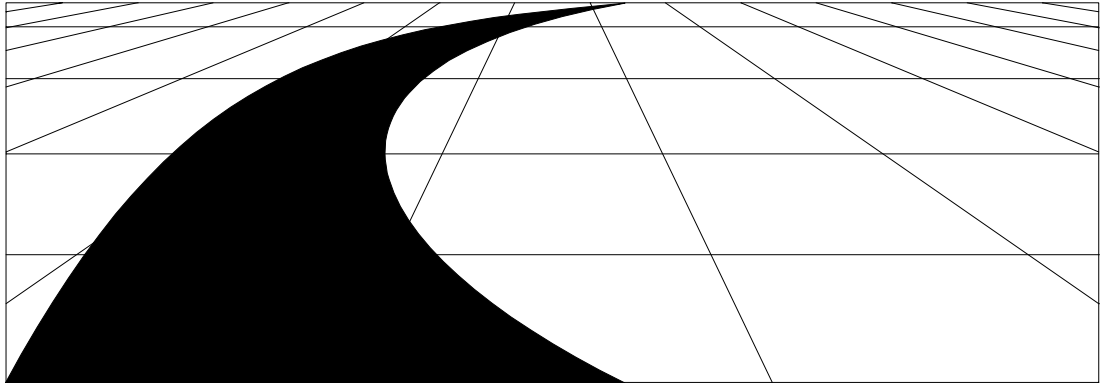

Tulevaisuuden näkymiä

4/1999



Sisältää mm.:

Elämä liikkeessä

Role of oil as a mobility enabler now
and in the future

Energiaskenaarioita

Tielaitos - Joulukuu 1999

Tiehallinto

Tie- ja liikennetekniikka

Tulevaisuuden näkymiä 4/1999

Sisältö

- 3 Lukijoille
- 5 Elämä liikkeessä
- 12 Role of oil as a mobility enabler now and in the future
- 20 Energiaskenaarioita
- 26 Tuulivoima ja muut vaihtoehtoiset energiamuodot
- 29 *Future Survey* -poimintoja (*ei internet-versiossa*)
- 40 Uutispoimintoja (*ei internet-versiossa*)

Tulevaisuuden näkymiä ilmestyy vähintään neljästi vuodessa. Lehden kustantaja on Tiehallinto ja julkaisija Tie- ja liikennetekniikka. Toimitusneuvostoon kuuluvat Nils Halla (vastaava toim.), Veijo Kokkarinen. Toimituksen osoite on Tielaitos/tie- ja liikennetekniikka, PL 33, 00521 Helsinki, p. 0204 44 2516 (Halla), telefax 0204 44 2395. Jakelutoivomukset vastaavalle toimittajalle. - ISSN 0789-8886.

Lukijoille

Uuden vuosituhannen (ainakin tuhatluvun) kynnyksellä tämän numeron aloittaa sopivasti tulevaisuutta omintakeisesti hahmottava kirjoitus tavoitteellisesta kestävän kehityksen yhdyskunnasta ja liikenteestä siellä. Kirjoitus on lyhennelmä viiden nuoren suomalaisen eri alojen ammattilaisen laatimasta esseestä, joka voitti jaetun ensimmäisen palkinnon PIARCon järjestämässä kirjoituskilpailussa.

Öljyn asemasta liikkuvuuden osatekijänä nyt ja tulevaisuudessa kirjoittaa *Risto Rinne* (Fortum Gas and Oil). Samaa energialinjaa jatkaa *Veijo Kokkarinen* referoimalla VTT:n energiaskenaarioita ja tarkastelemalla vaihtoehtoisten energiamuotojen näkymiä.

Lehden lopussa on tällä erää viimeisen kerran ESMERK- uutistiivistelmiä. *Future Survey* –aineistossa on useita kiinnostavia referaatteja, esimerkiksi Arthur C. Clarcken kirjoituskokoelmaa selostava (s. 38). Clarke on mm. kirjannut ensi vuosisadan historian teknologiasaavutuksia, esimerkiksi vuonna 2010 kaikissa uusissa autoissa on nyt vielä tuntematon uusi voimanlähde...

N. Halla

Sähköposti:
nils.halla@tielaitos.fi

Tulevaisuuden näkymiä –lehdet ovat luettavissa myös Tielaitoksen www-palvelussa, valinta 'tulevaisuussivulta', jonka osoite on: http://www.tielaitos.fi/tulnak.htm , sivulla on myös joitakin tulevaisuusaiheisia linkkejä.
--

Hanna Pikkarainen, arkkitehti SAFA
Sini Puntanen, diplomi-insinööri
Mari Siikonen, teollinen muotoilija TKO
Maija Vähä-Rahka, filosofian maisteri
Laura Yli-Jama, maisema-arkkitehti MARK

ELÄMÄ LIIKKEESSÄ

Kansainvälinen tiejärjestö PIARC (World Road Association) järjesti nuorille ammattilaisille suunnatun kirjoituskilpailun aiheesta "Infrastruktuuri ja liikenne 21. vuosisadalla" (Infrastructure and Transportation in the 21st century). Kilpailu oli avoin jokaiselle PIARCin 93 jäsenmaalle. Osallistumisvaatimuksina olivat kilpailijoiden alle 35 vuoden ikä ja esseen tuottaminen ryhmätyönä. Suositeltavaa oli myös eri ammattialojen asiantuntijoiden yhteistyö. Kilpailun tarkoituksena oli löytää maailmanlaajuisesti kiinnostavia visioita liikenteen ja infrastruktuurin tulevaisuudesta. Kilpailuun osallistui kansallisella tasolla 58 ehdotusta eri puolilta maailmaa.

Suomalaisen suunnittelijaryhmän (Hanna Pikkarainen, Sini Puntanen, Mari Siikonen, Maija Vähä-Rahka ja Laura Yli-Jama) essee "Elämä liikkeessä" oli Suomen osakilpailun voittaja ja yksi neljästä voittajasta kansainvälisessä kilpailussa. Neljä loppukilpailussa tasavertaisina palkittua esseettä olivat Suomen lisäksi Ranskasta, Iso-Britanniasta ja Malesiasta. Kirjoittajat esittelivät ne lokakuussa maailman tiekongressissa Kuala Lumpurissa.

Tässä esitetty teksti on lyhennelmä esseestä "Elämä liikkeessä" ja esittelee pääkohdat alkuperäisestä tekstistä. Essee on kokonaisuudessaan luettavissa internetissä Tielaitoksen www.sivuilla osoitteessa www.tielaitos.fi/essee.

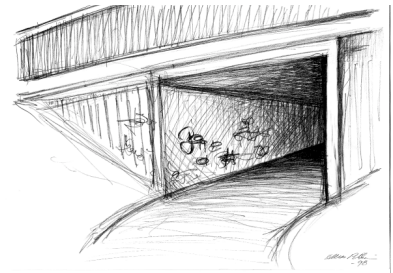
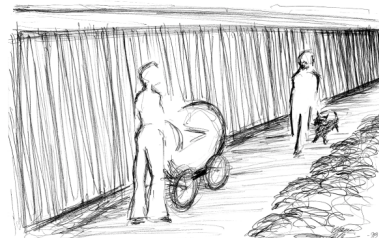
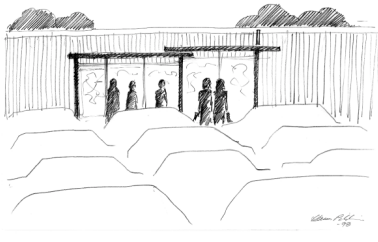
Nyky aika

Helppo elämä

Elämä on helppoa ja mukavaa. Työtä tehdään siististi sisätiloissa ja töihin pääsee omalla autolla. Kaupungin vilskke on stimuloivaa silloin tällöin ja sitä on lysti kokeilla pieninä annoksina. Ostoksillekin pääsee mukavasti silloin kun haluaa ja uusien tavaroiden kuljetus onnistuu vaivattomasti auton tavaratilassa. Sen jälkeen voi ajaa kotiin rauhaisalle asuinalueelle kauaksi liikenteen melusta ja keskustan hälinästä. Kun omistaa auton, voi elää elämää mielensä mukaan, eikä harastusmahdollisuuksistakaan ei tarvitse tinkiä. Liikenne luo mahdollisuuksia kokea maailmaa. Myös ulkomaanmatkat kuuluvat itsestäänselvästi vapaa-aikaamme.

Nykyaikaisen liikenteen helppous lisää kansainvälisyyttä, mutta antaa samalla hyvin suppean kuvan maailmasta. Valtatiet, lennot ja muut pikayhteydet vievät paikkoihin, jotka ovat keskenään hyvin samankaltaisia - ja siksi tuttuja ja turvallisia nykyaikaiselle elämysten metsästäjälle. Sähköiset viestimet tuovat lähelle myös sen kansainvälisyyden, jota ei haluta kokea. Elintasokuilu rikkaiden ja köyhien maiden välillä jää vieraaksi monia kieliä puhuvalle maailmankansalaiselle.

Ihmiset arvostavat aikaa yli kaiken. Liikenteen täytyy olla tehokkaampaa, mukavampaa ja monipuolisempaa, jotta ehdittäisiin elää elämysrikasta elämää. Suuri osa ajasta käytetään silti siirryttäessä paikasta toiseen. Vapaa-ajankin on oltava tehokasta. Siihen kuuluu olennaisena osana matkustaminen, vaikka samalla ei koskaan ole riittävästi aikaa olla kotona tai yleensä paikallaan. On paradoksaalista, että luonnon luokse on lähdettävä erikseen, usein autolla. Päästäksemme luontoon meidän on siis aina uhrattava sitä palanen saasteiden, melun ja luonto-alueita nakertavan tilantarpeen muodossa.



Vapaus ja vastuu

Haluamme vaihtoehtoja ja kaikille tasavertaiset mahdollisuudet nauttia niistä. Yksityisautoiluun perustuva yhteiskunta on antanut yhä useammalle mahdollisuudet harrastaa mitä ikinä mieleen juolahtaa asuinpaikasta riippumatta. Vaihtoehtoja luomalla on päädytty tilanteeseen, jossa yhtä toimintaa on korvattu toisella, eikä vaihtoehtojen kokonaismäärä lopulta lisäännä vaan vähenee. Kehäteiden hypermarketit eivät lisänneetkään palveluja vaan korvasivat lähikaupat. Yksityisautoilu on johtanut yhä yksipuolisempaan liikennejärjestelmään ja väheneviin liikkumisen vaihtoehtoihin.

