieläkin pienempiä vesi- ja viemärlaitoksia on hyvin paljon ja että vesihuoltolaitosten keskimääräinen koko on varsin pieni. Meillä Suomessa on noin 1 500 vesihuoltolain tarkoittamaa vesihuoltolaitosta. Ne palvelevat yhtä aikaa vähintään 50 talousveden käyttäjää tai toimittavat talousvettä käyttäjille vähintään 10 m³/d. Vesihuoltolaitokset ovat siis keskimäärin varsin pieniä. Näiden lisäksi Suomessa on yli 1 000 niin pientä vesi- ja viemärlaitosta, että ne eivät ole vesihuoltolain tarkoittamia vesihuoltolaitoksia. Riittävän kannattavasti hoidetun liiketoiminnan toteuttaminen näin pienissä laitosyksiköissä on jo periaatteessa varsin vaikeaa. Ennemmin kysymys on siitä, että vesihuoltolaitokset toimittavat talousvettä useimmiten mahdollisimman taloudellisesti sen käyttäjille, ja että talousveden käytön seurauksena syntyvä asumisjätevesi vie-



HEIKKI KIURU
professori emeritus, professori ma.
TKK vesihuoltotekniikka
E-mail: heikki.kiuru@tkk.fi

märöidään ja puhdistetaan luontoon palautettavaksi myös mahdollisimman taloudellisesti.

Vertailun vuoksi voidaan mainita, että naapurimaassamme Ruotsissa, jossa on noin kaksi kertaa niin paljon asukkaita kuin Suomessa, on yhteensä alle 100 vesi- ja viemärlaitosta. Tämä johtuu siitä, että Ruotsissa vain kunnat saavat lain mukaan omistaa ja operoida vesihuoltolaitoksia. Ruotsissa ei siis ole lainkaan pieniä vesi- ja viemärlaitoksia, jollaisia Suomessa on yli 1 000. Eteläisen Ruotsin kunnat ovatkin kooltaan meidän eteläisen Suomen maakuntien kokoisia. Ruotsissa suuri kuntauudistus toteutettiin jo yli 30 vuotta sitten.

Suurissa kaupungeissa ylisuuret maksut

Merkittävän poikkeuksen vesihuoltolaitostemme joukossa muodostavat alle kymmenen suurinta kaupunkien omistamaa vesihuoltolaitosta. Ne keräävät maksuina itselleen 70-100 prosenttia enemmän tuloja kuin mitä ne tarvitsisivat oman normaalin toimintansa hoitamiseen. Ne siis perivät kylmästi lähes kaksin verroin liian suuria maksuja talousvedensä käyttäjiltä. Tämä taas johtuu siitä, että suuret kaupungimme, jotka omistavat nämä laitokset, tulouttavat lähes puolet vesihuoltolaitostensa keräämistä maksuista tuottoina keskuskassoihinsa. Juuri tämä on hyvin räikeä esimerkki siitä, miten vesihuoltolaitosten ns. liiketoimintaa käytetään tuottamaan omistajilleen tuloja, joita käytetään aivan muuhun kuin vesihuoltoon.

Näin toimiminen on mahdollista siksi, etteivät nämä suuretkaan vesihuoltolaitokset ole toiminnallisesti ja taloudellisesti itsenäisiä vesihuoltolaitoksia, vaan ne ovat vain osia kaupunkien organisaatioissa. Niillä ei ole omaa kassaa eikä myöskään omaa maksuliikennettä. Niiden koko rahaliikenne kulkee kaupunkien keskuskassojen ja niitä hoitavien,

kaupunkien taloudesta vastaavien elinten kautta. Tämä taas merkitsee käytännössä sitä, etteivät toiminnan harjoittajina vesihuollossa olekaan vesihuoltolaitokset, vaan niitä omistavat kaupungit. Nämä kaupungit eivät esimerkiksi maksa vesihuolto- ja viemäri- ja jätehuollon ylläpidosta lainkaan veroa valtiolle.

Osakeyhtiö luontevin tapa toimia

Kuntien ja kaupunkien valtaosin suora vesihuoltolaitosten omistus ja keskimäärin hyvin pieni laitoskoko ovatkin kaikin suurimpia asutuksen yhteisesti järjestetyn vesihuollon kehittämistä vaikeuttavia tekijöitä Suomessa. Kun kysymys on liiketoimintana hoidettavasta vesihuollosta, luontevin vesihuoltolaitosten omistusmuoto olisikin meillä ilman muuta vesihuolto-osakeyhtiö. Vesihuoltolaitoksia hoitavat suuret alueelliset vesihuolto-osakeyhtiöt voisivat edelleenkin olla suurelta osin kuntien omistamia, jos se katsotaan asianmukaiseksi. Toisaalta osakeyhtiömuoto mahdollistaisi myös muiden, liiketoimintaan pääomia sijoittavien osakkaiden mukaantulon. Kysymykseen saattaisi tulla siis myös yksityisen sijoitus pääoman käyttäminen asutuksen yhteisesti järjestetyn vesihuollon investointeihin.

Yksityistä sijoitus pääomaa ei suinkaan kuitenkaan tulisi käyttää vesihuoltolaitostemme normaalin liiketoiminnan rahoittamiseen, vaan ainoastaan näiden laitosten suurten investointien rahoittamiseen. Voidaan pitää varsin tärkeänä

sitä, että vesihuoltolaitokset pysyisivät edelleenkin julkisesti omistettuina, jotta niiden toimintaa voitaisiin ohjata demokraattisesti. Olennaista olisi siis se, että vesihuoltolaitokset voisivat ottaa suurten investointiensä rahoitukseen myös yksityistä sijoitus pääomaa. Tällä tavoin ovat toimineet lukuisat yksityisesti omistetut vesihuoltolaitoksemme eli vesihuolto-osakeyhtiöt ja vesihuolto-osuuskunnat Suomessa jo hyvin kauan.

