



Hanna Vellonen

Ympäristötieto vesienhoidossa – Case Säkylän Pyhäjärvi

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten.

Espoossa 2.1.2014

Valvoja: Professori Ari Jolma

Ohjaaja: Dosentti Anne-Mari Ventelä

Tekijä Hanna Vellonen

Työn nimi Ympäristötieto vesienhoidossa – Case Säkylän Pyhäjärvi

Laitos Yhdyskunta- ja ympäristötekniikka

Professuuri Ympäristösuunnittelun tietotekniikka

Professuurikoodi Yhd-102

Työn valvoja Professori Ari Jolma

Työn ohjaaja(t)/Työntarkastaja(t) Dosentti Anne-Mari Ventelä

Päivämäärä 2.1.2014

Sivumäärä 67

Kieli suomi

Tiivistelmä

Vesistöihin liittyvän ympäristötiedon määrä kasvaa jatkuvasti, sillä dataa kerätään manuaalisen pistehavainnoinnin lisäksi jatkuvatoimisilla mittausantureilla sekä kaukokartoituksella. Ympäristötietoa käytetään muun muassa vesiensuojelukohteiden toimivuuden arvioinnissa sekä vesistöjen tilasta tiedottamisessa. Yksittäiseen järveen liittyvä tieto voi olla kuitenkin hajautunut hyvinkin monille tahoille ja kokonaiskuvan hahmottaminen voi olla haastavaa.

Tässä työssä perehdyttiin ympäristötietojärjestelmiin ja niiden hyödyntämismahdollisuuksiin vesienhoidossa paikkatiedon ja vuorovaikutteisuuden näkökulmista käyttäen esimerkkinä Säkylän Pyhäjärveä. Pyhäjärvi-instituutti kerää ja käsittelee jatkuvasti Pyhäjärveen liittyvää dataa ja tämän työn tavoitteena oli tutkia mahdollisuuksia hyödyntää Pyhäjärvi-instituutin data entistä paremmin. Työssä selvitettiin, voisiko verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä olla toimiva ratkaisu Pyhäjärvi-instituutin datan varastointiin ja tarkasteluun ja parantaa sen hyödynnettävyyttä vesienhoidossa. Työssä rakennettiin verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä, joka koostuu tietokannasta, rajapintapalvelusta sekä karttasovelluksesta. Tietokantaan koottiin tietoa Pyhäjärven valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelutoimenpiteistä sekä vedenlaatuodataa, ja tietokannan tietoja hyödynnettiin karttasovelluksessa rajapintapalvelun kautta. Ympäristötietojärjestelmän toteutuksessa hyödynnettiin käyttäjäkeskeisen suunnittelun periaatteita.

Verkkopohjaisen ympäristötietojärjestelmän avulla voidaan lisätä datan hyödynnettävyyttä huomattavasti. Tietokanta luo hyvän pohjan eri tietojen yhdistämiselle ja rajapintapalvelun avulla tietokannan tietoa voidaan hyödyntää helposti valmiissa paikkatietohjelmistoissa. Karttasovellus kokoaa järven ja sen valuma-alueen tiedot yhteen ja auttaa hahmottamaan kokonaisuuksia tarjoten visuaalisen ja yksinkertaisen työkalun datan tarkasteluun. Käyttäjakeskeinen suunnittelu tuo vuorovaikutteisuutta ympäristötietojärjestelmän suunnitteluun ja toteutukseen ja lisää järjestelmän käytettävyyttä.

Kasvavan datamäärän tallennus ja hyödyntäminen edellyttävät tiedonhallintamenetelmien kehittymistä sekä vuorovaikutteisuuden lisääntymistä vesienhoidon eri toimijoiden välillä. Standardoidut menetelmät tiedonhallinnassa sekä tiedon visuaalinen esitystapa lisäävät datan hyödynnettävyyttä ja vuorovaikutteisilla työkaluilla sekä sosiaalisen median avulla mahdollistetaan eri sidosryhmien välinen vuorovaikutus.

Avainsanat ympäristötietojärjestelmä, karttasovellus, Säkylän Pyhäjärvi, vesienhoito, käyttäjäkeskeinen suunnittelu, vuorovaikutteisuus, paikkatieto



Author Hanna Vellonen

Title of thesis Environmental Information in Water Management – Case Lake Säkylän Pyhäjärvi

Department Civil and Environmental Engineering

Professorship Information technology of environmental engineering

Code of professorship Yhd-102

Thesis supervisor Professor Ari Jolma

Thesis advisor(s) / Thesis examiner(s) Associate Professor Anne-Mari Ventelä

Date 2.1.2014

Number of pages 67

Language Finnish

Abstract

The amount of environmental information related to water management is steadily growing as the data is collected with continuous measurement sensors and remote sensing in addition to the manual measurements. Environmental information is used, among other things, to evaluate the functioning of water conservation actions and to inform the state of water bodies. However, the information related to an individual lake can be distributed to many parties and perceiving the overall picture can be challenging.

This study examined the environmental information systems (EIS) and their potential in water management from the spatial and interactive point of view using lake Säkylän Pyhäjärvi as an example. Pyhäjärvi Institute collects and processes continuously data related to Pyhäjärvi and the objective of this work was to study the possibilities to take advantage of Pyhäjärvi Institute data better. The aim was to study whether a web-based EIS could be a viable solution for storing and surveying the data of Pyhäjärvi Institute and improve the usability of the data in water management. In the study it was constructed a web-based EIS, which consists of a database, a web service and a map application. The database includes information of the water conservation measures in Pyhäjärvi catchment area and water quality data, and the database information was used in map application via web service. The principles of user-centred design were used in constructing the EIS.

A web-based EIS can be used to significantly increase the usability of the data. The database provides a good basis for combining different data and via a web service the data can be used easily in the GIS software. The map application brings together the data of the lake and its catchment area and helps to identify entities, providing a visual and simple tool for data analysis. User-centered design brings interactivity to EIS design and implementation and increases the usability of the system.

The storage and utilization of the growing amount of data storage will require development of methods for data management and interactivity between different actors in water management. Standardized methods in data management as well as the visual presentation of information increase the usability of the data and interactive tools and social media enable the interaction between various stakeholders.