Teknologian maksimaaliseen hyödyntämiseen tähtäävä kehitys on johtamassa siihen, että ihmisen toimintoja helpotetaan mahdollisimman paljon. Jatkuvasti kehitetään esim. varusteita ja tuotteita, jotka helpottavat jokapäiväistä elämäämme. Helppoutteen pyrkimys on kääntynyt itseään vastaan. Helppous ja itsellisen vapauden korostaminen tarkoittaa ennen pitkää toisten yksilöiden elämän vaikeuttamista ja rajoittamista. Vapauteen kuuluu myös vastuu - vastuu yhteisöstä ja omasta elinpiiristä - laajemmassa mielessä kuin vain omasta perheestä. Omasta henkilökohtaisesta vapaudesta ja elämän helppoudesta tinkimisen palkintona on yhteisöllisyys ja yhteiselon palkitsevuus, viihtyminen yhteisössä ja turvallisuuden tunne, jonka siihen kuuluminen antaa.

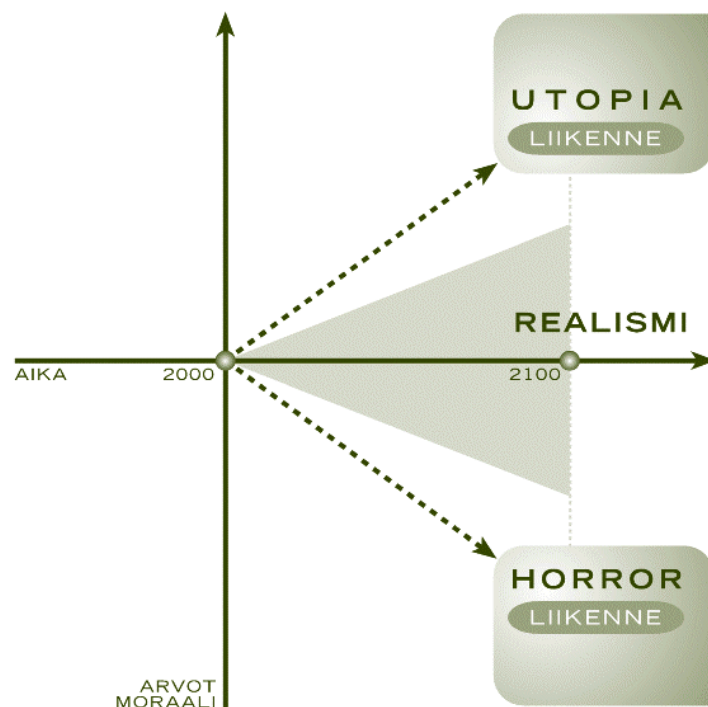
Kohti tulevaisuuden elämäntapaa

Ensi vuosisadan yhteiskunta

Ensi vuosisadan yhteiskunnalle on luotu runsaasti erilaisia skenaarioita huikeimmista science fiction -visioista aina ahdistaviin kauhukuviin asti. Olemme jo

nyt kulkemassa kohti yhteiskuntaa, jossa eri alakulttuureissa on hyvin toisistaan poikkeavia tapoja elää. Ihminen on yhä vähemmän sidottu yhteiskuntaluokkaan, ammattiin, sukupuoleen tai perinteiseen perheyhteisöön valitessaan elämäntapaansa. Elämänmuodon määräävät pikemminkin henkilökohtaiset ominaisuudet ja ihanteet. Kukin voi valita ammattinsa oman lahjakkuutensa mukaan, asua suurkaupungissa, pienessä kaupungissa tai maaseudulla, ja elää sellaisessa ihmis-yhteisössä minkä kokee miellyttäväksi. Vaikka useilla elämän alueilla on mahdollisuus yhä erilaisempiin valintoihin, säätelevät yksilön elämää kuitenkin suuret talouden ja politiikan valtakoneistot. Vapaus on suhteellista.

Onnellisen elämän perustarpeet lienevät sadan vuoden kuluttua samankaltaisia kuin aiemminkin. Ihminen tarvitsee ravintoa, puhdasta vettä ja ilmaa, paikan, jossa asua, tietyn sosiaalisen verkoston, turvallisuutta sekä mielekkään tavan hankkia elantonsa. Henkinen virkistys ja mahdollisuudet toteuttaa itseään ovat jokaisen omien valintojen ja luovuuden varassa. Perustarpeet ja etenkin hyvän elinympäristön tavoitteet hämärtyvät kuitenkin helposti tehokkaan talouden tai suuren byrokratian sanelemiin ehtoihin. Yhdyskuntarakenteen kehitys ja sen mukana myös liikenteen kehitys ohjautuvat välttämättä niiden arvojen mukaan, jotka yhteiskunnassa ovat vallassa. Asiat eivät voi toteutua, ellei niitä nosteta tavoitteiksi ja niiden saavuttamiseen panosteta.



Organisaatioista yksilön valintoihin

Talouselämän sanelemista tarpeista syntyy ympäristöjä, jotka eivät ole ihmisten omia eivätkä tyydytä asukkaita. Yhteiskunnan köyhät sysätään epäviihtyisimmille alueille. Vallassa olevat ja varakkaat saavat valita asuinympäristönsä. Sama koskee myös liikenneympäristöjä. Liikennesuunnittelu ja liikenneväylien rakentaminen on aina ollut ja lienee tulevaisuudessakin vallankäyttöä.

Tärkeitä kysymyksiä ovat, voidaanko liikennettä suunnitella ilman valtataistelua ja voiko pitkälle sektoroitunutta päätöksentekoa yhtenäistää. Nykyisin eri liikennemuodoille on omat hallintokoneistonsa. Teiden, rautateiden, vesi- ja lentoliikenteen hallinto-organisaatiot tekevät päätöksiä ja jakavat resursseja oman alansa sisällä kilpaillen keskenään "asiakkaista". Jokaisella on intresseissään oman organisaation voimistaminen ja osuudesta kamppaileminen. Ilman yhteisen edun tavoitetta on vaikea päästä kokonaisvaltaiseen näkemykseen. Eräs keino vähentää paisuvan hallinnon sektoroitumista on kehittää kokonaisuutena toimivalle seudulle yksi kokonaisvaltainen organisaatio, joka suunnittelee ja päättää alueen asioista. Aluekokonaisuudelta vaaditaan tällöin sopivaa ja hallittavissa olevaa kokoa. Kun seudun hallintoyksiköjä on vähemmän, myös ihmisten kokema vaikutusmahdollisuus ympäristöönsä paranee.

Liikkuvan kansalaisen kannalta henkilökohtainen etu, liikkumisen tarkoituksenmukaisuus, helppous, edullisuus ja miellyttävyys ovat omien liikkumisvalintojen lähtökohdat. Asuinpaikan valinnassakaan ihminen on tuskin sadankaan vuoden kuluttua vähemmän egoistisempi tai mukavuudenhaluisempi kuin nyt. Valistuneempi ehkä kylläkin. Liikkumistavan haluttavuus on yksilölle tarjottavien liikkumismuotojen tärkein ominaisuus. Yhteiskunnan päättäjät ja suunnitteluorganisaatiot voivat vaikuttaa siihen, että ympäristöä kunnioittava liikkumismuoto on kilpailukykyinen ja haluttava vaihtoehto yksilön näkökulmasta.

Kaupungin ihanne

Ihanteellisen kokoisessa kaupungissa kaupungin sisäiset matkat voidaan tehdä jalan. Tämä johtaa yhdyskuntarakenteessa siihen, että kaupungit voivat olla toisiaan lähellä, mutta ne ovat itsenäisesti toimivia yksiköitä, jotka tarjoavat asukkaalleen tarpeelliset palvelut ja työpaikat. Ihmisten ei ole välttämätöntä matkustaa päivittäin pitkiä matkoja, eikä liikkumiseen käytetty aika muodostu rasittavaksi.

Kaupunkirakenne voidaan tällä liikenteen uudelleenjärjestelyllä rakentaa tiiviiksi - myös tunnelmaltaan. Koska henkilöautoliikenteen osuus vähenee, syntyy katutilan vilkkaus kävelijöistä, pyöräilijöistä, raitiovaunuista jne. Katutila voidaan järjestää uudelleen leveiksi jalkakäytäviksi, pyöräilykaistoiksi ja viihtyisiksi oleskelu-alueiksi. Se tunnelma, jota nykyään koetaan hyvin toimivilla kävelykaduilla, on uusilla järjestelyillä todellisuutta koko keskustassa. Kaupunki tarjoaa myös viihtyisää, rauhallista ympäristöä ja luontoa asukkaalleen. Moottoriliikenteen aiheuttamaa melua ei ole ja suurien väylien aikaisemmin viemää tilaa käytetään puutarhoina, viljelypalstoina ja viheralueina. Asukkaiden ei tarvitse paeta viikonlopuiksi mökeilleen kokemaan linnunlaulua ja veden lipatusta.

Kaupungin eri osiin pääsee joustavasti joukkoliikenteellä. Yhdyskuntien pienuu-

den vuoksi ei tarvita mittavaa joukkoliikennereitistöä, vaan tullaan toimeen muutamilla runkolinjoilla, joiden palvelutaso on vastaavasti korkeampi. Vuorovälit ovat lyhyitä eikä vaihtopysäkeillä tarvitse värjötellä. Helposti saavutettavat palvelut edesauttavat kotona pärjäämistä: vanhukset ja vammaiset eivät jää varjoon ja elämästä sivuun.

Maaseudulta henkilöautolla tulevat vaihtavat kävelyyn tai joukkoliikenteeseen kaupunkiin saapuessaan. Kaupungin sisääntulokohtiin ja joukkoliikennelinjastojen päätepisteisiin on sijoitettu pysäköintitaloja, joissa pysäköinti sisältyy joukkoliikennelipun hintaan. Pysäköintikeskuksista sekä muualta kaupungista voi myös lainata kaupunkipyörän vapaaseen käyttöön. Autoilu kaupungissa on vaikeahkoa, koska katutila on jaettu kevyen ja joukkoliikenteen ehdoilla eikä keskustassa ole pysäköintipaikkoja.