Nykyisin pitkäaikaiselle, varmatuottoiselle sijoitus pääomalle vaadittava korkotaso on varsin matala, mikä johtuu siitä, että tällaista sijoitus pääomaa on tarjolla hyvin runsaasti. Sitä on tarjolla nykyisin niin runsaasti, että sitä riittää varmasti kaikkiin maailman hyvin kannattaviin sijoituskohteisiin. Myös matalatuottoisiin, pitkäaikaisiin sijoituskohteisiin on nykyisin hyvin saatavilla sijoitus pääomaa. Koska asutuksen yhteisesti järjestetty vesihuolto on liiketoimintaa, jolla on varmat tulot, se on hyvä pitkäaikainen sijoituskohde.

Kohti alueellisia vesihuoltolaitoksia

Olennaista Suomessa olisi jatkossa se, että asutuksen yhteisesti järjestetystä vesihuollosta huolehtivien vesihuoltolaitosten toiminta-alueita suurennetaan, niin kuin juuri nyt on jo alkanutkin tapahtua. Näin meillä voitaisiin siirtyä nykyisin enimmäkseen paikallisesti toimivista vesihuoltolaitoksista valtaosin alueellisesti toimiviin vesihuoltolaitoksiin. Tällöin asutuksen yhteisesti järjestetyn vesihuollon kehittäminen ei





VESIANALYTIKAN OSAAJA

Nab Labs on Suomen johtava teollisuuden ja ympäristönseurannan analytiikan tuottaja. Merkittävä osa vesianalytiikkaamme on akkreditoitu.

- LUONNONVEDET • JÄTEVEDET • TALOUSVEDET • PROSESSIVEDET
- KATTILAVEDET • KIERTOVEDET • UIMAVEDET

Tuotamme myös vesistö- ja kuormitus-tarkkailut, biologiset selvitykset sekä näytteenoton kentällä.

Lisätiedot palveluistamme:
0207 479 111 tai info@nablabs.fi



Nablabs
laboratories

www.nablabs.fi

N A B L A B S - A N A L Y T I I K A N O S A A J A

olisi suoraan sidoksissa takkuilevan kuntauudistuksen toteuttamiseen. Perustettavat alueelliset vesihuoltolaitokset voivat näin olla tarvittaessa useamman kunnan yhdessä omistamia vesihuolto-osakeyhtiöitä. Mukaan voidaan osakkaiksi ottaa myös alueiden suurimpia talousveden käyttäjiä.

Onkin laskettu yhdessä maan korkeimman vesihuoltoviranomaisen eli maa- ja metsätalousministeriön luonnonvarain osaston ja Teknillisen korkeakoulun vesihuoltotekniikan yhteistyönä, että Suomessa tarvitaan vain 45–50 suurta, alueellista vesihuoltolaitosta huolehtimaan asutuksen yhteisesti järjestetystä vesihuollosta kannattavasti hoidettuna liiketoimintana. Näin näiden vesihuoltolaitosten kehittämiseen saataisiin riittävästi pääomia varsin helposti. Lisäksi tarvitaan lähinnä Pohjois- ja pohjoiseen Itä-Suomeen paikallisia vesihuoltolaitoksia siellä, missä asutusta on runsaasti vain harvoissa erillisissä taajamissa. Näitäkään laitoksia ei tarvita kuin alle 50 ja ne voisivat olla yksityisesti omistettuja osakeyhtiöitä, joissa kunnilla on vain riittävän suuri omistusosuus. Asutuksen yhteisesti järjestetystä vesihuollosta Suomessa huolehtisi täten enää alle 100 vesihuoltolaitosta.

Näin asutuksen yhteisesti järjestetystä vesihuollosta huolehtisivat osakeyhtiöinä toimivat vesihuoltolaitokset, joissa kunnilla edelleenkin olisi merkittävä omistusosuus toiminnan julkisen valvonnan takaamiseksi. Tämän lisäksi tarvitaan myös valtion toimesta julkisesti hoidettua vesihuoltoliiketoiminnan valvontaa ainakin alueellisten vesihuoltolaitosten toiminnan suhteen. Tätä voidaan hyvin perustella laitosten suurilla volyymeilla.

Käyttäjien edut turvattava

On syytä ottaa oppia energialiiketoiminnan yksityistämisenä tehdyistä virheistä Suomessa. Huomattavan suuri osuus tästä toiminnasta annettiin suurten, yksityisten pörssinoteerattujen energiayhtiöiden hoidettavaksi. Siinä eivät sähkö- ja lämpöenergian käyttäjien edut suinkaan ole tulleet riittävästi turvatuiksi, vaan toiminnan pääpaino kohdistuu näiden pörssinoteerattuja energiayhtiöiden osakkaiden osinkojen riittävän suurina pitämiseen. Aivan vastaava on tilanne myös suurten kaupunkiemme suoraan omistamien energialaitosten kohdalla, missä niiden omistajien etu on aina etusijalla.

Energiahuolto ja vesihuolto ovat nykyaikaisen yhteiskunnan perus- ja välttämättömyyspalveluja, joita ilman ei voida olla. Energiahuoltohan kattaa sähköenergian jakelun osalta nykyisin koko Suomen väestön ja myös koko maan alueen hyvin laajasti. Lämpöenergian jakelun osalta energiahuolto kattaa vain tiiviisti rakennetuissa taajamissa olevan väestön, eikä ole odotettavissa, että sen kattavuus tästä enää merkittävästi paranisi. Ei ole järkevää levittää kaukolämpöjärjestelmiä tiiviisti rakennettujen taajamien ulkopuolelle siitä seuraavien suurten lämpöhäviöiden takia.