Keywords environmental information system, web-mapping application, lake Säkylän Pyhäjärvi, water management, user-centred design, interactivity, geographic information

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Pyhäjärvi-instituutille Aalto-yliopistossa professori Ari Jolman tutkimusryhmässä. Työn tavoitteena oli tutkia Pyhäjärvi-instituutin datan hyödyntämismahdollisuuksia verkkopohjaisen ympäristötietojärjestelmän avulla ja tarjota Pyhäjärvi-instituutille tietoa ympäristötietojärjestelmistä sekä niiden soveltamisesta vesienhoidossa. Työ voi toimia tiedon sekä inspiraation lähteenä myös muille paikallisille vesienhoitoyhdistyksille sekä vesienhoidon ja ympäristötiedon parissa työskenteleville.

Haluan kiittää valvojaani professori Ari Jolmaa diplomityöpaikasta ja mielenkiintoisesta aiheesta sekä asiantuntevasta avusta aina kun sitä tarvitsin, sekä ohjaajaani Anne-Mari Ventelää innostuksesta ja kiinnostuksesta työtäni kohtaan. Kiitokset Pyhäjärvi-instituutille yhteistyöstä ja erityiskiitos Marjo Tarvaiselle, joka mahdollisti tutkimukseni toimittamalla minulle Pyhäjärvi-instituutin aineistoja ja auttoi paljon aineistojen täydentämisessä ja muokkaamisessa. Kiitokset Aalto yliopistolle rahoituksesta. Kiitokseni ansaitsee myös vesitekniikan laitoksen meritekniikkatalon porukka rennosta työilmapiiristä ja mukavista kahvihetkistä, jotka auttoivat unohtamaan kiireet hetkeksi.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni tuesta ja kannustuksesta työni aikana. Erityiskiitos Sasulle ja Arille, että jaksoitte lukea työni läpi matkan varrella useaan kertaan ja auttaa minua puristamaan työni kasaan sekä siskolleni Elinalle työpäivää piristävistä ruoka- ja kahvitauoista. Ja erittäin suuret ja lämpimät kiitokset ansaitsee kihlattuni Juha asiantuntevasta avusta ja kullonarvoisista neuvoista diplomityön kirjoittamisessa sekä kannustuksesta ja loputtomasta kärsivällisyydestä.

Espoo 2.1.2014

Hanna Vellonen

Sisällysluettelo

Lyhenteet.....	1
1 Johdanto	2
1.1 Tausta	2
1.2 Tutkimusongelma, tavoitteet ja raja.....	2
2 Internet ja ympäristötietojärjestelmät.....	4
2.1 Ympäristötiedon spatiaalisuus.....	4
2.1.1 Ympäristötiedon tuottaminen.....	4
2.1.2 Avoin ympäristötieto.....	5
2.1.3 Paikallisen ympäristötiedon merkitys	6
2.1.4 Paikkatieto.....	7
2.2 Verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä.....	8
2.2.1 Verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä ympäristötiedon hallinnassa ..	8
2.2.2 Tietojärjestelmän arkkitehtuuri	9
2.2.3 Tietokannan suunnittelu	13
2.2.4 Rajapintapalvelut.....	15
2.2.5 Verkkopohjaisen karttasovelluksen käyttöliittymä	18
2.3 Vuorovaikutteisuus.....	20
2.3.1 Vuorovaikutus ja osallistuminen tietokonepohjaisen teknologian avulla ..	20
2.3.2 Vuorovaikutteinen paikkatietojärjestelmä	22
2.3.3 Käyttäjäkeskeinen suunnittelu	24
2.3.4 Sosiaalinen media.....	27
2.4 Vesienhoito paikkatiedon ja vuorovaikutteisuuden näkökulmasta	28
2.4.1 Vesienhoito ja vesivarojen hallinta	28
2.4.2 Paikkatieto ja vuorovaikutteisuus vesienhoidossa	32
2.5 Vesienhoitoon liittyvien sovellusten esittely ja analysointi	33
2.5.1 Vesinetti	33
2.5.2 Järviwiki.....	35
2.5.3 Järvien vedenlaatupalvelu	36
3 Case Säkylän Pyhäjärvi.....	38
3.1 Pyhäjärvi.....	38
3.1.1 Pyhäjärven ominaispiirteet.....	38
3.1.2 Pyhäjärvi järvikunnostuskohteena	39
3.1.3 Pyhäjärven seuranta-aineistot.....	41
3.2 Ympäristötietojärjestelmän suunnittelu.....	41
3.2.1 Ihmiskeskeisen suunnittelun soveltaminen ympäristötietojärjestelmän suunnittelussa	41
3.2.2 Käyttäjien tarpeiden tunnistaminen.....	42
3.2.3 Ympäristötietojärjestelmän arkkitehtuuri ja toiminnallisuudet.....	44
3.3 Ympäristötietojärjestelmän toteutus.....	45
3.3.1 Tietokannan rakentaminen	45
3.3.2 Rajapintapalvelu.....	48
3.3.3 Karttasovellus.....	48
3.4 Ympäristötietojärjestelmän hyödyntäminen.....	51
3.4.1 Karttojen luominen.....	51
3.4.2 Valuma-aluekohteiden tarkastelu karttasovelluksessa	54
3.4.3 Valuma-aluekohteen vedenlaadun seuranta	55
4 Tutkimustulokset.....	57
5 Tulosten tarkastelu	58

5.1	Toteutetun ympäristötietojärjestelmän tarkastelu ja kehityskohteet	58
5.2	Pyhäjärvi-instituutin datan hyödyntämismahdollisuudet	59
5.3	Ympäristötietojärjestelmien tulevaisuus vesienhoidossa	59
6	Johtopäätökset	60
	Lähteluettelo	62

Lyhenteet

DPSIR	Drivers, Pressures, State, Impact, Response
EPA	Environmental Protection Agency
GIS	Geographic Information System
GML	Geography Markup Language
HTML	Hypertext Markup Language
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
IWRM	Integrated Water Resources Management
JPEG	Joint Photographic Experts Group
OGC	Open Geospatial Consortium
OSI	Open Source Initiative
PDF	Portable Document Format
SOAP	Simple Object Access Protocol
SOS	Sensor Observation Service
SQL	Structured Query Language
SWE	Sensor Web Enablement
XML	Extensible Markup Language
WCS	Web Coverage Service
WFS	Web Feature Service
WMS	Web Map Service
WMTS	Web Map Tile Service

1 Johdanto

1.1 Tausta

Vesistöihin liittyvää ympäristötietoa kerätään nykyään valtavat määrät, sillä perinteisen manuaalisen pistehavainnoinnin lisäksi dataa kerätään jatkuvatoimisilla mittausantureilla ja kaukokartoituksella. Dataa kerätään sekä vesistöistä että valuma-alueilta ja datasta tuotettua ympäristötietoa käytetään muun muassa paikallisten ympäristöongelmien ratkaisussa sekä käytännön suojelutoimien tuloksellisuuden arvioinnissa. Ympäristötieto on luonnostaan maantieteellistä, joten ympäristöstä kerätty data on usein paikkatietoa. Valtavan tietomäärän tallennus ja hyödyntäminen eivät onnistu enää tehokkaasti perinteisin menetelmin, vaan edellyttävät tietoinfrastruktuurin kehittämistä (Anttila ym., 2012). Tiedon tallennus paikallisiin ympäristötietokantoihin sekä standardoitujen rajapintaratkaisujen käyttö tietoverkossa tukevat ympäristötiedon säilymistä ja hyödyntämistä. Rajapintapalveluiden ansiosta tietoa voidaan esittää, käsitellä ja muuntaa tietopalveluissa eri palvelimella kuin missä tiedot ovat, mikä edesauttaa tiedon jakamista eri toimijoiden välillä sekä uusien tietopalveluiden syntymistä.