Harvaan asutuille alueille kohdistuvia matkoja varten yksilöillä on mahdollisuus käyttää hyväkseen osaomistusoitoja. Henkilöautoa ei tarvitse omistaa varmuuden vuoksi, vaan yhteenliittymän autoa voi käyttää silloin, kun sitä todella tarvitsee. Osaomistusoitojen pääomakustannukset on jaettu useammalle eri käyttäjälle, jolloin autoilukustannukset vaihtelevat lähinnä auton käytön mukaan.



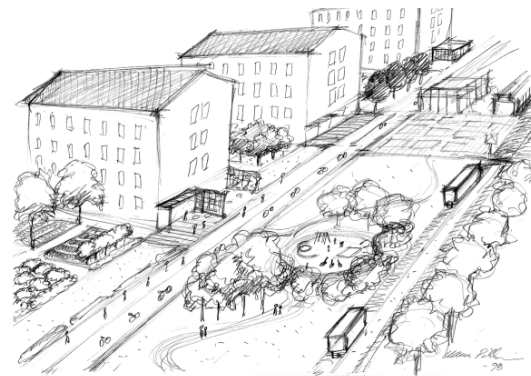
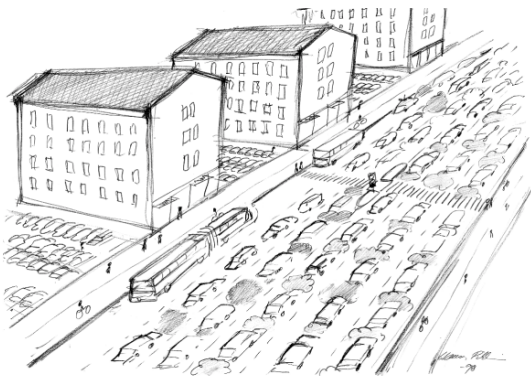
Palveluyhteiskunta

Tulevaisuuden yhteiskunta on palveluyhteiskunta, jossa on kehittynyt työnjako - myös liikenteen osalta. Joukkoliikenteessä liikkuminen on ajan hyötykäyttöä. Sinun ei itse tarvitse ajaa, vaan voit keskittyä muuhun: rentoutumiseen, lepoon, lukemiseen, puhelimessa puhumiseen: ylellisyyttä!

Joukkoliikenteen tärkeä toimintavaltti on helppokäyttöisyys. Informaatiota matkakaketjuista on saatavilla sateliittipaikantimella varustettujen vimpaimien avulla: järjestelmä tunnistaa olopaikkasi ja kerrottuasi määränpään tuo sinulle reitti- ja kulkumuotovaihtoehdot aikatauluineen ja hintoineen. Matkan maksaminen hoituu kortilla, jonka saldon voit maksaa etukäteen tai jälkeen päin. Olennaista on, ettei matkaa tarvitse maksaa noustessa liikennevälineeseen: hyppäät vain kyytiin! Sanomattakin on selvää, että sama maksuväline käy kaikkiin liikennevälineisiin.

Päästökauppa - keppeä ja porkkanaa

Siirtymävaiheessa nyky-yhteiskunnasta tulevaisuuden yhdyskuntarakenteeseen ja liikennejärjestelmään sovelletaan liikenteen aiheuttamien pakokaasupäästöjen hallintaan maailmanlaajuisia päästökauppaa. Järjestelmä perustuu maapallon sietokyvyn määrittelyyn ja kuormitustekijöiden jakoon tasaisesti kuluttajien kesken. Yksilöille on määritetty tietty määrä liikennesuoritetta painotettuna liikennevälineen päästöarvoilla. Yksilö voi itse valita, millaisiin matkoihin päästökauppiin käyttää. Halutessaan lentää lomalle etelän aurinkoon joutuu yksilö tinkimään yksilöllisistä kuljetusvälineistä paikallisella tasolla. Paljon hyötyliikuntaa ja tuskin lainkaan lentomatkoja harrastavalla on mahdollisuus myydä tai säätiöidä ylimääräiset lisenssinsä yleishyödylliseen työhön. Säätiön varojen karttuessa purkautuu suhteessa sama määrä lisenssejä. Tavarakuljetusten päästökauppiot sisällytetään vastaavasti tuotteen hintaan. Järjestelmä ei ole puhtaasti oikeudenmukainen ja se perustuu yhä markkinavoimiin ja taloudellisiin mekanismeihin. On kuitenkin onnistuttu luomaan järjestelmä, jossa yksilön vastuu on selkeä. Lisenssien ylittäminen on hankalaa ja säätiöiminen on moraalista syistä arvostettua.



Utopiasta realismiksi

Uhkat

Kaikki ei ehkä menekään niin kuin olemme suunnitelleet. Teemme vääriä päätöksiä ja asiat luisuvat käsistä. Globalisaatio, kasvottomat markkinat ja ihmisen todellisesta hyvinvoinnista piittaamattomuus voivat edelleen lisääntyä. Epätodennäköistä kehityksen suuntaa on vaikea kääntää, jos yksilöillä ei ole tietoa ja voimaa vastustaa sitä. Maailma voi jakaantua yhä selkeämmin hyvä- ja huono-osaisiin. Valinnanmahdollisuus saattaa olla suurelle osalle ihmisiä näennäistä, jos edes sitä. Eriarvoinen maailma synnyttää konflikteja sekä ylläpitää pahaa oloa ja sota, joka tuhoaa olemassa olevan ja pysäyttää positiivisenkin kehityksen, vie uskon elämään ja hyvään. Mikään tekninen kehitys ei korjaa vääriä poliittisia päätöksiä.

Vallanhalu estää päätöksenteko- ja suunnitteluorganisaatioiden kehityksen järkevään suuntaan. Jos organisaatiot pitävät mustasukkaisesti kiinni omista asemistaan ja taistelevat resursseista, suunnittelu ei pääse kehittymään kokonaisvaltaiseksi. Niin järjestelmiin kuin yhdyskuntarakenteeseenkin jää tällöin välialueita, jotka eivät kuulu kenenkään vastuulle. Ne luovat ympärilleen epämurkavuutta ja turvattomuutta - väliinpuotoajia.

Toivo on meissä kaikissa

Kuitenkin vain muutos on pysyvää. Se vie kehitystä aina johonkin suuntaan. Tärkeintä onkin hallita muutosta ja ohjailla sitä oikeaan suuntaan, ei pyrkiä johonkin stabiiliin, hyvään tilaan. Tulevaisuuden ennusteita on kyseenalaistettava ja kehitettävä. Edellytys elävälle kaupunkikulttuurille ja hyvälle ympäristölle on päättäjien, suunnittelijoiden ja asukkaiden kiinteä yhteys, jossa asukkaat eivät ole kuuntelijoita, vaan aktiivisia subjekteja omassa ympäristössään. Inhimillinen piirre meillä kaikilla on tarve saada kädenjälkensä historiaan. Jos tuo kädenjälki voisi tulevaisuudessa olla jonkun fyysisen monumentin sijaista ympäristöteko, olisimme astuneet askeleen eteenpäin.

Kuvatun järjestelmän tavoite on ympäristöllinen ja sosiaalinen kestävyys. Yksilön päivittäiset liikkumisratkaisut ovat olennainen osa kokonaisvaltaista elämäntapaa, eivät pelkkä liikennekysymys. Jokapäiväiset ratkaisut ovat myös avain suurien linjausten kestäväan toteutumiseen. Pienistä valinnoista syntyy suuri virta.

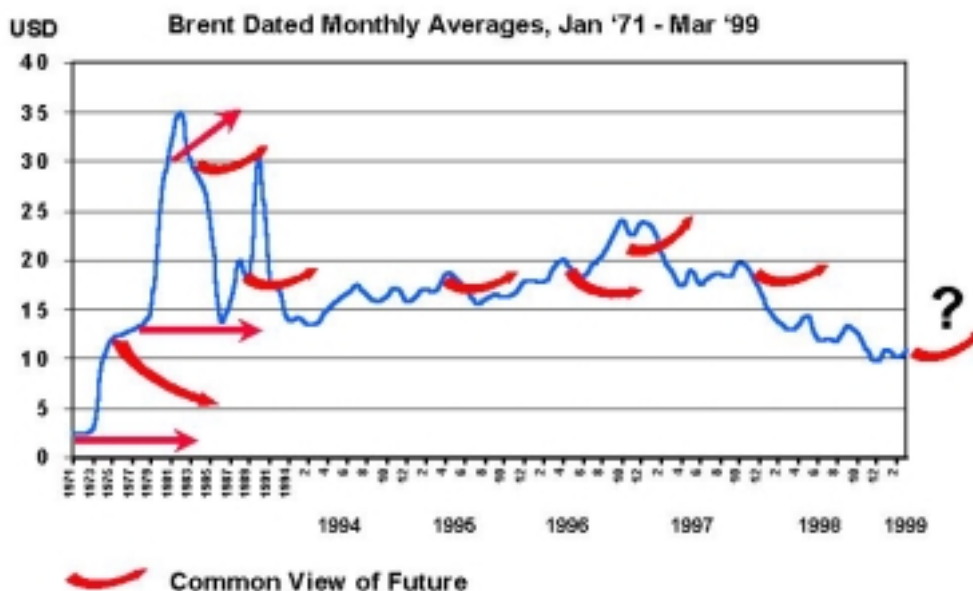
Risto Rinne
Fortum Oil and Gas Oy

ROLE OF OIL AS A MOBILITY ENABLER NOW AND IN THE FUTURE¹

1. The Reality of Oil Reserves

The oil industry has always been wrong and has seldom learned from its past experiences. This is a common truth, at least to the forecasting of oil prices. Forecasts, some of which have been miscalculated by an order of magnitude, have led to investment decisions which at that time might have seemed good but proved out to be an embarrassment in retrospect.

Series of projections before the second oil price shock at the end of the 1970's lulled the industry into a false sense of security of restabilised oil prices. As the reputable forecasters finally realised that the turbulence could not be avoided, the 1980 vintage of forecasts was probably the most dangerous one from the investor's viewpoint. The industry was betting on USD 60 or even above USD 100 oil by the end of the century. Now we all know how the current level of USD 14 - 16 per barrel is quite satisfactory -- at least to the consumers. (Picture 1)².



Picture 1: The 11 oil price vintages

¹ Kirjoitus perustuu Tielaitoksen 200-vuotisjuhlaseminaarissa pidettyyn esitykseen.