Asutuksen yhteisesti järjestetyssä vesihuollossa tilanne on hieman erilainen. Asutuksen yhteisten talousveden jakelujärjestelmien piirissä on nykyisin hieman yli 80 prosenttia maan väestöstä, mutta vain noin 10 prosenttia Suomen pinta-alasta. Asutuksen yhteisten asumisjäteveden viemärintijärjestelmien piirissä on noin 70 prosenttia maan väestöstä,

mutta vain noin seitsemän prosenttia Suomen pinta-alasta. Lopullinen tilanne talousveden jakelujärjestelmien ja asumisjäteveden viemärintijärjestelmien osalta tulevaisuudessa lienee kuitenkin se, että noin 90 prosenttia maan väestöstä on sekä asutuksen yhteisten talousveden jakelujärjestelmien että asumisjäteveden viemärintijärjestelmien piirissä ja että noin 12 prosenttia maan pinta-alasta on myös näiden järjestelmien piirissä.

Energiahuolto on nykyisin elinkeino- ja osakeyhtiölain mukaista liiketoimintaa kokonaisuudessaan. Se on sähköenergiahuollossa sähköenergian tuotannon osalta niin tiukasti kilpailtua toimintaa, että siinä ei ole tilaa muunlaiselle toiminnalle. Sen sijaan asutuksen yhteisesti järjestetty vesihuolto on vielä valtaosin muuta kuin elinkeino- ja osakeyhtiölain mukaista liiketoimintaa. Ylivoimaisesti suurin osa siitä onkin sellaista toimintaa, jossa minkäänlaista kunnollista liiketoimintatulosta ei pääse syntymään. Ääritapauksissa liiketoiminnan tulos on kuitenkin joko huomattavasti parempaa kuin normaalissa elinkeino- ja osakeyhtiölain mukaisessa liiketoiminnassa tai sitten huomattavasti huonompaa.

Taloudellisesti ja ekologisesti kestäviä ratkaisuja

Asutuksen yhteisesti järjestetystä vesihuollosta Suomessa on saatava elinkeino- ja osakeyhtiölain mukaista liiketoimintaa sen takia, että vesihuolto voitaisiin lopultakin järjestää kestäväällä tavalla. Tällä tarkoitetaan sitä, että vesihuollon hoitavat Suomessa 45–50 suurta alueellista osakeyhtiönä toimivaa vesihuoltolaitosta, sekä Pohjois- ja Itä-Suomen toisistaan kaukana olevissa, erillisissä taajamissa alle 50 paikallista myös osakeyhtiönä toimivaa vesihuoltolaitosta. Kun kaikki vesihuoltolaitokset ovat osakeyhtiöiden toimesta hoidettavia laitoksia, niiden on pakko hoitaa toimintansa elinkeino- ja osakeyhtiölain mukaisena liiketoimintana eli tulla toimeen vain omilla toimintatuloillaan.

Tällä tavoin toimivaan, alle sataan, valtaosin alueelliseen vesihuoltolaitokseen voidaan palkata ammattitaitoisia toimihenkilöitä ja työntekijöitä sekä maksaa heille asianmukaista palkkaa. Olennaista on myös se, että, kuten ennestään jo energiahuoltoa, niin nyt myös vesihuoltoa julkisesti valvomaan perustetaan valtion hallintoon oma yksikkö. Sen tehtävänä on huolehtia siitä, että sekä energia- että vesihuoltopalveluista peritään niiden käyttäjiltä kohtuullisia ja kustannusvastaavia maksuja sekä siitä, että energia- ja vesihuolto-osakeyhtiöiden liiketoiminta tuottaa vain kohtuullisesti.

Näin meillä on mahdollisuus kehittää asutuksen yhteisesti järjestettyä vesihuoltoa siten, että lopulta talousvetenä Suomessa käytetään vain korkealaatuista pohjavettä tai lähes sen veroista tekopohjavettä kestäväällä tavalla ja että myös asumisjätevedet puhdistetaan tehokkaasti kestäväällä tavalla eli biologisesti valtaosin suurissa alueellisissa keskusjätevedenpuhdistamoissa ja että vedet johdetaan luontoon sisävesistöihin ja merialueille niille haittaa tai vahinkoa aiheuttamatta. Tämä on meille täysin mahdollista sen ansiosta, että meidän makeavesivaramme ovat maailman suurimmat asukasta kohden laskettuna ja että pystymme puhdistamaan asumisjätevedet riittävän tehokkaasti kestäväällä tavalla. 

ONNEA TEKNILLISELLE KORKEAKOULULLE

Maa- ja vesiteknikan tuki ry. ja Vesitalous-lehti onnittelevat sata vuotta yliopistotasoista opetusta antanutta Teknillistä korkeakoulua.



TIMO MAASILTA

dipl.ins., hallituksen puheenjohtaja,
Maa- ja vesiteknikan tuki ry.
päätoimittaja, Vesitalous-lehti
E-mail: timo.maasilta@mvtt.fi

Maa- ja vesiteknikan tuki ry:n historia liittyy läheisesti Teknilliseen korkeakouluun. Yhdistyksen ensimmäiset jäsenet, Veli Hakari, Pentti Kaitera, Heino Leskelä, Toivo Liukko, Aimo Maasilta, Kauko Niinivaara, Jorma Nikula, Aatu Pöntys, Pentti Saukko, Eino W Seppänen ja Matti Wäre olivat kaikki TKK:n rakennusinsinööriosaston maatalouden vesirakennuksen opintosuunnalta valmistuneita diplomi-insinöörejä, ns. ojakonnia. Heitä kaikkia yhdisti halu auttaa ammatikuntaa ja kohentaa Suomen elinoloja.