Lounais-Suomessa sijaitsevalla Säkylän Pyhäjärvellä on suuri merkitys sen lähialueen ihmisten virkistykselle, vapaa-ajan kalastukselle ja ammattikalastukselle sekä teollisuudelle. Järven ongelmana on kuitenkin rehevöityminen, joka havaittiin 1980-luvun loppupuolella pitkäaikaisen seurannan tuloksena. Vuonna 1989 alueelliset toimijat perustivat Pyhäjärvi-instituutin, jonka tavoitteena on Satakunnan vesien tilan parantaminen, vesienhoitotietouden lisääminen ja soveltaminen vesistöjen kunnostuksessa sekä elintarviketuotannon kilpailukyvyyn turvaaminen kestävästi. Pyhäjärvi-instituutin yhteyteen perustettiin vuonna 1995 Pyhäjärven suojelurahasto, jonka tarkoituksena on turvata Pyhäjärven suojelutoimien rahoitus. Pyhäjärven suojeluohjelma on Pyhäjärvi-instituutin kärkihankkeita ja ohjelmalla on tällä hetkellä menossa kolmas toimintakausi.

Pyhäjärvi-instituutti kerää ja käsittelee jatkuvasti Pyhäjärveen liittyvää dataa. Pyhäjärveltä seurataan esimerkiksi vedenlaatua, kuormitusta, kasviplanktonia sekä kalastoa. Pyhäjärvellä toimii myös vedenlaatua ja säätilaa mittaava Suomen ympäristökeskuksen automaattinen järvimittauslautta. Osa Pyhäjärveltä saatavasta datasta tallennetaan sellaisenaan ja osaa datasta käsitellään Pyhäjärvi-instituutissa ennen tallennusta. Dataa hyödynnetään esimerkiksi vesistökunnostustoimenpiteiden toimivuuden arvioinnissa ja datasta tehtyjä kuvaajia käytetään muun muassa artikkeleissa, tiedotteissa ja esitteissä.

1.2 Tutkimusongelma, tavoitteet ja rajaus

Vesienhoidon tueksi on kehitetty erilaisia verkkopalveluita, joiden kautta on mahdollista tarkastella vesistöihin liittyvää tietoa kartalla, merkitä havaintoja kartalle ja laatia kunnostussuunnitelmia. Yksittäiseen järveen liittyvä tieto voi olla hajautunut hyvinkin monille tahoille, jolloin kartta kokoaa järven ja sen valuma-alueen tiedot yhteen ja auttaa hahmottamaan kokonaisuuksia. Jotta verkkopalvelu saataisiin tehokkaaseen käyttöön, täytyy se toteuttaa vuorovaikutuksessa tulevien käyttäjien kanssa. Myös tiedon jakaminen paikallisille asukkaille on tärkeää, sillä vesistöjen kunnostamiseen tarvitaan kaikkien tahojen yhteistyötä. Paikallisen potentiaalin hyödyntäminen edellyttää tarpeeksi selkeitä ja helppokäyttöisiä työkaluja niin tiedon jakamiseen asiantuntijoilta paikallisille ihmisille ja organisaatioille kuin paikallistiedon keräämiseen. Internetissä toimiva karttoja hyödyntävä ympäristöpalvelu on helposti saavutettavissa ja visuaalisen kartan

avulla on mielekästä seurata järven vedenlaatua tai valuma-alueella toteutettuja kunnostustoimenpiteitä.

Tässä työssä perehdytään ympäristötietojärjestelmien hyödyntämiseen vesienhoidossa paikkatiedon ja vuorovaikutteisuuden näkökulmista käyttäen esimerkkinä Säkylän Pyhäjärveä. Työn tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia hyödyntää Pyhäjärvi-instituutin data entistä paremmin. Työssä selvitetään datan hyödyntämisen nykytila ja voisiko verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä olla toimiva ratkaisu Pyhäjärvi-instituutin datan varastointiin ja tarkasteluun ja parantaa sen hyödynnettävyyttä vesienhoidossa. Verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä sisältää tietokannan ja rajapintapalvelun, jotka sijaitsevat verkkopalvelimilla ja sovelluksia, jotka voivat olla palvelimilla tai työasemilla. Tietokannan etuna on, että sinne tallennettua tietoa voidaan tarkastella yhtä aikaa monesta eri paikasta. Se myös minimoi päällekkäisen tiedon määrän ja mahdollistaa loogiset yhteydet eri tietojen välillä. Keskitetty tietokanta parantaa myös tiedon löydettävyyttä. Tietoverkkoa hyödyntävä sovellus käyttää rajapinnan kautta tietokantaan tallennettua dataa ja mahdollistaa tiedon katselun spatiaalisesti, temporaalisesti ja teemoittain.

Työ koostuu kirjallisuustutkimuksesta ja kokeellisesta osasta. Kirjallisuusosassa on lähteisiin perustuen luotu kuvaus siitä, millainen tietoverkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä voi teknisesti ja käytännössä olla. Kirjallisuusosassa käydään läpi ympäristötiedon ja paikkatiedon ominaisuuksia, verkkopohjaisen ympäristötietojärjestelmän rakennetta ja suunnittelua, vuorovaikutteisuutta tietojärjestelmän suunnittelussa ja käytössä, vesienhoitoa paikkatiedon ja vuorovaikutteisuuden näkökulmasta sekä olemassa olevia sovelluksia vesienhoitoon liittyen. Kokeellisessa osassa esitetään Pyhäjärvi-instituutin tarpeet liittyen ympäristötiedon käsittelyyn ja tarkasteluun ja kuvataan työssä toteutetut ympäristötietojärjestelmän komponentit. Tietokannan ja karttasovelluksen käyttöliittymän suunnittelussa hyödynnetään käyttäjäkeskeisen suunnittelun periaatteita.