² Toimitus pahoittelee kirjoituksen kuvien paikoin heikkoa teknistä laatua, ne on jouduttu tekemään kalvokopioista.

Geologists claim that well structured “post-mortem” exercises are a part of every explorationist’s self-improvement process. Therefore, we have no difficulties to look over our shoulder far more than just a couple of past decades.

In the 1920’s, the general geological opinion was of the nature that only heavy oils were likely to be found on the Arabian Foreland. However, the first well drilled on the Bahrain Island anticline in 1932 changed this picture for good.

In the 1940’s, it was “known” that all the prospective areas of the world were limited to land areas. Furthermore, during those days it was thought that the petroleum potential of Alaska and Australia was small and that of Africa, including Libya and Algeria, was poor. It was not until 1954, when the American Association of Petroleum Geologists review of the world’s prospects included the continental-shelf (offshore) areas. In the early 1960’s, our eminent experts still assumed that in the North Sea there was good prospects only for gas.

In essence, rather than a world which is running out of oil, as was so widely forecasted in the late 1960’s and early 1970’s, the world has been running into it. There have, from time to time, been some regional concerns for supplies relative to demand due to the limitations on supply developments imposed by the politics. These have, however, proved to be unjustified.

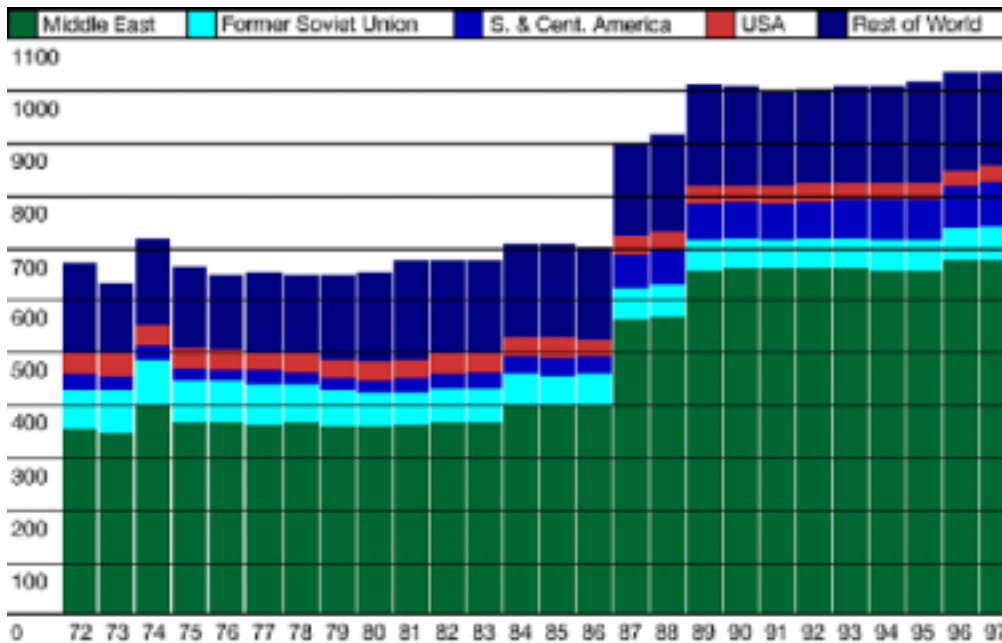
Proven Reserves

According to the internationally accepted definitions, the so called “Remaining Oil Reserves” -- proven, probable or possible -- are always price vs. technology related. Those resources that are not recoverable at today’s oil price or by today’s technology are not included in “Oil Reserves.” Actually, they do not exist in energy economists’ statistics.

In evaluating prospects for oil reserves over the next 30 to 50 years, it is necessary to reiterate the realities of the last 30 years. We have a world that still remains incompletely explored for conventional oil. Mostly, the hydrocarbon potential of the frontier regions has not been tested to date, because the present glut of oil has not encouraged for risky investments on arctic or deep sea basins. Quite understandable, when we know that only in three yearly statistics over the past 30 years – all of which were issued in the 1970’s -- the annual additions to proven reserves have been accounted for less than the volumes of oil consumed. (*Picture 2*)

Technology

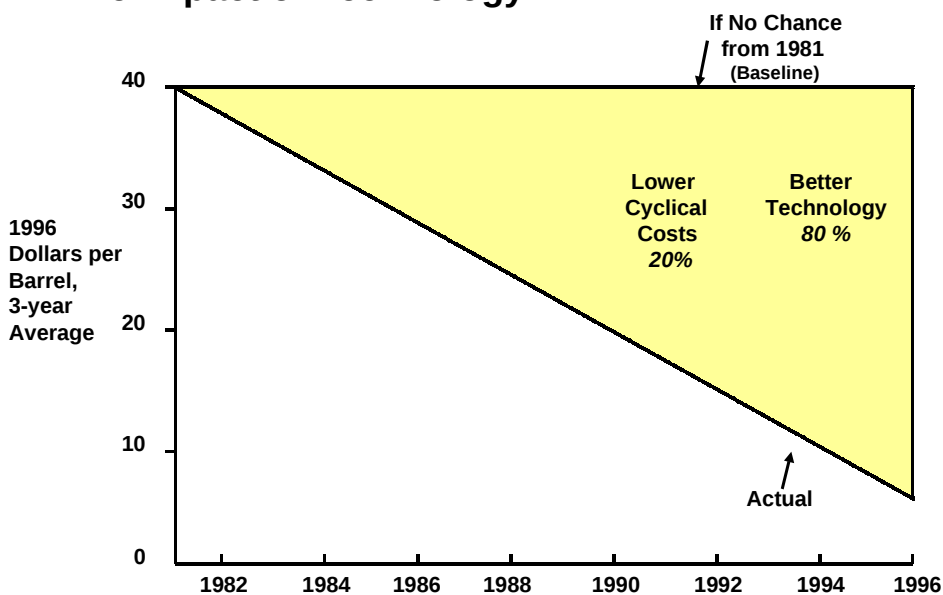
In 1981 when oil prices peaked, crude oil finding and development costs were in the neighbourhood of \$ 30 per barrel (in today’s money, or about \$ 18 per barrel in 1981 dollars). The subsequent price decline and the collapse in 1986 made it imperative to cut these costs. Since then, the accelerated development of new technology (3-D seismology, horizontal drilling, etc.) has more than halved the finding and development costs, well below \$ 10 per barrel (*Picture 3*).



Picture 2: Proved reserves (Source: BP Statistical Review of World Energy 1998)

The technology revolution has also had the major impact on the upward reserve revaluation of existing fields, so that more “new” commercial reserves have been “found” under producing fields than in new discoveries over the last fifteen years.

Crude Oil Finding and Development Costs: The Impact of Technology

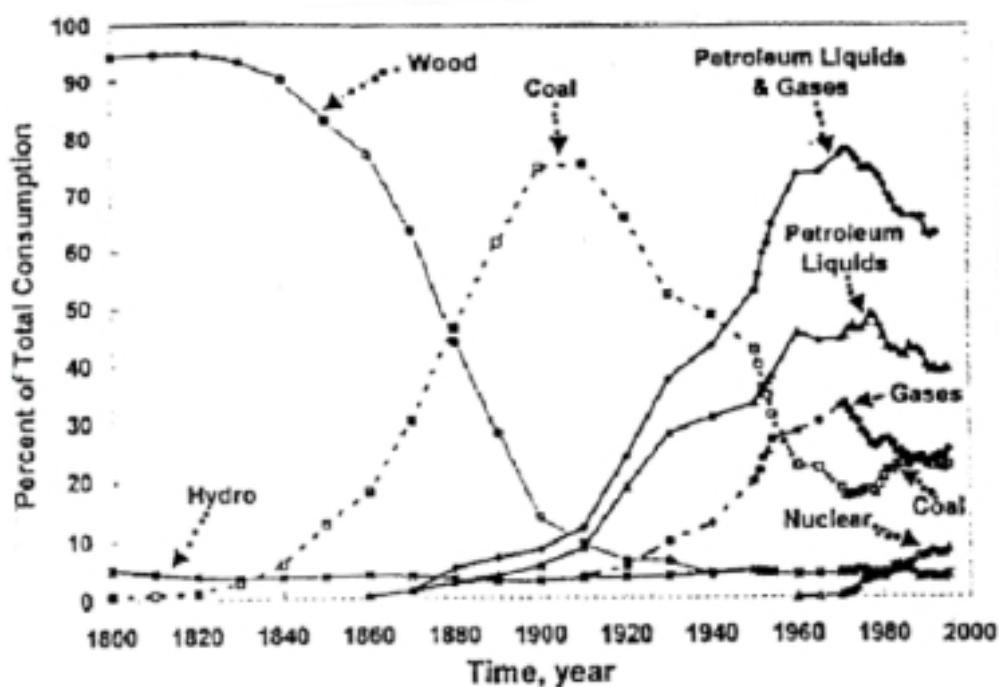


Picture 3: The impact of technology

Energy Cycles

The well-established evidence is telling us that there has been and will be a cyclical demand for various sources of energy in specific regions. Historical data reveal that wood was the primary fuel in the 1800's. Coal consumption started in approximately 1800 but took 80 years to dominate and replace wood (about 20 years after the first commercial development of oil). Then, oil and gas consumption increased to dominate the energy market and to replace coal. Oil's percentage of total energy consumption peaked in the U.S. in 1977, then declining steadily towards the end of the century.

Elsewhere, forecasts based on models which are unconstrained by supply, show continually increasing growth of world oil demand. Natural gas which has been a by-product of oil is becoming more and more independent, and gas is now increasing as a fraction of energy demand. Maybe it is too early to say that reliance on oil is generally in the downward trend, much depends on price-technology relationships as well as environmental pressures. However, the substitutes will be there, anyway, sooner or later (*Picture 4*).



Picture 4: Reliance on different energy sources

Reserves vs. Technology vs. Cycles – It's a win-win compromise !

Fears of scarcity and forecasts of reserves running out have all been related to the presently accepted prospects of conventional oil. New oil discoveries plus the more efficient and comprehensive exploitation of fields already in production will further expand the ultimately recoverable reserves of this "traditional" oil to about 3,000 billion barrels (from today's approx. 2,000 of produced and

identified reserves). The depletion of these reserves will sustain the industry's growth for decades.