Maa- ja vesiteknikan tuki

Maa- ja vesiteknikan tuki perustettiin vuonna 1949, aikana jolloin siirtolaisten asuttamisen myötä peltojen raivaus ja kuivatus olivat keskeisiä kysymyksiä valtakunnassa. Ensimmäisen sijoituksensa yhdistys teki maa- ja vesirakennusyhtiö Vesto Oy:n osakkeisiin. Seuraavana vuonna yhdistys oli perustamassa Amer Tupakka -yhtiötä. Veston osakkeet myytiin muutaman vuoden kuluttua, mutta yhdistykselle läheisestä alasta ei kuitenkaan luovuttu. Seuraavana sijoituskohteena oli lähinnä vesirakennusallalla toiminut Vesi Pekka Oy. Tätä seurasi myöhemmin vielä sijoitus pohjoissuomalaiseen rakennusyhtiöön Oulun Maanrakennuspoikiin. Yhdistyksellä oli sijoituksia myös alan suunnittelutoimistoissa. Mukana oltiin televisioiminnassakin sen alkuaikoina, alan uranuurtajassa Tesvisiossa, vapaan tiedonvälityksen parantamiseksi. Tämä osuus myytiin sittemmin yhdessä muiden Tesvision osakkaiden osuuksien

kanssa Yleisradiolle, koska toimintaedellytykset olivat heikentyneet kilpailevan Mainos-TV:n saatua lisää lähetyksiaikaa.

1980-luvun alkupuolelle siirryttäessä yhdistyksestä oli tullut Vesi-Pekan ja OMP Yhtymäksi nimensä muuttaneen Oulun Maanrakennuspoikien enemmistöosakas. Kummankin yrityksen hallituksen puheenjohtajana oli yhdistyksen puheenjohtaja Aimo Maasilta. Yritysten yhteensä noin 850 miljoonan markan liikevaihdosta yli puolet tuli Suomen rajojen ulkopuolelta, pääasiassa Neuvostoliitosta ja Arabimaista. Yhdistys möi yhtiöt vuonna 1984 Suomen siihen asti suurimmassa rakennusyrityskaupassa. Amer Tupakka muutti nimensä Amer Yhtymäksi ja listautui pörssiin 1970-luvulla. Nyttemmin yhtiö on keskittynyt urheiluvälineisiin nimellä Amer Sports Oyj, jonka osakkeista yhdistys omistaa edelleen noin viisi prosenttia. Tänä päivänä yhdistyksen varat on sijoitettu pääosin pörssinoteerattuihin osakkeisiin ja rahastoihin.

Kun Maa- ja vesiteknikan tuen talous 1950-luvun alussa kohentui tehtyjen sijoitusten tuoton myötä, päästiin toteuttamaan sääntöjen mukaista aatteellista ja taloudellista tukitoimintaa: maa- ja vesiteknillisen tutkimuksen ja opetuksen edistämistä sekä maaseudun suunnitteluun ja rakentamiseen liittyvien kysymysten selvittelyä.

Tutkimustoiminnan tukemisen rinnalla yhdistys on kantanut huolta korkeakoulujen vesialan opetuksen tasosta, laadusta ja laajuudesta. Teknillisen korkeakoulun tutkintosääntöjen muutosvaiheissa ja yhteiskunnan tarpeiden lisääntyessä ja monipuolistuessa yhdistys on pyrkinyt lausumaan käsityksensä vesitalouden opetuksen suunnasta ja painotusalueista. Ympäristöongelmien nopea lisääntymien asetti korkeakouluopetuksen uusien haasteiden eteen.

Yhdistys on historiansa aikana jakanut apurahoja usealle tuhannelle tutkijalle ja opiskelijalle. Jaetuista apurahoista merkittävän osan ovat muodostaneet alan insinöörien yksilöllinen jatkokoulutus ja täydennyskoulutuskurssit. Kurssveja on järjestetty erityisesti yhteiskunnallises-

ti tärkeiksi koetuilta vesien-, ilman- ja maaperänsuojelun aloilta. Apurahoja on jaettu alan korkeakouluille, esimerkiksi Teknilliselle korkeakoululle on lahjoitettu ympäristönsuojeluteknikan professori. Yhdistys on julkaissut muun muassa kirjat Maankuivatuksen historia ja Vesihallituksen syntyhistoria sekä tukenut useiden kymmenien muiden painotuotteiden julkaisua.

Viime vuosina yhdistyksen hallitus on myöntänyt hakemusten perusteella vuosittain runsaat 150 apurahaa. Tuettavista kohteista mainittakoon opinnäytetyöt, alan tutkimukset, opinto- ja kongressimatkat, opiskelu ulkomailla, jatkokoulutuskurssit, julkaisut ja oppimateriaalin tuottaminen. Esimerkkeinä viimeaikaisista hankkeista voidaan mainita vesistöjen haitallisiin sinileviin liittyvät tutkimukset sekä peltoviljelyn ravinnekuormituksen vähentämiseen tähtäävät projektit.

Vesitalous-lehti

Maa- ja vesiteknikan tuki perusti yhdessä Maa- ja vesirakennusinsinöörien yhdistyksen ja Vesihuoltoliiton kanssa vuonna 1960 Vesitalous-lehden. Lehti ilmestyi aluksi neljä kertaa vuodessa, mutta hyvin pian ilmestymiskerrat väkiintuivat kuuteen, mikä on edelleenkin käytäntö. Nykyisin lehteä julkaisevan yhtiön takaa löytyy yhdistyksen lisäksi Vesi- ja viemärlaitosyhdistys ry.

Vesitalous-lehti on maamme johtava vesialan julkaisu. Se on toistuvasti valittu parhaaksi Taloustutkimus Oy:n vesihuoltoalan ammattilaisten keskuudessa tekemissä kyselyissä. Nykyisin jokaisessa numerossa on teemaosio joltakin vesialan osa-alueelta, minkä lisäksi myös muita veteen liittyviä aiheita.