Työssä keskitytään erityisesti paikkatiedon ja vuorovaikutteisuuden merkitykseen ympäristötiedon tarkastelussa, esittämisessä ja hyödyntämisessä vesienhoitoon liittyen. Kokeellinen osa on rajattu siten, että siinä ei pyritä rakentamaan kokonaisvaltaista ratkaisua Pyhäjärvi-instituutin tiedonhallintaan, vaan tarjotaan esimerkki keinosta, jolla datan hyödynnettävyyttä voisi parantaa. Verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä toteutetaan havainnollistamaan muutamien esimerkkien kautta järjestelmän hyödyntämismahdollisuuksia vesienhoidossa.

2 Internet ja ympäristötietojärjestelmät

2.1 Ympäristötiedon spatiaalisuus

2.1.1 Ympäristötiedon tuottaminen

Arkikielessä käsitteitä data, informaatio ja tieto käytetään usein sekaisin, mutta informaatiotutkimuksessa käsitteillä on omat merkityksensä. Datalla tarkoitetaan merkeistä ja symboleista koostuvaa raaka-ainetta, jota voidaan jalostaa informaatioksi. Jalostettua informaatiota eli niin kutsuttuja informaatiotuotteita ovat esimerkiksi valuma-alueen eri pisteisiin lasketut arviot kyseisen pisteen yläpuolella olevien erilaisten maankäyttömuotojen pinta-aloista. Informaation tulkitseminen on keskeisessä asemassa puhuttaessa sen jalostamisesta tiedoksi. Informaatio muuttuu tiedoksi vasta, kun vastaanottaja tulkitsee informaation ja antaa sille merkityksen siten, että vastaanottajan käsitys jostakin asiasta muuttuu. (Poikola ym., 2010; Kettunen, 2013)

Ympäristömittauksilla ja -seurannoilla saadaan kerättyä dataa ympäristöstä. Ympäristömittaukset tuottavat tietoa ympäristön tilasta, sen muuttumisesta sekä ympäristöstä löytyvien eri yhdisteiden pitoisuustasoista. Perinteisellä pistehavainnoinnilla eli manuaalinäytteenotolla saadaan tarkkaa dataa, joka kuitenkin rajoittuu vain kyseiseen paikkaan ja aikaan ja vaatii aina mittauskäynnin. Mittausta ja näytteenottoa voidaan tehostaa in situ –mittausantureilla esimerkiksi joki- tai järviasemilla tai keräämällä automaattinäytteenottimella näytteitä, jotka analysoidaan myöhemmin laboratoriossa. (Lepistö ym., 2010)

Ympäristöseurannalla tarkoitetaan Ympäristöministeriön vuonna 2011 julkaiseman Ympäristön tilan seurannan strategian (Ympäristöministeriö, 2011) mukaan luontaisten vaihteluiden ja muutosten, ihmisen toiminnasta aiheutuvien paineiden sekä niiden ihmiseen, luontoon ja rakennettuun ympäristöön kohdistuvien vaikutusten jatkuvaa tai säännöllisesti toistuvaa tiedon keruuta, arviointia ja raportointia.

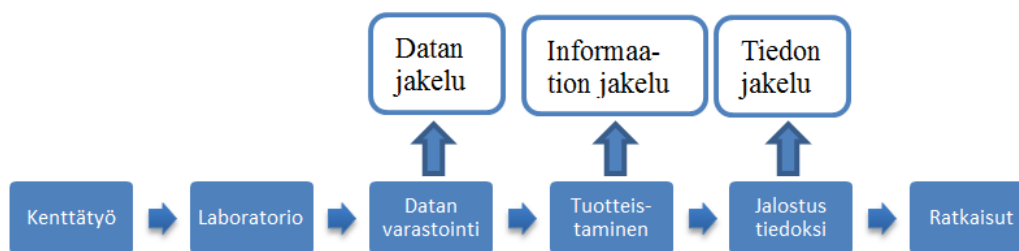
Ympäristön seuranta kattaa monia ympäristön lohkoja ja se voidaan jakaa Niemen ja Heinosen (2000) mukaan neljään osa-alueeseen:

- **Luonnonvarojen seuranta.** Luonnonvarojen seuranta kohdistuu sekä elottoomaan että elolliseen luontoon ja sillä seurataan ihmisen hyödyntämän luonnon määrää ja laatua.
- **Paineiden seuranta.** Ympäristöön kohdistuvia paineita ovat luontoon kohdistuvat haitalliset ympäristövaikutukset, jotka ovat usein ihmisen aiheuttamia. Näitä voivat olla esimerkiksi veden otto tai jätevesikuormitus.
- **Ympäristön tilan seuranta.** Ympäristön tilan seurannalla tarkoitetaan fysikaalisten, kemiallisten ja biologisten tekijöiden jatkuvaa tai säännöllisesti toistuvaa havainnointia, kuten esimerkiksi veden laadun havainnointia.
- **Ympäristöpolitiikan ja toimenpiteiden seuranta (ympäristövasteet).** Vasteet ovat toimenpiteitä, joita tehdään ympäristöön kohdistuvien paineiden pienentämiseksi ja ympäristön tilan parantamiseksi. Esimerkkejä yhteiskunnan vasteista ovat ympäristönsuojelumenot ja ympäristöverot.

Ympäristön seurannan tavoite on tuottaa monipuolista ympäristötietoa asiantuntijoille, päätöksentekijöille, hallinnolle ja kansalaisille. Tärkeitä vaatimuksia tuotettavalle ympäristötiedolle ovat sen käyttökelpoisuus ja edustavuus sekä kansainvälinen vertailukel-

poisuus. Ympäristötietoa käytetään muun muassa valtakunnallisten ympäristöpoliittisten linjakysymysten ja paikallisten ympäristöongelmien ratkaisussa sekä käytännön suojeletoimien tuloksellisuuden arvioinnissa. Ympäristötietoa käytetään myös tutkimuksissa ja lisäksi kansalaiset tarvitsevat luotettavaa tietoa ympäristön tilasta, esimerkiksi levätilanteesta. (Niemi ja Heinonen, 2000)

Ympäristöseuranta voidaan ajatella arvoketjuna, jossa jokainen yksittäinen vaihe nostaa tuotteen arvoa. Kenttänyytteestä tehdään ensin mittausdataa, mittausdatasta saadaan eri tavoin yhdisteltynä informaatiota, informaatio jatkojalostetaan tiedoksi ja tiedosta saadaan ratkaisuja ongelmiin. (Kettunen, 2013) Arvoketju on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 Tiedon arvoketju (Kettunen, 2013)