Then we have the prospects of non-conventional oil. To date, there has not been any comprehensive and systematic evaluation of the locations and distribution of non-conventional oil., but estimates of volumes of its potential availability range up to 40, 000 billion barrels, or more than ten times of conventional oil resources! Talking about wheel transport, I can fancy with the idea that these resources of heavier hydrocarbons while serving, no doubt, the needs of traffic and roads, would be more suitable for the latter.

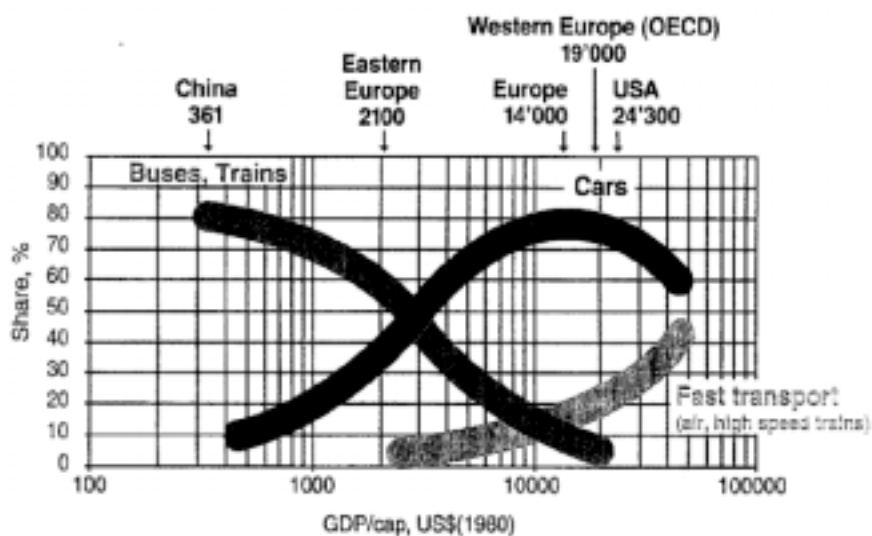
Thus, I argue, there is no reason to worry about, and even less reason to plan for, any predicted death of the petroleum industry based on a fear of disappearing reserves. Furthermore, I have not at all expanded upon natural gas.

Given, on the one hand, the reserves/resources prospects and, on the other, the growing trend for environmentally oriented constraints on the future use of oil, then the overall long-term prospects for the industry is that the sufficiency of oil is like a horizon, i.e. our humankind will never see last drops of oil.

Considering this we can find an analogy with the demand limitations of coal that have kept large resources of producible coal unmined. So will eventually much of oil be left in place, unwanted, and hence unrecovered.

2. Mobility will go up – with oil products as driving force?

The economic development has a number of interrelations with mobility, it has a direct linkage to goods transportation demand and also a strong correlation of the modes of personal travel modes to the annual average income. (Picture 5)



Picture 5: Modes of traffic versus GDP

Availability of income and time explain the dominance of cars and increase of fast transport mode popularity in industrialized countries. Mr Schäfer from MIT

has indicated world demand growth between 1995 and 2020 ranging from + 36 % for rail and + 430 % for air and fast trains the figures for road transport modes around + 80 %. (Picture 6)

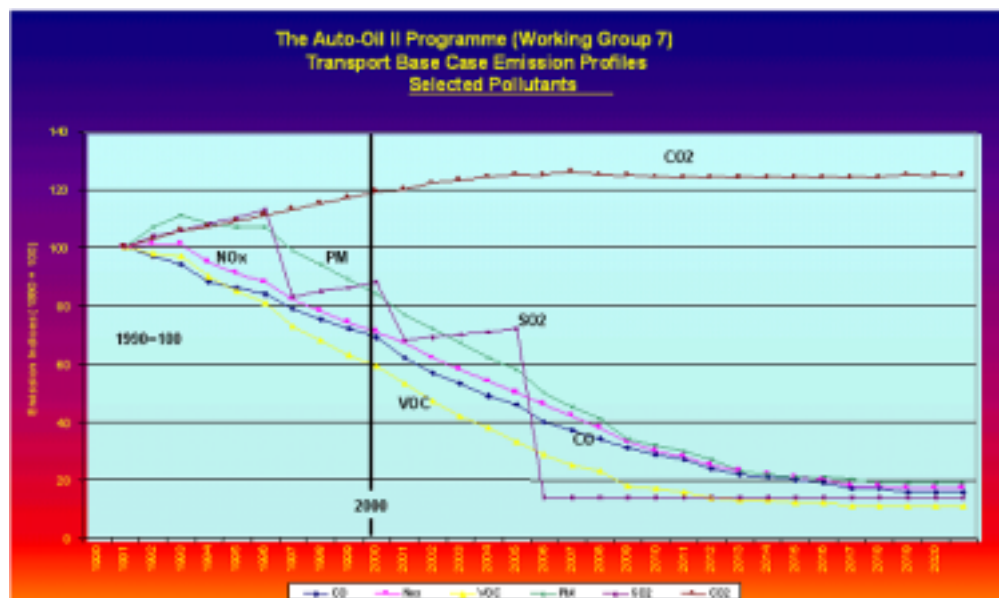
	World transport demand billion pkm		Change %	Energy intensity MJ/pkm
	1995	2020		
Air + High Speed Train	2497	13251	+430	2.6 ¹⁾
Car	13170	23233	+76	2.0
Bus	7172	13518	+89	0.6
Rail	2216	3014	+36	0.4

1) -2%/a

	World transport end-energy demand Exa (10 ¹⁸) J		
	1995	2020	Change %
Air + High Speed Train	6.4	20.4	+218
Car	26.3	46.5	+77
Bus	3.9	7.4	+90
Rail	0.9	1.2	+33

Picture 6: Passenger transport - Today and possibly tomorrow (Schäfer)

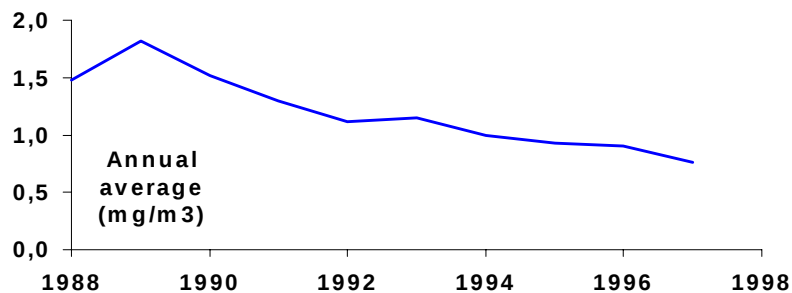
The above described customer behaviour apparently is in conflict with the growing idea of sustainable growth. It is possible to relieve the disadvantages caused by traffic and have growth of traffic as forecasted? In picture 7 a mode calculation of the effects of the Auto-Oil II Programme in EU is showing that one can answer yes, regarding the main pollutants having effect to the local air quality. This, however, is not the case regarding CO₂-emissions, which are forecasted to increase in spite of the growing efficiency of vehicle technology.



Picture 7: Effects of Auto-Oil II programme on selected pollutants (Source: EU)

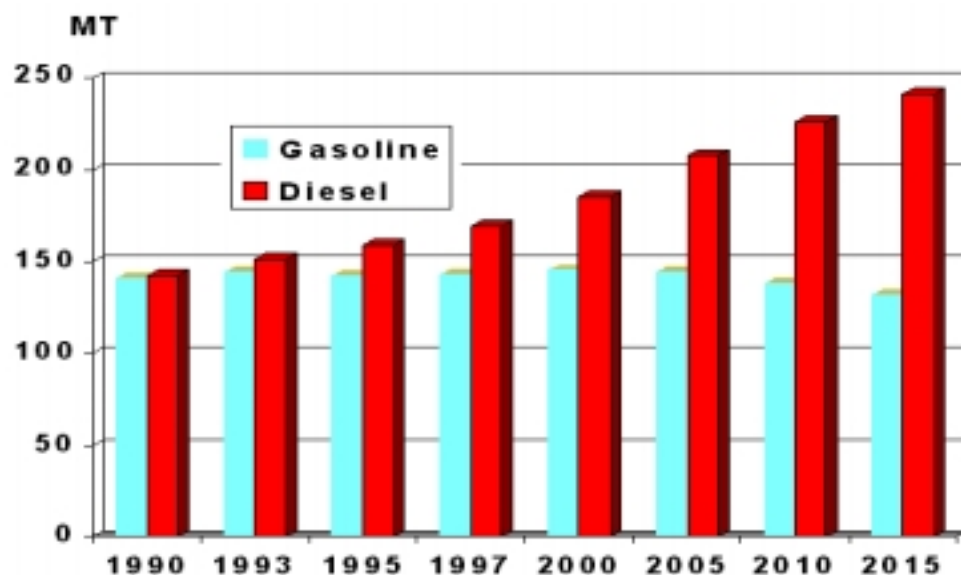
The role of cleaner, environmentally beneficial oil products for getting hold of the local air quality is two fold: firstly and most importantly cleaner fuels enable the vehicle manufacturers to make use of more advanced exhaust gas treatment

technologies as well as keep them longer time in operation and secondly cleaner fuels have a direct and immediate effect on the emissions from the whole population of vehicles. In Finland an early approach, more than 10 years ahead of EU, towards cleaner fuels during 90's actually quite nicely demonstrates the EU's prognosis. (Picture 8)



Picture 8: Carbon monoxide in Helsinki

The EU fuels directive 98/70/EC in two stages 2000 and 2005 is regulating the oil industry into cleaner fuels with very similar specifications already in use in Finland. The oil industry supplying to EU customers is facing a quality challenge and this is coinciding with another challenge also driven by environmental driver, a balance challenge. Demand of diesel fuel is forecasted to grow in contrary to declining gasoline demand. Gasoline is already oversupplied and diesel net imported into EU. Picture 9 shows the expected change in demand of these two main fuels.



Picture 9: Gasoline demand is expected to fall and diesel demand to continue to grow (Source: Colin Birch, Purvin & Gertz)

The road traffic shall be driven with oil force for long into next century because its high efficiency, competitive pricing and good potential will to improve the internal combustion engine based technologies. Alternative fuels or technologies have a hard time to show enough benefits for them to win customers favour.