Tässä vuoden 2008 ensimmäisessä numerossa kaikki kirjoitukset liittyvät Teknillisen korkeakoulun Tekniikan päivillä pidettäviin vesiaiheisiin luentoihin. Tällä on haluttu juhlistaa TKK:n satavuotista historiaa yliopistona.

Maa- ja vesiteknikan tuki ja Vesitalous-lehti toivottavat onnea ja menestystä Teknilliselle korkeakoululle myös toisella vuosisadalla.

► SUUNNITTELU JA TUTKIMUS

AIRIX Ympäristö
FMC GROUP

Teemme parempaa huomista.

AIRIX Ympäristö Oy | Puhelin 010 2414 000 | etunimi.sukunimi@airix.fi
PL 52, 20781 KAARINA | Telefax 010 2414 001 | www.airix.fi

Toimistot: Kaarina, Tampere, Espoo ja Oulu

Kunnallistekniikan osaamista

ALUETEKNIikka OY
www.aluetekniikka.com

Asemakatu 1
62100 Lapua
Puh. 06-4374 350
Fax 06-4374 351

Vesilaitokset
Jätevesilaitokset
Flotaatiolaitokset

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICSAN AB

Sibeliuksenkatu 9 B 00250 HELSINKI
Puh. 09-447 161 Fax 09-445 912

Knowledge taking people further---

Vesi- ja ympäristötutkimuksia

- Limnologia
- Kalatalous
- Vesikemia
- Hydrobiologia

Yhdyskuntatekniikan ratkaisuja

- Vedenhankinta
- Jätevedenpuhdistamot
- Vedenpuhdistuslaitokset
- Vesihuoltolinjat

RAMBOLL www.ramboll.fi
puhelin 020 755 611

PÖYRY

Pöyry Environment Oy
PL 50, Jaakonkatu 3
01621 Vantaa
Puh. 010 3311
Faksi: 010 33 26600
www.environment.poyry.fi

K&R Kiuru & Rautiainen Oy
Vesihuollon asiantuntijatoimisto

- Laitosten yleis- ja prosessisuunnittelu
- Vesihuollon kehittämissuunnitelmat
- Talous- ja organisaatioselvitykset
- Taksojen määrittämissuunnitelmat
- Ympäristölupahakemukset

SAVONLINNA (015) 510 855
HELSINKI (09) 692 4482 www.kiuru-rautiainen.fi

TRITONET

Vesi- ja ympäristötekniikan
asiantuntemusta ja suunnittelua

Tritonet Oy
Pinninkatu 53 C
33100 Tampere
Puh. (03) 3141 4100
Fax (03) 3141 4140
www.tritonet.fi

Veela.

Hitsaajankatu 4 c
00810 Helsinki
puh. 044 091 77 77
info@veela.fi
www.veela.fi

VESIHUOLTOPALVELUA

- vesihuollon projektinhoito
- palveluhankintojen kilpailutus
- ympäristölupapalvelut
- osuuskuntien isännöinti
- osaamistestaus

"Jos kaikki Suomen järvet..."

VESISTÖJEN KUNNOSTUS JA HOITO

SUUNNITTELU JA TUTKIMUS
-VE-LIMNO ravinnetasemallisto
-VE-EKOSIMU happimalli
-Kunnostussuunnitelmat

TOTEUTUS
MIXOX-hapetusurakointi

VESI-EKO OY
WATER-ECO
www.vesieko.fi

Yrittäjätie 12
70150 Kuopio
Puh. (017) 279 8600
Fax (017) 279 8601
tiedustelut@vesieko.fi

LIMNOLOGITOIMISTO-VESIEN HOIDON JA KUNNOSTUKSEN ASIAANTUNTIJA

VEDENKÄSITTELYLAITTEET JA -LAITOKSET

AKVA FILTER - PUHTAAN VEDEN PUOLESTA!

- suunnittelua ja palvelua 40 vuoden kokemuksella.
- vedenkäsittelyratkaisut ja suodatusmateriaalit raudan, mangaanin, orgaanisten aineiden, radonin, raskasmetallien ja kloorin poistoon sekä veden neutralointiin.
- suodattimet manuaalisena tai moottoriventtiili-automaatiikalla varustettuina.
- vedenottoamille 10-1000 m³/vrk.
- omakotitalouksiin, maatiloille, laitoksiin.
- myös vesipistekohtaiset suodattimet.



AKVA FILTER OY
www.akvafilter.fi,
E-mail: info@akvafilter.fi

PL 33,
19650 Joutsa
Puh. 014-883 521
Fax 014-883 522

Dosfil oy – Vedenkäsittelyn hallintaa –

- Automaattiset suotimet vedenkäsittelyyn
- Erilaiset säiliöt vaihteleviin prosesseihin
- RO-laitteistot ja Nanosuodatuslaitteet
- UV-lamput ja Otsoninkehityslaitteistot
- pH-, Cl₂- ja johtokykykysäätimet uima-allas- ja vesilaitoskäyttöön
- Vedenkäsittelyjärjestelmien komponentit
- Vedenkäsittelyn prosessisuunnittelu

Salpakuja 9, 01200 VANTAA, puh. 042 494 7800, fax 042 494 7801
Email: dosfil@dosfil.com, internet: www.dosfil.com, Antti Jokinen GSM 0400 224777

Kaikki ominaisuudet yhdessä laitteessa – ProMinentilta

Experts in Chem-Feed and Water Treatment

ProMinent®



**DELTA® KALVOANNOSTELU-
PUMPPU** optoDrive® teknologialla

- Laadukasta annostelua
- Lisää luotettavuutta
- Taloudellisuutta

www.prominent.fi/delta

ProMinent Finland Oy
Orapihlajantie 39
00320 Helsinki

www.prominent.fi
puh. 09-4777 890
fax 09-4777 8947

Flotaatiotekniikkaa yli 40 vuotta
Vesilaitokset
Jätevesilaitokset
Jäähdytysvesilaitokset