Datan tehokkaalla hyödyntämisellä tuotetaan uusia palveluita, tutkimusta ja tietoa, josta osalla on kaupallista arvoa ja osalla edistetään demokratiaa, sivistystä ja ihmisen arkea ilman taloudellisia tavoitteita. Laajamittainen datan hyödyntäminen johtaa myös datan tuotannon kehittymiseen ja lisää datavarantojen laatua ja käytettävyyttä. (Poikola ym., 2010)

2.1.2 Avoin ympäristötieto

Tiedolla on erilainen luonne kuin perinteisillä hyödykkeillä. Se ei kulu käytettäessä, vaan usein sen arvo kasvaa jaettaessa. Myös ajatus avoimesta aineisto-, informaatio- ja tietopolitiikasta perustuu tähän (Kettunen, 2013). Valtioneuvoston periaatepäätöksen 3.3.2011 mukaan julkisten tietoaineistojen tulee olla avoimesti saatavilla ja uudelleen käytettävissä yhtenäisin, selkein ja kaikille tasapuolisin ehdoin. Avaamalla julkisin varoin tuotettuja tietovarantoja kansalaisten ja yritysten käyttöön, avataan markkinoita uusille palveluille ja liiketoimintamahdollisuuksille. (Valtiovarainministeriö, 2013) Julkinen hallinto omistaa ja hallinnoi laajoja, rahallisesti ja yhteiskunnallisesti arvokkaita tietovarantoja. (Poikola ym., 2010) Valtiovarainministeriö on käynnistänyt Avoimen tiedon ohjelman, jolla vauhditetaan julkisen hallinnon tiedon avaamista ja käytön lisäämistä. Ohjelman toimintakausi on 17.5.2013 - 30.6.2015 ja osana ohjelmaa toteutetaan julkishallinnon tietojen löytämistä ja hyödyntämistä helpottava dataportaali sekä avoimeen dataan perustuvien palveluiden kehittämisympäristö. Avoimen tiedon ohjelmalla pyritään poistamaan tiedon käytön esteitä sekä luomaan kannustimia ja edellytyksiä tiedon avaamiselle ja sisältöjen ja palveluiden kehittämiselle. (Valtiovarainministeriö, 2013)

Yhden toimijan näkökulmasta yksin omattu tieto voi olla hyvin arvokasta, eivätkä yksityisten toimijoiden tietovarannot ole välttämättä julkisia. Yksityiset toimijat voivat silti halutessaan tuottaa avointa dataa, ja omaa dataansa jakava organisaatio voi tukea monin keinoin sellaisten sovellusten ja käyttökohteiden syntymistä, joilla saadaan datasta

kaikki hyöty irti. Olisi toivottavaa, että avoimen datan pohjalta syntyisi luovia ja mielenkiintoisia datan käyttötapoja sekä ennen kaikkea todellisia tarpeita vastaavia palveluita ja niihin tukeutuvia liiketoimintamahdollisuuksia. (Poikola ym., 2010)

Poikolan ym. (2010) mukaan datan julkaisussa tulee kiinnittää huomiota datan löydettävyyteen, ja lisäksi datan tulisi tavoittaa juuri siitä kiinnostuneet henkilöt ja tahot. Löydettävyyttä voidaan parantaa teknisin keinoin, mutta vähintään yhtä tärkeää on kertoa datan olemassaolosta perinteisen tiedottamisen kautta. Myös datavarantoja käyttävien tahojen ottaminen mukaan kehittämisprosesseihin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa nopeuttaa avattujen tietovarantojen hyödyntämistä. Haasteena on tehdä osallistumisesta riittävän helppoa yhteistyötahoille sekä organisoida yhteistyö tehokkaasti.

2.1.3 Paikallisen ympäristötiedon merkitys

Monilta intensiivisesti seuratuilta järviltä saadaan valtavat määrät erilaista tietoa, etenkin jos manuaalisen mittauksen rinnalla käytetään automaattista mittausta ja kaukokartoitusta. Yksityiskohtaisen mittaustiedon käyttö ympäristöseurannassa on kuitenkin vasta alkuvaiheessa. Automaattisilta mittausasemilta saadun tiedon tai kaukokartoitustiedon tallentaminen ei onnistu enää perinteisin menetelmin, joten tutkimusinfrastruktuurin kehittäminen on edellytyksenä jatkuvasti kasvavan mittaustiedon tallentamiselle ja hyödyntämiselle. (Anttila ym., 2012)

Valtavan tietomäärän osalta on vielä hahmottumatta, mihin paikkaan mitäkin tietoa pitäisi tallentaa. Esimerkiksi automaattimittausasemilta saatavaa raakadataa ei ole välttämättä järkevää tallentaa kansallisiin tietovarantoihin. Alkuperäisten mittaustulosten säilyttäminen on kuitenkin tärkeää, jolloin paikallisen ympäristötiedonhallinnan merkitys korostuu. Intensiivinen tiedonkeruu paikallisiin ympäristötietokantoihin sekä standardoidut rajapintaratkaisut tukevat ympäristötiedon säilymistä ja hyödyntämistä. Paikallisiin ympäristötietokantoihin voidaan sekä kerätä mittaustietoa useasta lähteestä että jakaa sitä eteenpäin lähes reaaliaikaisesti. Tietokantoihin on mahdollista automatisoida esimerkiksi raakadatan laadunvarmistusta, kalibrointia ja erilaisten mallien tulosten laskea. Paikallisiin tietokantoihin voidaan myös kerätä yleistietoa ja erilaisia tutkimustuloksia alueelta. Sitomalla havainnot aikaan ja paikkaan, voidaan luoda hyvä pohja erilaisten tietojen yhdistämiselle ja hyödyntämiselle. Tietokantojen sisältämän tiedon hyödyntämisessä voidaan käyttää standardoitua rajapintaa. Rajapinta mahdollistaa eri tiedoille yhteisen alustan, joka näyttää käyttäjästä yhdeltä käyttöliittymältä tutkimustiedon hakemiseen. Rajapinnan avulla voidaan esimerkiksi yhdistää eri lähteistä saatavia paikkatietoaineistoja ja vertailla alueita. Lisäksi se mahdollistaa tutkimuksellisen verkostoitumisen ja yhteistyön. (Kuitunen, 2012) Rajapintapalveluita käsitellään tarkemmin luvussa 2.2.4.