A team game

For the players in the business of road traffic the search of sustainability for growth is a question of team effort concerning the vehicle industry, oil industry, road infrastructure industry and the consumer. And I believe, that authorities shall in the future take into use additional tools to influence customer behaviour towards environmentally more beneficial behaviour.

The Kyoto agreement – CO₂ issue is most probably giving extended lifetime to the oil reserves waiting to be found and exploited. To decrease emissions of CO₂, and to use more fossil rawmaterial based products is not a good match.

Technology innovations in the vehicle industry will improve the situation, but, nevertheless, renewables as a rawmaterial for traffic energy shall come. When and how they become economically feasible remains to be seen.

Veijo Kokkarinen
Tie- ja liikennetekniikka

ENERGIASKENAARIOITA

VTT on selvittänyt Suomen energiatilannetta ja laatinut Suomelle energiaskenaarioita vuodelle 2030. Työ on esitetty raportissa: "Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset". Tammikuu 1999. Teos on laaja perusteos, jossa on kartoitettu maailman energiavaroja, selvitetty Suomen nykyistä energiajärjestelmää ja energian hinnanmuodostusta sekä energian käytön ja tuotannon teknologianäkymiä. Raportissa on hahmoteltu myös tulevaisuuden energiaskenaarioita Suomelle. Tässä tarkastellaan Suomen energiajärjestelmän ominaispiirteitä ja esitettyjä tulevaisuuden energiaskenaarioita.

VTT:n mukaan Suomen tuotantorakenne muuttuu tulevaisuudessa vähemmän energiaa kuluttavaksi. Tämä johtuu mm. palveluelinkeinojen ja muidenkin vähemmän energiaa kuluttavien tuotannonalojen BKT-osuuksien kasvusta. VTT katsoo myös, että Kioton sopimuksen velvoitteet hiilidioksidipäästöjen vähentämistä saavutetaan Suomessa.

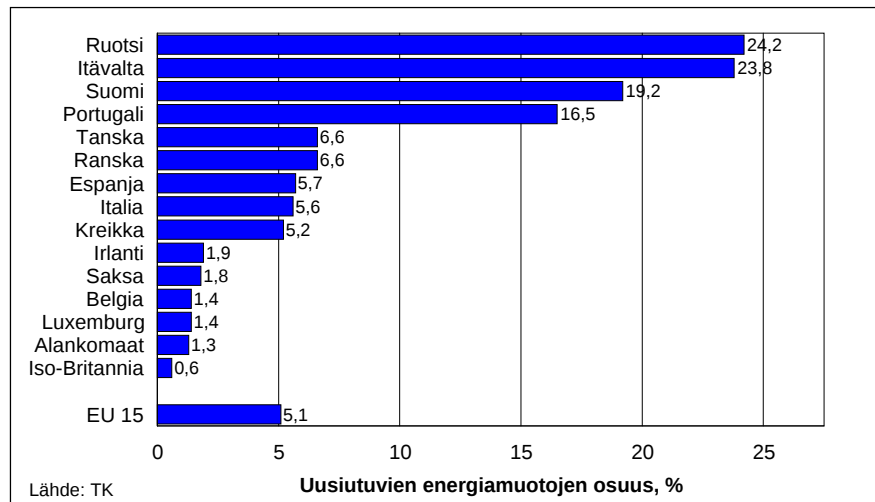
Energiakehitys viime vuosikymmeninä

Vielä 1960-luvulla energian kulutus kasvoi Suomessa prosentin verran enemmän kuin bruttokansantuote vuodessa. Erityisesti öljyn kulutus lisääntyi ja sen osuus nousi 1970-luvulle tullessa yli 50 prosenttiin kokonaiskulutuksesta. Energiakriisit ja niiden uhka leimasivat 1970- ja 1980 -luvuilla energiataloutta. Öljyn kulutus väheni 27 prosentilla vuosina 1973 - 1989, vaikka primaarienergian kokonaiskulutus kasvoi ajanjaksolla yli 30 prosentilla. Suomen riippuvuutta tuontienergiasta voitiin vähentää erityisesti nykyisten ydinvoimalaitosten käyttöönotolla vuosina 1977 - 1981. Energian kokonaiskulutuksen kasvu hidastui selvästi 1970-luvun jälkeen, keskimääräinen kasvu oli 1980 - 1997 enää 1,7 prosenttia vuodessa eli vähemmän kuin BKT (2,3 %).

Suomessa uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta on suuri (kuva 1). Ruotsissa ja Itävallassa on runsaasti vesivoimaa, Suomessa taas biomassassa muodostaa suurimman osan uusiutuvista energiavaroista. Biomassan (lähinnä puu) osuus energian kokonaiskulutuksesta oli Suomessa vuonna 1996 noin 16 prosenttia, mikä on suurin osuus EU-maissa. Biosähkön tuotannon osuus on Suomessa noin viisi kertaa suurempi kuin EU-maissa ja USA:ssa keskimäärin.

Sähkön ja lämmön yhteistuotanto on Suomessa 1990-luvun alkupuolelta lähtien huomattavan korkea. Vuonna 1997 se oli 35 prosenttia sähkön kokonaistuotannosta, ja vain Tanskassa se on korkeampi (osin erilaisesta tilastoinnista johtuen). Yhteistuotannon ansiosta tavanomaisiin polttoaineisiin perustuvan energiatuotannon hyötysuhde on Suomessa hyvin korkea. Muutenkin Suomessa energian käyttö on muihin maihin verrattuna tehokasta erityisesti liikenteessä ja asuntojen

lämmityksessä. Myös energiaintensiivisen prosessiteollisuuden energiatehokkuus on Suomessa vähintään kilpailijamaiden tasolla.



Kuva 1: Uusiutuvien energiavarojen osuus energian kokonaiskulutuksesta EU-maissa vuonna 1996

Suomessa käytetään paljon energiaa

Vaikka energian kulutus verrattuna talouskehitykseen on Suomessa vähentynyt ja energiaa käytetään tehokkaasti, Suomessa käytetään asukasta kohden edelleen paljon energiaa, yli 6400 öljykg/asukas vuonna 1997, mikä on 1,7 kertaa enemmän kuin EU-maissa keskimäärin. Suomen teollisuus on hyvin energiaintensiivistä ja teollisuuden osuus bruttokansantuotteesta on suuri. Teollisuus käyttääkin energiasta yli 50 prosenttia. Luonnollisesti kylmä ilmasto lisää lämmitysenergian tarvetta. Lisäksi yhdyskuntarakenne on Suomessa huomattavan hajanainen. Taajamien väestötiheys on Suomessa keskimäärin 500 - 600 asukasta/km², kuin muissa Pohjoismaissa vastaava luku on 1500 - 1 700 asukasta/km². Hajanainen yhdyskuntarakenne on kustannuksiltaan korkea, synnyttää paljon liikennettä ja on energiatehokkuudeltaan huono.

Liikenteen osuus energiankulutuksesta on kuitenkin Suomessa pienin OECD-maiden keskuudessa, vaikka suomalaiset matkustavat enemmän kuin EU-maissa keskimäärin. Suomessa liikenteen osuus energian kulutuksesta on OECD:n tilastojen mukaan 18 prosenttia, kun se EU-maissa on keskimäärin 29 ja OECD-maissa 33 prosenttia vuonna 1996. Osaltaan pieneen osuuteen vaikuttaa suuri asukaskohtainen kulutus. Henkilöautotiheys on myös alhainen muihin autoistuneisiin maihin verrattuna, ja liikenne sujuvaa.

Elinkeinorakenteen kehityssuuntia

Energian kulutus riippuu mm. elinkeino- ja tuotantorakenteen kehityksestä. Suomessa palvelujen osuus bruttokansantuotteesta on OECD:n vertailutietojen perusteella edelleen melko pieni, noin 65 prosenttia, kun se monissa Länsi-

Euroopan maissa on noin 70 prosenttia ja Yhdysvalloissa enemmänkin. Energiatalouden kannalta talouden palveluvaltaistuminen merkitse yleensä energiankulutuksen kasvun hidastumista. Teollisuuden energiankulutus on Suomessa jalostusarvioon verrattuna noin 10 kertaa niin suuri kuin palvelujen. Tosin joidenkin teollisuusalojen energiantensiivisyys on pienempi kuin palvelualojen. Esim. sähkötekniisten tuotteiden valmistuksessa energiankulutus on noin 30 prosenttia pienempi kuin palvelualoilla keskimäärin.

Muutenkin teollisuuden toimialarakenne muuttuu jatkossa vähemmän energiaa kuluttavaksi, eli sellaiset toimialat kasvat keskimääräistä nopeammin, joiden energiantensiteetti on pieni.

Teollisuuden rakenne ja energian kulutus

Suomen teollisuuden tukijalkoja ovat jatkossakin metsäteollisuuden ja perusteollisuuden klusterit. Näiden alojen kasvun arvioidaan olevan vakaata, mutta hitaampaa kuin teollisuuden keskimäärin. Nopean kasvun aloja ovat erityisesti elektroniikka- ja instrumenttiteollisuus. Myös konepajateollisuus ja kemian teollisuus (biotekniikka) ovat keskimääräistä nopeamman kasvun aloja.

Vaikka teollisuuden rakenteen muutosten odotetaan olevan kohtuullisen hitaita, niillä on kuitenkin näkyvä vaikutus teollisuuden energian kulutukseen. Teollisuuden sähkön kulutus jalostusarvoa kohden on eri toimialoilla hyvinkin erilainen. Kun ominaiskulutuksen kehitysarviot yhdistetään toimialojen volyymeja koskevien arvioiden kanssa, voidaan arvioida teollisuuden sähkön kokonaiskulutuksen kehitys jalostusarvoon suhteutettuna. 1990-luvulle asti teollisuuden sähkön kulutus on ollut tasaisesti kasvavaa, mutta odotettavissa olevan teollisuuden rakennemuutoksen ansiosta sähkön kulutus pienenee jatkossa suhteessa jalostusarvon kehitykseen.

Yhteiskuntaskenaariot

VTT on tarkastellut tulevaisuuden energian kulutusta kolmessa skenaariossa: "Markkinat ohjaavat", "Suuret suunnitelmat" ja "Alueet ja pienyhteisöt". Koska jälkimmäinen on eräänlainen kriisiskenaario, tarkastellaan tässä lähinnä vain kahta ensimmäistä.