INSINÖÖRITOIMISTO OY RICTOR AB

SIBELIUKSENKATU 9 B 00250 HELSINKI
PUH. 09-440 164 FAX 09 445 912



SK-TRADE OY
PINNINKATU 53 B PUH. (03) 35 95 400
33100 TAMPERE FAX (03) 35 95 444
www.sk-trade.com

UV-LAITTEET

- ◆ JUOMAVEDET ◆ JÄTEVEDET
- ◆ UIMA-ALTAAT ◆ PROSESSIVEDET

Hanovia
WORLD CLASS UV

KYSY MEILTÄ

KAIKO OY



Yhteyshenkilö:
KAIKO OY
Henry Fordin katu 5 C
00150 HELSINKI

Puhelin: (09) 684 1010
Faksi: (09) 6841 0120
Internet: www.kaiko.fi



waterix

ILMASTIMET
SEKOITTIMET
JÄÄHDYTTIMET

Waterix Oy
Luoteisrinne 5
02270 Espoo
Puh. 020 7981 230

Kunnallinen ja teollinen jätevededen-
puhdistus, kaatopaikat, luonnonvedet

www.waterix.com

► VESIHUOLLON KONEET JA LAITTEET



We know how water works

- pumppaamot
- jätevesipumput
- kaukolämpöpumput
- NOPOL/OKI ilmastimet
- epäkeskoruuvipumput
- työmaapumput
- potkuripumput
- tyhjöpumput
- sekoittimet

ABS Finland Oy

Turvekuja 6, 00700 Helsinki
puh. 075 324 0300, fax (09) 558 053, www.absgroup.com

EDULLISET JA LUOTETTAVAT
VENTTIILIT VEDENKÄSITTELYYN

KEYFLOW Oy

Paalukatu 1
53500 LAPPEENRANTA
Puh. (05) 614 6400, fax (05) 614 6464
info@keyflow.fi
www.keyflow.fi

Jätevesipumppaamot



- Gorman-Ruppin itseimevillä pumpuilla
- PXPumpsin uppopumpuilla

puh. (09) 4174 5070 • www.septek.fi

Ilmastinjärjestelmät

- pumppaamot
- uppopumput
- kuiva-asenteiset pumput
- venttiilit
- pumppuautomaatio
- käynnissäpito



KSB Finland Oy
Savirunninkatu 4,
04260 Kerava
Puh. 010 288 411
www.ksb.fi

**ITT Flygt 50 vuotta
Suomessa!**

www.flygt.fi

- Pumput
- Sekoittimet
- Ilmastimet
- Pumppaamot
- Myynti
- Vuokraus
- Huolto
- Koulutus



ITT Flygt-Pumput Oy
Yrittäjätie 28
01800 Klaukkala
Puh (09) 849 4111
Fax (09) 852 4910

Engineered for life



PA-VE

Palo- ja Vesitekniikka PA-VE Oy

Kisakaarteentie 14, 42700 Keuruu
puh. 014-772 640, fax 014-772 649
info@pave.inet.fi
www.pa-ve.fi



VEESEADMED

VENTTIILIT - KARANJATKOT



KAIVOT - PALOPOSTIT - SÄHKÖHITSAUS

VEESEADMED Oy, LAHTI 010-424 4000
Info@veeseadmed.fi www.veeseadmed.fi

VERKOSTOT JA VUOTOSELVITYKSET



ULEFOS NV
 NV- JA ULEFOSKANSISTOTUOTTEITA
 SUOMESSA EDUSTAA ULEFOS NV OY
www.ulefosnv.fi
myynti@ulefosnv.com
 ULEFOS NV OY
 NIEMISEN VALIMO – KANTAA VASTUUNSA



putkistoasennukset
 ohjattavalla
 vaakaporauksella
**Putket maahan.
 Kaivamatta.**
 viemärisaneeraukset
VPP SUJU-
 pätkäputkilla

Ympäristöystävällinen vaihtoehto avokaivuulle



Vaakaporauspalvelu VPP Oy
 Puhelin (02) 674 3240 ■ www.vppoy.com

AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT




Vesihuollon asiantuntija
 Katso lisää osoitteessa www.mipro.fi

MODERNIA TEKNIKKAA VESIHUOLTOON

- Automatisointi - sähköistys - valvomoratkaisut
- Paineenkorotusasemat
- Suunnittelu - asennus - huolto



SLATEK
 PL 333, 90401 Oulu (Tuotekuja 4)
 puh. 0207 860 200, fax 0207 860 220
www.slatek.fi

► VESIKEMIKAALIT

	ESIKÄSITTELYKEMIKAALIT • PINTAKÄSITTELYKEMIKAALIT • PERUSKEMIKAALIT VEDENPUHDISTUSKEMIKAALIT • SAOSTUSKEMIKAALIT • RASKASMETALLIEN SAOSTUS
	Algol Chemicals Oy • Karapellontie 6 • PL 13, 02611 Espoo • Puhelin (09) 50 991 • Faksi (09) 5099 254
	 ALGOL CHEMICALS
www.algol.fi	

Ciba Specialty Chemicals Oy		
Polymeerit juoma- ja jäteveden käsittelyyn sekä lietteenkuivaukseen		
Raisionkaari 60 PL 250 FI-21201 Raisio	Puh. 020 380 022 customerservice.finland@ciba.com www.ciba.com	

VESIKEMIKAALIEN YKKÖNEN 
Kemira Oyj Kemira Water PL 330, 00101 HELSINKI Puh. 010 861 211, fax. 010 862 1968 http://www.kemira.com/water

 an Akzo Nobel company

LAATUKEMIKAALEILLA <i>parhaisiin tuloksiin</i>
Vedenkäsittelykemikaalit • Polyalumiinikloridit • Natriumaluminaatti • Natriumhypokloriitti • Kloori • Natronlipeä
Eka Chemicals Oy, PL 198, 90101 Oulu Puh. 0207 515 600, Faksi 0207 515 630


www.nordkalk.com
Tuntemme veden.