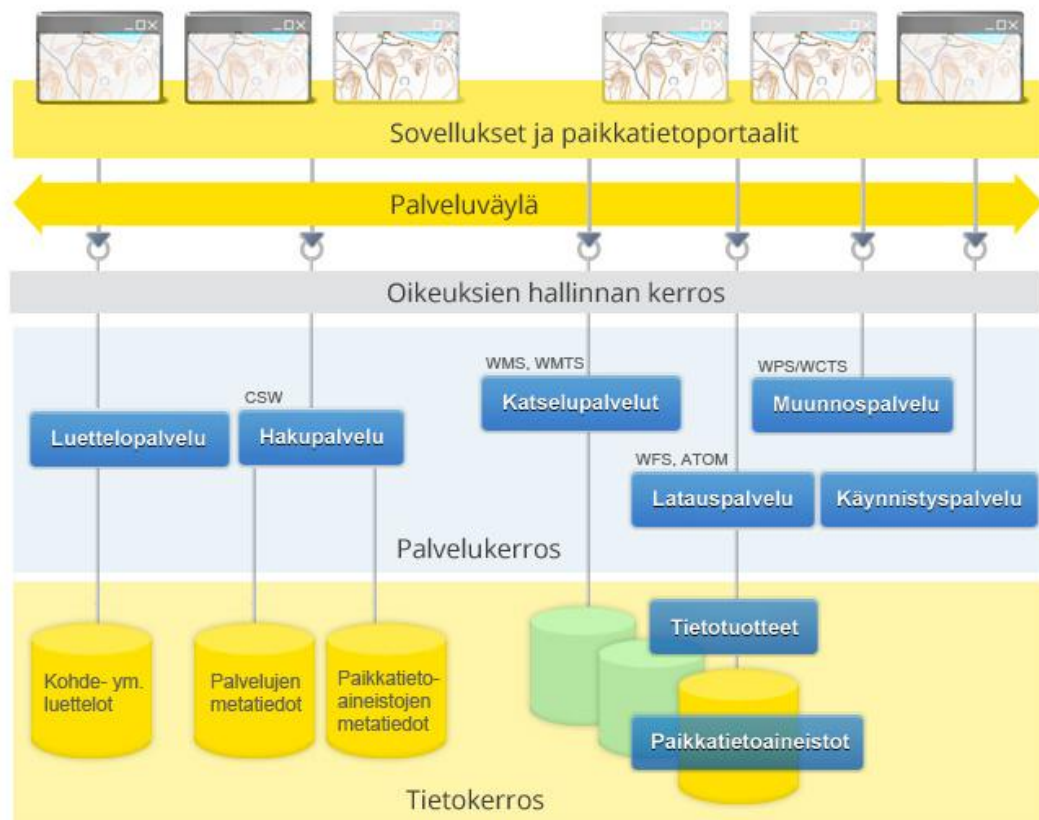
Ympäristötietoa keräävät useat eri tahot sekä julkisella että yksityisellä sektorilla, ja lisäksi monet kansalliset tekevät erilaisia havaintoja lähiympäristöstään. Paikallisten tekemät havainnot ovat arvokas lisä viranomaistietoon. Paikalliset eivät välttämättä koe viranomaistietoa riittävän tarkaksi tai kattavaksi, sillä siitä puuttuvat paikallisuuden mukanaan tuomat merkitykset. (Anttila ym., 2012; Dunn, 2007) Nykyään on kehitetty keinoja, joilla paikalliset asukkaat voivat tuoda havaintonsa muiden tietoon. Esimerkiksi verkkopalvelu Järviwikiin on mahdollista lisätä omia havaintojaan Suomen järvistä. Järviwikiä käydään tarkemmin läpi luvussa 2.5.2.

2.1.4 Paikkatieto

Paikkatieto tarkoittaa tietoa kohteista, joiden paikka Maan suhteen tunnetaan. Se sisältää viittauksen tiettyyn paikkaan tai maantieteelliseen alueeseen, ja voi kuvata kohteen sijaintia ja muita ominaisuuksia, esimerkiksi muotoa. (Sanastokeskus TSK ry, 2011) Paikkatietoaineistot muodostuvat paikkatiedosta ja kuvaavat tiettyä teemaa tai ilmiötä tietyllä maantieteellisellä alueella, esimerkiksi kallio- ja maaperää tai vesistöä ja ilmastoa. Aineistoja tuottavat viranomaiset ja yritykset, jotka keräävät aineistoja omien tehtäviensä hoitamiseksi tai tuotteeksi toisten tarpeisiin. Paikkatietoaineistojen tuottajat voivat tarjota kerätyn tiedon yhteiskäyttöön ja sen avulla voidaan toteuttaa erilaisia kartta- ja paikkatietopalveluja tietoverkkoon. (Paikkatietoikkuna, 2009)

Paikkatietoinfrastruktuuri on rakenne, joka muodostuu julkisesti saataville asetetuista paikkatietoaineistoista, paikkatietopalveluista ja niiden kuvailuista sekä välineistä, tekniikoista, periaatteista ja prosesseista, jotka mahdollistavat tietojen ja palveluiden asettamisen julkisesti saataville (Sanastokeskus TSK ry, 2011). Euroopan yhteisön paikkatietoinfrastruktuurista (INSPIRE, Infrastructure for Spatial Information in Europe) säädetään Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2007/2/EY. INSPIRE-direktiivin avulla kansallisista paikkatietoaineistoista ja -palveluista luodaan EU-jäsenmaiden yhteinen, yhtenäinen sekä helposti hyödynnettävä paikkatietoinfrastruktuuri. Tavoitteena on paikkatietojen yhteentoimivuus, niiden käytön sekä ympäristön tilan seurannan tehostaminen, viranomaisten yhteistyön lisääminen sekä monipuolisten kansalaispalvelujen syntyminen.

Kuvassa 2 on esitetty INSPIREN mukainen paikkatietoinfrastruktuuri.



Kuva 2 Paikkatietoinfrastruktuuri (Maanmittauslaitos, 2013)

Paikkatietoinfrastruktuurin pohjana on tietokerros, joka koostuu paikkatietoaineistoista, tietotuotteista sekä paikkatietoaineistojen ja niistä tuotettujen palvelujen metatiedoista. Lisäksi tietokerrokseen kuuluvat luettelopalvelun kautta haettavissa olevat standardoinnissa ja erilaisten paikkatietotuotteiden yhteydessä määritellyt rakennekuvaukset eli XML-skeemat. Metatieto on tietoa kuvailevaa tietoa ja INSPIRE-direktiivin mukaan paikkatietoa hallinnoivien viranomaisten on kuvailtava direktiivin soveltamisalaan kuuluvat paikkatietoaineistot sekä niihin liittyvät paikkatietopalvelut. INSPIRE-direktiivi koskee niitä viranomaisten hallussa olevia sähköisiä ja julkisia paikkatietoaineistoja, jotka kuuluvat direktiivin nimeämiin runsaaseen kolmeenkymmeneen paikkatietoryhmään. Kansallisesta aineistoluettelosta löytyvät direktiivin piiriin kuuluvat aineistot Suomessa, sekä tieto aineistosta vastaavasta organisaatiosta.