Markkinat ohjaavat ja Suuret suunnitelmat -skenaarioissa EU:n talouskehityksen oletetaan olevan vakaata. Talouskasvu oletetaan molemmissa skenaarioissa melko nopeaksi ja suunnilleen yhtä suureksi: 3, 6 %:a vuoteen 2000 asti, sitten 3 %:a vuoteen 2005, jonka jälkeen kasvu pienenee asteittain 2 prosenttiin. Kokonaisuutena talous kasvaa Markkinat ohjaavat -skenaariossa 141 ja Suuret suunnitelmat -skenaariossa 136 prosenttia vuoteen 2030 mennessä.

Energiapolitiikan kannalta skenaariot eroavat melko paljon toisistaan. Markkinat ohjaavat -skenaariossa teollisuuden rakenteen muutokset ovat melko pieniä, ydinvoimaa lisätään voimakkaasti, uusi maakaasuputkiyhteys valmistuu noin vuonna 2025, uutta bioenergiapotentialia otetaan käyttöön 70 PJ, energiatekniikka kehittyy entiseen tahtiin ja henkilöautoliikenteen osuus liikenteessä kasvaa.

Suuret suunnitelmat -skenaariossa EU:ssa ovat yhtenäiset energia- ja ympäristö-verot, Suomessa sähkö- ja tietoteknisen teollisuuden kasvu jatkuu nopeana, uusi maakaasuputkiyhteys otetaan käyttöön noin vuonna 2015, uutta bioenergiapotentiaalia otetaan käyttöön 80 PJ, uusien tekniikoiden ja energian käytön tehostamisen kehitys on nopeaa ja julkisen liikenteen osuus säilyy ennallaan.

Energian kulutuksen kehitys 1995 - 2030

Energian kulutus kasvaa VTT:n skenaarioiden mukaan selvästi vähemmän kuin talous. Talouden arvioidaan kasvan 2.4 -kertaiseksi molemmissa skenaarioissa vuoteen 2030 mennessä, mutta primaarienergian kulutus kasvaa Markkinat ohjaavat -skenaariossa 44, ja Suuret suunnitelmat -skenaariossa vain 13 prosenttia. Energian kulutuksen talouden kehitystä hitaampi kasvu johtuu energian käytön tehostumisesta, energian säästämisestä ja tuotantorakenteen muutoksesta .

Vuonna 1995 laaditussa perusteellisessa maailman energiatalouden kehitystä arvioivassa selvityksessä (IIASA) arvioitiin kehittyneiden maiden talouksien energiantensiteetin voivan laskea 1,2 % vuodessa, mikäli talous kasvaa kohtuullisen nopeasti ja energian kulutusta ei rajoiteta erityisin toimin. Jos otetaan käyttöön voimakkaita taloudellisia ja normeihin perustuvia ohjauskeinoja, voidaan päästä keskimäärin 2 %:n vuosittaiseen parannukseen.

Mainituista skenaarioista Markkinat ohjaavat -skenaariossa energiantensiteetin pieneneminen on noin 1,2 prosenttia ja Suuret suunnitelmat -skenaariossa, jossa toteutetaan laajamittaisia energiankäytön rajoittamisen ohjaustoimia, energiantensiteetin väheneminen on noin 2 %. Skenaariossa myös tuotantorakenne on sellainen, että jalostusarvoa varten tarvitaan vähemmän energiaa.

Vaihtoehtoiset polttoaineet ja liikenteen energian kulutus

VTT:n mukaan vaihtoehtoisten energiamuotojen merkitys on edelleen vähäinen vuonna 2030. Tuulivoiman osuuden arvioidaan (Alueet ja pienyhteisöt -skenaario) nousevan 4 prosenttiin vuonna 2030. Aurinkovoiman on oletettu jäävän kaikissa skenaarioissa niin pieneksi, että sitä ei ole tarkasteltu erikseen. Myös vetyteknologian merkityksen VTT näkee vähäiseksi, koska polttoaineena käytettävä vety on valmistettava muista energiamuodoista. Fuusiovoiman ei uskota tulevan kaupalliseen käyttöön ennen vuotta 2040.

VTT:n arviot ovat varovaisia myös liikennepolttoaineiden ominaiskulutuksen kehityksessä. Markkinat ohjaavat -skenaariossa henkilöautojen keskilukulutukseksi arvioidaan 6.7 l/100 km ja Suuret Suunnitelmat -skenaarioissa 6,0 l/100 km. Nykyisin henkilöauto kuluttaa noin 8,0 l/100 km.

Sähkö- ja polttokennoautojen kehitykseen aletaan panostaa tosissaan vasta vuonna 2020, kun öljyvarat uhkaavat vakavasti huveta. Polttomoottorin osuudeksi arvioidaan Suomessa 97 prosenttia vuonna 2020 (markkinat ohjaavat). Sähköautojen osuus nousee pääkaupunkiseutujen henkilöliikenteessä 10 prosenttiin vuonna 2020 ja 20:een vuonna 2030. Kevyessä kaupunkijakeluliikenteessä sähköpakettiautot saavat vielä suuremman osuuden. Muutosten yhteisvaiku-

tuksena liikenteen polttoaineiden kokonaiskäyttö alkaa laskea ja palautuu vuoden 1995 tasolle vuonna 2030 mennessä.

Raakaöljyn hinnan arvioidaan nousevan maltillisesti. Ennustettu nopea talouskasvu johtaa vuoden 2020 jälkeen öljyvarojen ehtymiseen monilla tuotannonaloilla. Öljyn hinnan arvioidaan kohoavan kasinkertaiseksi vuoteen 2020 mennessä vuoden 1995 tasoon verrattuna (16 \$/barreli) ja kolminkertaiseksi vuoteen 2030 mennessä. Joulukuussa 1999 raakaöljyn hinta oli noin 25 \$/bbl.

Kioton sopimuksen velvoitteet

VTT:n energiaraportin mukaan Kioton sopimuksen tavoite kasvihuonepäästöjen vähentämistä vuoteen 2010 mennessä vuoden 1990 tasolla on mahdollista saavuttaa kaikissa skenaarioissa. Vuonna 1990 fossiiliperäiset hiilidioksidipäästöt olivat 55 Mt (turve mukana). Markkinat ohjaavat -skenaariossa hiilidioksidipäästöjen arvioidaan olevan 57,8 Mt vuonna 2010 ja 54,7 vuonna 2030. Suuret suunnitelmat -skenaariossa vastaavat luvut ovat 56,4 ja 51,8 Mt. Markkinat ohjaavat -skenaariossa tavoitteen saavuttamiseksi tarvitaan kotimaisten toimien ohella yhteistoimintahankkeita, joiden päästövähennykset voidaan lukea Suomen hyväksi. Suuret suunnitelmat -skenaariossa kotimaiset ohjaustoimet riittävät tavoitteen saavuttamiseksi.

Suomessa kasvihuonepäästöjen vähentämisen edellyttämät energiatalouden muutokset voivat osoittautua vaikeammiksi kuin monissa muissa maissa mm. siitä syystä, että energian käytön tehokkuus on jo nyt viety Suomessa hyvin pitkälle mm. yhdistetyllä sähkön ja lämmön tuotannolla. Lisäksi noin puolet energiasta käytetään Suomessa teollisuudessa, kun osuus on EU:ssa keskimäärin 35 %. Rajoitusten kustannukset voivat vaikuttaa haitallisesti Suomen kilpailukykyyn, kansantalouteen ja työllisyyteen.

Kioton tavoitteiden saavuttaminen merkitsee kuitenkin haasteita energiapolitiikalle. Kasvihuonekaasujen kasvun rajoittaminen perustuu hyvin erilaisiin vaihtoehtoihin. Esitettyjen skenaarioiden taustalla on hyvinkin optimistisia teknisiä ja energiapoliittisia taustaolettamuksia tai toisaalta ydinvoiman käyttöä lisätään voimakkaasti.

Energiaskenaariot ja kasvihuoneilmiö

Kioton sopimuksen velvoitteiden täyttäminen on vasta ensi askel kasvihuoneilmiön hallintaan. Ilmakehään vuosikymmenten mittaan joutuneet kasvihuonepäästöt muuttavat ilmastoa ensi vuosisadan puoleen väliin asti. Ilmakehän muutokset ovat niin hitaita, että mahdolliset päästörajoitukset alkavat vaikuttaa vasta hyvin pitkän aikavälin päästä.

Kansainvälinen systeemianalyysin tutkimuslaitos (IIASA) on laskenut, minkä verran kunkin maan on vähennettävä päästöjä, jotta päästäisiin tiettyyn yläilmakehän hiilidioksidipäästöjen enimmäismäärän tavoitetasoon. Yksi yleisimmin käytetty tavoitetaso on 550 ppm (ppm = miljoonasosa, parts per million). Tämäkin taso merkitsee kasvihuoneilmiön etenemistä siten, että maapallon lämpötila nousee kaksi astetta seuraavan sadan vuoden aikana. Tällainen lämpötilan

muutos saattaisi aiheuttaa mm. huomattavaa nousua valtamerten pinnan tasossa ja vakavia ympäristömuutoksia suuressa osassa maapalloa.

Tavoitetasoon pääseminen edellyttää IIASA:n mukaan lähes täydellistä luopumista kivihiilen käytöstä, öljynkäytön puolittamista, sekä maakaasun, ydinvoiman ja uusiutuvien energiamuotojen voimakasta lisäystä.

Suomelle tämä 550 ppm:n vähimmäistaso merkitsisi huomattavia kasvihuonekaasujen päästöjen vähentämisiä Kioton tavoitteeseen verrattuna. Päästöjen pitäisi vähentyä vuoden 1990 tasosta vuoteen 2100 mennessä 53 prosenttia, jos vertailupohjana käytetään vuoden 1990 asukaslukuja ja 78 prosenttia, jos vertailupohjana käytetään vuoden 2100 asukaslukuja. Ensin mainittu prosenttiluku merkitsee 0,8 prosentin vuosittaista vähennystä seuraavan sadan vuoden aikana ja jälkimmäinen 1,5 prosentin vähennystä.