JÄTEVESIEN- JA LIETTEENKÄSITTELY

Hydropress Huber Ab



Kaikki laitteet mekaaniseen jäteveden-
käsitteelyyn:

ROTAMAT® ja STEP SCREEN® välvät
HUBER WAP välpeen pesu/puristus
COANDA hiekkapesuri
ROTAMAT® lietteenkäsittelylaitteet
CONTIFLOW hiekkasuodatin

Tulkinkuja 3, 02650 ESPOO,
puh. 0207 120 620, fax 0207 120 625
info@hydropresshuber.fi, www.hydropresshuber.fi

tam

- KVR-, kokonais- ja koneistourakointi
- Laitetoimitukset: Porrasvälvät, bioroottorit etc.

T & A Mämmelä Oy

PL 85, 85101 KALAJOKI
Puh. 08 463 120, Fax. 08 462 720
info@tam.fi, www.tam.fi



Oy HV-TURBO SUOMI Ab, PL 49, 02211 ESPOO
Puh (09) 884 5500, Faksi (09) 884 5600

HV-TURBO	kompressorit
STAMO	sekoittimet
LANDIA	upposekoittimet ja pumput



VESIHUOLTOLAITTEITA

OY SLAMEX AB

Vernissakatu 8 A, 01300 Vantaa
Puh. (09) 3436 200 • slamex@slamex.fi



HAJA-ASUTUKSEN JÄTEVESIJÄRJESTELMÄT 1-200 taloutta

WWW.RAITA.COM

Finnish journal for professionals in the water sector

Published six times annually

Editor-in-chief: Timo Maasilta

Address: Annankatu 29 A 18, 00100 Helsinki, Finland

PERTTI VAKKILAINEN:

Water resources engineering at Helsinki University of Technology in 1861-2008

Water resources engineering has been taught at Helsinki University of Technology for over 150 years. Over the years, teaching and research have been oriented to meet the current needs of society at a particular time. Right from the start, areas of interest have included the hydrological cycle, rheology of water, hydraulic engineering, water plants and agricultural hydraulic works. Water quality as such was not added to the curriculum until the late 20th century. Since the 1960s, priority has been given to assessing the effects, benefits and limitations of water resources engineering projects.

LAURA KUISMIN, ELINA

HEIKINHEIMO, MARKO KESKINEN AND MATTI KUMMU:

Water footprint - an indicator for our real water need

You drink about two litres of water and use about 150 litres of household water every day. However neither of these figures describes your real water need, which amounts to thousands of litres. Taking into consideration the water used in goods and food production, Finns consume 4700 litres a day on average. The water footprint and virtual water are excellent measures of the true amount of water we actually use.

ESKO KUUSISTO:

Climate: a glutton that not only consumes but also brings water

The bulk of water use is generally attributed to three sectors: settlement, industry and agriculture. Now a fourth glutton has appeared: climate change.

In some countries its share in 2050 may equal that of the water currently consumed by the three other sectors together.

JUHA JÄRVELÄ:

Could hydraulic construction and ecology meet?

The waters of our globe are under increasing pressure. Could hydraulic construction and ecological constraints meet without being on a collision course? To what extent can water courses be exploited without causing ecological damage? How could any damage be mitigated or corrected? One answer is the currently much boosted watercourse rehabilitation. However, do we really know what it has achieved?

RIKU VAHALA AND BJÖRN KLÖVE:

The future of Finland's water sector

The Finnish water sector is facing major challenges that cannot be met without substantial investment in research and development. Solutions developed and expertise will be exploited in the internationalisation of the water business. As part of the preparation for the national water programme more than 30 representatives of various stakeholders were interviewed to establish the main challenges confronting the water sector in the years to come.

HEIKKI KIURU:

Integrated water supply for residential areas

In Finland, the integrated water supply of residential areas is run largely by local authorities. Under the Water Services Act passed in 2001 such water supply is handled as an exclusive right by the water supply plants referred to in the Water Services Act.

Other articles:

OLLI VARIS:

Helsinki University of Technology - 100 years old

ILONA BÄRLUND, LUCAS MENZEL JA

MARTINA FLÖRKE:

Global hydrological modelling

OLLI VARIS:

Middle East: inflammable water?

ULLA HEINONEN:

Millennium targets being met at Phnom Penh

MATTI KUMMU:

Water resources management in ancient Angkor

MIKKO MARTIKKA, ARI JÄRVINEN AND

TIMO LAUKKANEN:

Water engineering for residential areas and industry - theory and practice

SAKARI KUIKKA:

Should the world's fish stocks be privatised?