Paikkatietoinfrastruktuurin palvelukerros koostuu erilaisista rajapintapalveluista, joista käytetään INSPIRE-direktiivissä termiä verkkopalvelu. INSPIREn määrittelemiä rajapintapalveluita ovat hakupalvelu, katselupalvelu, latauspalvelu, muunnospalvelu sekä käynnistyspalvelu. Nämä ovat paikkatietojen käsittelyyn, muuntamiseen ja esittämiseen tarkoitettuja verkkosivuilla olevia palveluita.

2.2 Verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä

2.2.1 Verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä ympäristötiedon hallinnassa

Ympäristötiedon hallinta on tietokantojen ja tietojärjestelmien tärkeä sovellusalue. Ympäristötietojärjestelmät huolehtivat datan hallinnasta liittyen maaperään, veteen, ilmaan sekä eliölajeihin, ja niillä on usein paljon yhteistä paikkatietojärjestelmien kanssa. Ympäristöön liittyvät sovellukset yhdistävät kuitenkin usein monia ominaisuuksia, jotka ovat ongelmallisia datanhallinnan näkökulmasta. Eräs keskeinen ongelma on valtava datan määrä, sillä jo esimerkiksi yhden päivän aikana tallennettujen satelliittikuvien määrä on teratavujen kokoluokkaa. Ympäristötietojärjestelmien täytyy myös ratkaista ongelmia liittyen datan siirtämiseen seuranta-asemilta keskuspalvelimelle. Esimerkiksi automaattisilta vedenlaatumittareilta kerättyä dataa täytyy käsitellä, ennen kuin sen voi julkaista palvelimella. Ympäristötieto vaihtelee myös usein ajallisesti ja paikallisesti, mikä tuo omat haasteensa datan käsittelyyn. (Günther, 1997)

Tiedonhallinta on voimakkaasti hajautunut, sillä ympäristötietoa kerää, käsittelee ja varastoi suuri joukko valtion virastoja ja muita instituutioita. Datanhallintamenetelmät vaihtelevat lisäksi todella paljon sekä laitteistojen että sovellusten osalta. Ympäristötietoa on järjestetty useiden eri tietomallien mukaan riippuen vastaavan viraston päämääristä. Datan heterogeenisuus vaikeuttaa sen käyttöä eri toimijoiden ja sovellusten välillä. Ympäristöstä kerättyyn dataan liittyy myös paljon epävarmuutta. Epävarmuutta voidaan käsitellä erilaisilla tilastollisilla menetelmillä, mutta esimerkiksi automaattisilta vedenlaatumittareilta saadun datan epävarmuuksien käsittelyyn ei ole olemassa standardoituja tai yhteisiä menetelmiä eri toimijoiden välillä. (Günther, 1997)

Ympäristötiedon tuottaminen on lisääntynyt nykypäivänä dramaattisesti. Samoin ovat lisääntyneet kommunikointikanavat tiedon levitykseen tieto- ja viestintäteknikan kehittymisen myötä. EU:n sisällä on kehitetty vankka oikeudellinen politiikka liittyen ympäristötiedon julkiseen saatavuuteen, ja Internetissä on nykyään saatavilla monia ympäristötietopalveluita. Kun jokin tietojärjestelmä tai esimerkiksi karttapalvelu on saatavilla verkkosivun kautta, viitataan siihen sanalla verkkopohjainen (Web-based). Verkkopoh-

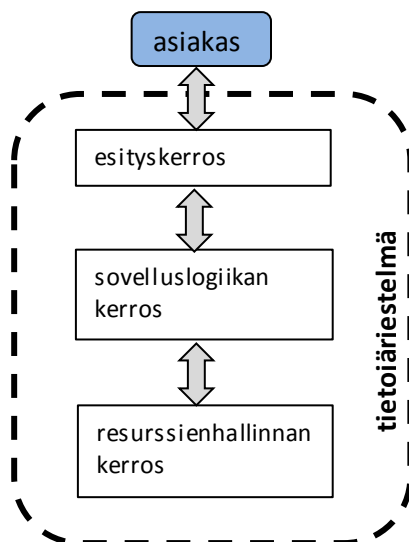
jainen ympäristötietojärjestelmä on siis verkkosivun kautta tarjottava tietojärjestelmä, joka on tarkoitettu ympäristötiedon hallintaan. (Karatzas ym., 2010; Mitchell, 2005)

Ympäristötietojärjestelmien avulla niin yksityishenkilöillä kuin ammattilaisilla on mahdollisuus tukeutua ympäristötietokantoihin ja päivittää niitä. Yksityiset ihmiset voivat esimerkiksi hakea tietoa alueittain ja tarkistaa, onko heidän asuinalueensa saastunut tai suojeltu. Ympäristötietojärjestelmä mahdollistaa yhteistyön eri tiedonhallinnan tasojen välillä ja luo pohjan tehokkaalle ympäristöasioiden käsittelylle. Jaettu ympäristötieto helpottaa ympäristöviranomaisten tehtävienhallintaa. Ympäristötietojärjestelmä on tärkeä työkalu esimerkiksi kunnallisten viranomaisten suunnittelu-, priorisointi- ja päätöksentekoprosesseissa, koska asian kanssa tekemisissä oleva työntekijä voi nopeasti yhdistää erilaista ympäristötietoa eri lähteistä. Ympäristötietojärjestelmä voi myös sallia pääsyn dataan riippumatta hallinnollisista yksiköistä tai maantieteellisistä alueista, jolloin työskentelyprosessista tulee tehokkaampi. Tämä myös vähentää viranomaisten tarvetta tallentaa dataa paikallisesti. Myös tutkijat, organisaatiot ja kiinteistövälittäjät voivat hyödyntää ympäristötietojärjestelmän käyttöliittymää saavuttaakseen helposti oleellista ja selkeästi esitettyä informaatiota. (Tanskan ympäristöportaali, 2013)

2.2.2 Tietojärjestelmän arkkitehtuuri

Tietojärjestelmien arkkitehtuureja on kuvattu selkeästi Alonson ym. (2004) teoksessa *Web services – Concepts, Architectures and Applications* ja käyn ne tässä lyhyesti läpi siten kuin ne on Alonson ym. teoksessa esitetty.