Päästöt ovat Suomessa jo nyt energiayksikköä kohden 20 prosenttia pienemmät kuin EU-maissa keskimäärin. Jotta Suomessa päästäisiin yllä mainittuun päästöjen vähentämisiin, pitäisi ominaispäästöjen pienentyä edelleen 50 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. Toisaalta ilmaston lämpeneminen helpottaa hiukan tavoitteen saavuttamista, eli energiaa tarvitaan tästä syystä vuonna 2100 noin 7 prosenttia vähemmän.

Referoitu raportti:

VTT: Energia Suomessa. Tekniikka, talous ja ympäristövaikutukset Helsinki 1999.

Käytetty muu aineisto:

LM: Liikenteen vertailutietoja eri maista. Julkaisija 29/99.

TK: Energia Suomessa 1998. Helsinki 1999.

Veijo Kokkarinen
Tie- ja liikennetekniikka

TUULIVOIMA JA MUUT VAIHTOEHTOISET ENERGIA-MUODOT

VTT:n Suomen energiaskenaarioissa¹ tuulivoiman osuus sähkön kulutuksesta oli parhaimmillaan neljä prosenttia vuonna 2030, ja muutenkin vaihtoehtoisten energiamuotojen merkitys nähdään vähäiseksi. Kauppa- ja teollisuusministeriön joulukuussa 1998 käynnistämässä uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa tuulien energian osuus sähkön tuotannossa Suomessa on arvioitu viideksi prosentiksi vuonna 2025. Joidenkin kansainvälisten arvioiden mukaan tuulivoimalla voidaan tuottaa 10 prosenttia maapallon sähkön tarpeesta vuonna 2020. Aurinkoenergian käyttö on pienimuotoista muutama vuosikymmen eteenpäin. Vaihtoehtoisten energiamuotojen tuleminen tapahtunee laajemmassa mitassa vasta noin 50 vuoden kuluttua.

Tuulienergia EU-maissa

Tuulivoiman osuus energian ja sähkön tuotannosta on toistaiseksi hyvin vaatimaton. EU-maissa tuotetaan vain vajaa 0,1 prosenttia sähköstä tuulivoimalla. Valtaosa maailman tuulivoimakapasiteetista on Euroopassa (84 %). Johtavia tuulienergiamaita ovat Saksa ja Tanska. Tanskassa tuulienergialla tuotetaan suhteellisesti selvästi eniten sähköä, noin 4 prosenttia sähkön tarpeesta.

Tuulivoima on kuitenkin nopeimmin kasvava sähköenergiatuotantomuoto maailmassa. 1990-luvulla vuotuinen kasvuvauhti on ollut 25 prosenttia vuodessa ja ainakin lähivuosina kasvu on jopa nopeutumassa. Pitemmänkin aikaa kasvun on arvioitu jatkuvan 20 - 30 prosentin vuosivauhtia. Kioton sopimus päästöjen alentamisesta antoi vauhtia tuulivoiman kehittämiselle, samoin mahdollinen päästökauppa hiilidioksidin ym. päästöillä tulee lisäämään tuulivoiman suosiota.

Nopean kasvun syynä on myös tuulivoiman tuotantokustannusten nopea aleneminen. 1990-luvulla kustannukset ovat laskeneet 30 - 40 prosenttia. Tanskassa, Isossa-Britanniassa ja Ruotsissa kustannukset ovat jo alittaneet 20 p/kWh. Suomessa päästään edullisissa olosuhteissa 25 pennin kilowattihintoihin. Hyvissä olosuhteissa tuulivoima on jo nyt kilpailukykyinen fossiilista ja ydinvoimaa käyttävien voimaloiden kanssa.

Tuulivoiman odotetaan yleensäkin olevan tuotantokustannuksiltaan samalla tasolla lauhdevoiman kanssa viimeistään 10 vuoden kuluttua. Vuonna 2020 tuulivoiman hinnan arvioidaan olevan 13 - 14 p/kWh. Tuulivoiman hinnan alenemiseen ovat vaikuttanut mm. tekniikan kehittyminen, suurenevat tuotantoyksiköt ja sähkömarkkinoiden vapautuminen.

¹ VTT:n energiaskenaarioita on esitelty tässä Tulevaisuuden näkymien numerossa s. 20 - 25.

Tuulivoimalla sähköstä 10 % vuonna 2020

Euroopan tuulivoimateollisuuden tuoreen suunnitelman mukaan maailman sähkön tarpeesta voidaan tuottaa tuulivoimalla 10 prosenttia vuonna 2020. Tämä kuitenkin edellyttäisi hallituksilta sitovien tavoitteiden asettamista. Uusien energiaratkaisujen tarve onkin ilmeinen, koska maailman sähkönkulutuksen arvioidaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2020 mennessä. Suurin osa kasvusta tapahtuu Aasiassa ja Latinalaisessa Amerikassa. Mutta myös OECD-maissa sähkön kulutus kasvaa 50 prosentilla.

Tuulista ei ole puutetta. Maailman potentiaaliset tuulienergiavarat ovat noin nelinkertaiset koko maailman vuoden 1998 sähkön kulutukseen verrattuna. Tuulivoiman rakentaminen luo myös uusia työpaikkoja, ja tuotettua kilowattituntia kohden tuulivoima työllistää selvästi enemmän kuin perinteiset energiamuodot. Tietenkin myös hiilidioksidi- ja muut päästöt vähenisivät.

Tuulivoima Suomessa

Suomessa tuulivoima on toistaiseksi melko vähäistä. Tanskassa tuulivoimaa on satakertainen ja Ruotsissakin kymmenkertainen määrä Suomeen verrattuna. Tuulivoiman osuus sähkön kulutuksesta on meillä vain 0,02 prosenttia. Tuulivoiman käyttö on kuitenkin kasvanut Suomessa nopeasti viime vuosina. Se on lähes nelinkertaistunut kahden viime vuoden aikana. Suomi on lähtenyt hitaasti liikkeelle tuulivoiman kehittämisessä, vaikka Suomessa on yhtä hyvät olosuhteet tuulivoimalle kuin yleensäkin Euroopassa. Tuuliolosuhteet ovat suotuisat mm. rannikoilla ja tuntureilla.

Euroopan unionin valkoisessa kirjassa on asetettu tavoitteeksi kaksinkertaistaa uusiutuvien energialähteiden käyttö vuoteen 2010 mennessä. Tosin lähtötaso on EU-maissa alhainen, noin 5 prosenttia vuonna 1996 (Suomessa 19 % ilman turvetta). KTM:n uusiutuvien energialähteiden käytön edistämishjelmassa on tavoitteena kaksinkertaistaa uusiutuvien käyttö Suomessa vuoteen 2025 mennessä. Vuoteen 2010 mennessä tavoitteena on uusiutuvien käytön lisääminen 50 prosentilla.

Ministeriön tavoiteohjelman toteuttaminen merkitsee sitä, että uusiutuvien osuus energian kulutuksesta olisi vuonna 2025 yli kolmannes energian kokonaiskulutuksesta ja noin 40 prosenttia sähkönkulutuksesta vuonna 2025. Tuulivoiman osuus nousisi 5 prosenttiin sähkön kulutuksesta. Tämä on puolet Euroopan tuulivoimayhdistyksen asettamasta tavoitteesta.

Vaikka Suomessa ei käytetäkään paljoakaan tuulivoimaa, on Suomessa kehittyntä tuulivoimateknologiaa, jota riittää vientiinkin asti. Tuulivoimalatekniikan ja komponenttien vienti on kaksinkertaistunut kolmessa vuodessa. Suomessa rakennetaan neljäsosa maailman tuuligeneraattoreista. Lisäksi Suomessa valmistetaan muita komponentteja tuulivoimaloita varten.

Mahdollisia energialähteitä vuonna 2050

Seuraavien muutaman vuosikymmenen aikana muiden vaihtoehtoisten energiamuotojen kuin tuulen merkitys lieenee melko vähäinen. KTM:n uusiutuvien energialähteiden edistämishjelmassa aurinkovoima on vain 0,5 prosenttia sähkön kulutuksesta vuonna 2025. Toistaiseksi aurinkoenergiaa pidetään lähinnä pienten paikallisten energiatarpeiden tyydyttäjänä. Sovellutuksia ovat esim. liikennevalot ja kesämökit. Kehityksessa aurinkoenergialla on enemmänkin käyttöä, koska siellä ei ole aina olemassa valmiina runsaasti kustannuksia vaativia tavanomaisia energiaratkaisuja. Näissä maissa aurinkoenergiasta saadaan sähköä kokonaisille kylille.

Pitemmällä aikavälillä vaihtoehtoisissa energiamuodoissa riittää kuitenkin potentiaalia. Tuulen lisäksi aurinko ja vuorovesi tarjoavat valtavia energiavarastoja. Teoriassa koko maailman tarvitsema sähkö voitaisiin tuottaa peittämällä osa Saharaa aurinkopaneeleilla. Nykyinen sähkön kulutus vaatisi 14 000 neliökilometriä paneeleita. Ongelmana on sähkön kuljettaminen häviöittä kuluttajille. Eräs ratkaisu tähän on normaaliämpötilassa toimivat suprajohteet. Mahdollinen ratkaisu on myös kuuhun tai maata kiertäviin satelliitteihin sijoitettavat aurinkoenergian kerääjät, jotka lähettäisivät energiaa maan pinnalla oleviin voimaloihin

Koko maailman energia tarve voitaisiin tyydyttää myös hyödyntämällä pieni osa valtamerien vedenpinnan vaihteluista eli vuorovesi-ilmiöstä. Teknisesti asia ei ole ongelmallinen. Tarvitsee vain rakentaa esim. joen suuhun pato, jonka avulla nousuvesi ohjataan sähköä tuottaviin turbiineihin. Ongelmana ovat suuret kustannukset ja mahdolliset ympäristöongelmat.

Eräs tulevaisuuden vaihtoehto on tietenkin myös fuusioenergia. Eräiden arvioiden mukaan fuusioenergia tuottaisi kaupallista sähköä noin 50 vuoden kuluttua (Arthur C. Clarke tosin ennustaa ns. kylmäfuusion läpimurtoa jo aivan 2000-luvun alkuvuosina, ks. s. 39).

Käytetyt lähteet:

Tuulen silmä. Nro 3/1999. Suomen tuulivoimayhdistys ry.

Energia 9/1999. Energiafoorumi ry.

Tekniikka&Talous 14.10.1999.

Tilastokeskus: Energia Suomessa 1998. Helsinki 1999.