TAPIO KATKO:

Future of water supply systems - lessons from history

TIMO MAASILTA:

Congratulations to Helsinki University of Technology

MATTI PURSULA:

Water and the centenarian Helsinki University of Technology

SATAVUOTIAS TKK JA VESI

Teknillisen korkeakoulun yliopistotaival alkoi syyslukukauden 1908 alkaessa. Venäjän keisarin keväällä 1908 antamassa asetuksessa Suomen Teknillinen Korkeakoulu sai oikeuden myös tekniikan tohtorin tutkintojen antamiseen, mikä merkitsi tekniikan alan tieteellisen jatkokoulutuksen alkamista Suomessa. Tekniikan opetus oli käynnistynyt jo 59 vuotta aikaisemmin, kun Helsingin teknillinen reaalikoulu aloitti toimintansa tammikuussa 1849 samaan aikaan Turun ja Vaasan vastaavien koulujen kanssa. Koulun perustajien tavoitteena oli alusta asti kehittää Helsingin teknillisestä reaalikoulusta Suomen teknillisen opetuksen kärkiyksikkö, mikä ilmeni muun muassa siinä, että koulu jäi suoraan Senaatin alaisuuteen, toisin kuin muut kaksi samaan aikaan perustettua koulua. Reaalikoulusta tulikin Polyteknillinen koulu vuonna 1872 ja Polyteknillinen Opisto 1879. Suomen Teknillisen Korkeakoulun perustaminen vuonna 1908 oli tämän pitkän kehityslinjan päätepiste, mutta samalla myös uusi alku. Teknillisestä korkeakoulusta tuli Suomen toiseksi vanhin yliopisto, jonka merkitys maan elinkeinoelämän ja kansakunnan hyvinvoinnin kehittymiselle on ollut ratkaisevan tärkeää.

Kuluneiden sadan vuoden aikana Teknillinen korkeakoulu on insinöörien ja arkkitehtien kouluttajana kehittynyt yhteiskunnan ja elinkeinoelämän mukana, sekä tietä näyttäen että uusiin tarpeisiin sopeutuen. Samanaikaisesti korkeakoulusta on tullut myös vahva tutkimusyksikkö, jonka työ vie eteenpäin sekä suomalaista tekniikkaa että tiedettä. Tieteellisessä työssään korkeakoulu sai hyvän lähdön, olihan sen palveluksessa alusta asti kansainvälisesti tunnettuja tiedemiehiä, kuten kemian professori Gustaf Komppa. Korkeakoulun kyky houkutella lahjakkaita opettajia ja opiskelijoita on turvannut korkeatasoisen tieteellisen työn jatkuvuuden ja menestyksen usein niukoista aineellisista voimavaroista huolimatta.

Vesitekniikan opetus on kuulunut Teknillisen korkeakoulun ja sen edeltäjien opetusohjelmaan aivan alkua ajoista saakka. Korkeakoululla on ollut onni saada etevä professoreita, kuten Pentti Kaitera, jonka monet tutkimusideat olivat uraauurtavia, ei vain kotimaassa vaan myös kansainvälisesti. Tänäpäin vesitalous on vahva opetus- ja tutkimusala, joka on erikoistunut toisaalta hydrologiseen mallinnukseen, erityisesti aineiden kulkeutumiseen maaperässä veden mukana, ja toisaalta kansainvälisiin vesikysymyksiin. Vesitalouden yhteydessä toimiva Vesi ja kehitys -tutkimusryhmä tekee korkeatasoista tutkimustyötä erityisesti Kaakkois-Aasian ja Afrikan vesikysymysten parissa. Tutkimusryhmä vastaa myös TKK:n opiskelijoille tarjottavasta kansainvälistymistä tukevasta Sustainable global technologies -opintokokonaisuudesta.

Vesi on elollisen luonnon kannalta keskeinen elementti, jonka arvo ja merkitys kasvavat ympäristöongelmien lisääntyessä. Puhdas talousvesi ja ravinnontuotannon edellyttämä kasteluvesi ovat monissa osissa maapalloa niukkoja hyödykkeitä. Vesitekniikan opetuksen ja tutkimuksen merkitys on siten kasvussa. TKK:n vesitalouden opetus ja tutkimus muodostavat vahvan pohjan suomalaisen vesiosaamisen viennille ja tekevät meille mahdolliseksi myös osallistumisen globaalien vesi- ja ympäristöongelmien ratkaisuun osana kansainvälistä tiedeyhteisöä.

Teknillinen korkeakoulu on koko historiansa ajan rakentanut kansakunnan tulevaisuutta ja uudistunut elinkeinoelämän ja yhteiskunnan tarpeiden mukaan. Vesitekniikan opetuksen kehitys kotimaisesta maatalouden vesirakennuksesta modernein tietokone-mallein kansainvälisiä vesikysymyksiä tutkivaksi yksiköksi on hyvä esimerkki tästä kehityksestä. Korkeakoulua on aina murroskohdissa kehitetty kansallisena instituutina, viimeksi Otaniemen kampusta rakennettaessa. Parhaillaan valmistellaan Teknillisen korkeakoulun, Helsingin kauppakorkeakoulun ja Taide-teollisen korkeakoulun yhdessä muodostamaa huippuyliopistoa, jonka luominen on luonteva jatko tälle kansalliselle toimintamallille. Teknillisen korkeakoulun kehityskaari köyhän ja takapajuisen suuriruhtinaskunnan Teknillisestä reaalikoulusta itsenäisen kansakunnan moderniksi Teknilliseksi korkeakouluksi saa huippuyliopistohankkeessa arvoisensa jatkon korkean teknologian maana tunnetun EU-Suomen kootessa voimansa globaalin talouden synnyttämässä uudessa kilpailutilanteessa. ♦



MATTI PURSULA
Teknillisen korkeakoulun rehtori
E-mail: matti.pursula@tkk.fi

Käytännöllinen Weholite teollisuuteen ja yhdyskuntatekniikkaan



KWH Pipen Weholite on joustava ja kestävä ratkaisu halkaisijaltaan suuriin putkistoihin vaativissa teollisuuden ja yhdyskuntatekniikan sovelluksissa. Tarjoamme myös laajan valikoiman säiliötuotteita, avaimet käteen -ratkaisuja sekä putkistoja olemassa olevien putkilinjojen saneeraamiseen. KWH Pipellä on yli 50 vuoden kokemus vaativista putkistovsovelluksista.



Oy KWH Pipe Ab
PL 21
65101 Vaasa
Puhelin (06) 326 5511
Telefax (06) 316 7115
www.kwhpipe.fi