Tietojärjestelmien voidaan ajatella koostuvan kolmesta kerroksesta: esityskerroksesta (presentation layer), sovelluslogiikan kerroksesta (application logic layer) ja resurssienhallinnan kerroksesta (resource management layer) (kuva 3).



Kuva 3 Tietojärjestelmän kerrokset (Alonso ym., 2004)

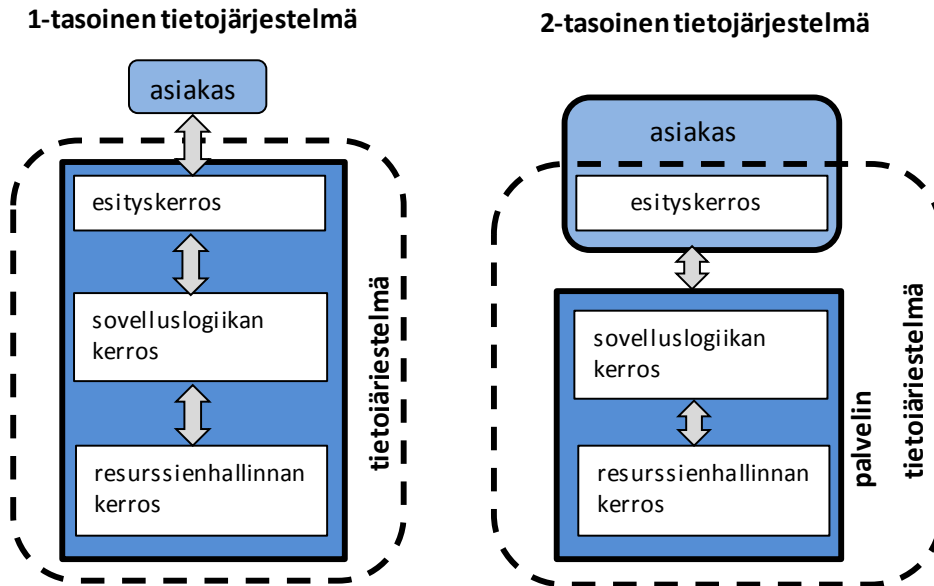
Esityskerros muodostuu komponenteista, jotka mahdollistavat tiedon esittämisen ulkoisille yksiköille sekä ulkoisten yksikköjen vuorovaikutuksen tietojärjestelmän kanssa. Ulkoiset yksiköt voivat olla tietokoneita tai ihmisiä, ja jokaisen tietojärjestelmän on voitava kommunikoida ulkoisten yksikköjen kanssa.

Asiakas on yksikkö, joka käyttää tietojärjestelmän tarjoamia palveluita, ja se voi olla kokonaan riippumaton tietojärjestelmästä. Hyvä esimerkki tällaisesta asiakkaasta on verkkoselain, joka esittää verkkopalvelimen valmistelemaa tietoa HTML-dokumenttina. Tällöin esityskerros on verkkopalvelin sekä kaikki moduulit, jotka ovat vastuussa HTML-dokumentin luomisesta.

Suurin osa tietojärjestelmistä prosessoi dataa ennen varsinaisten tulosten esittämistä. Prosessi käsittää ohjelman, joka toteuttaa asiakkaan esityskerroksen kautta pyytämän varsinaisen operaation. **Sovelluslogiikan kerroksella** tarkoitetaan näitä ohjelmia sekä moduuleita, jotka auttavat ottamaan ne käyttöön ja ajamaan niitä.

Resurssienhallinnan kerros käsittelee ja toteuttaa tietojärjestelmän eri tietolähteitä riippumatta tietolähteiden luonteesta. Kerros tunnetaan myös nimellä tietokerros, jolla viitataan sen toteuttamiseen tietokannan hallintajärjestelmällä. Tietojärjestelmän tarvitsema tieto voi sijaita tietokannassa, tiedostojärjestelmässä (file system) tai muussa tietovarastossa.

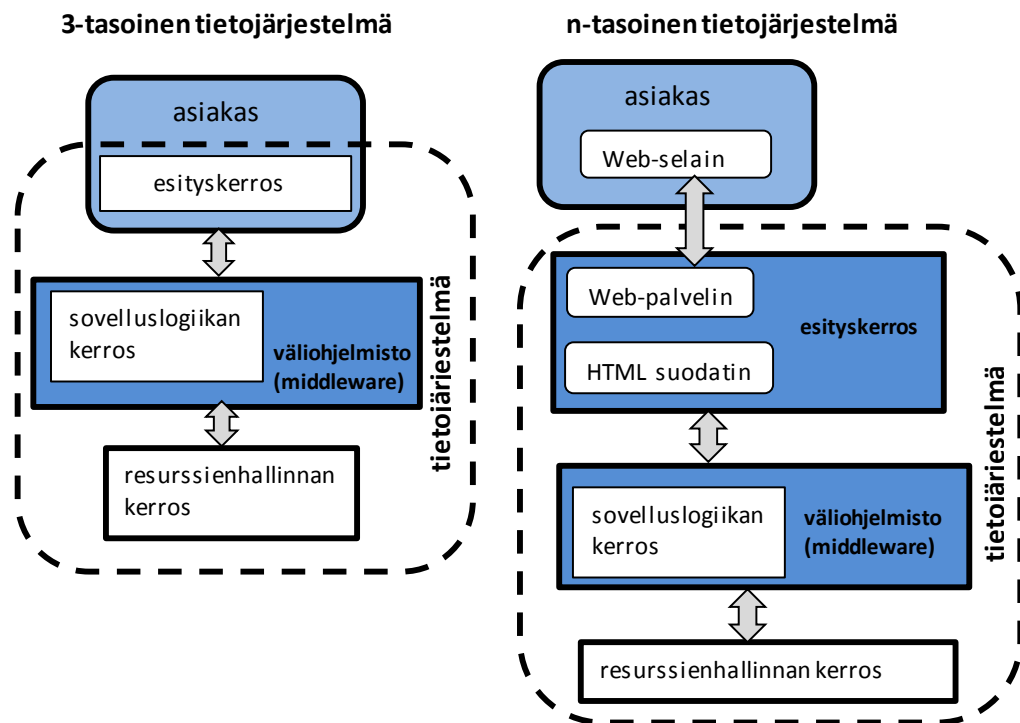
Edellä kuvatut kolme kerrosta ovat käsitteellisiä rakenteita, jotka erottavat loogisesti tietojärjestelmän toiminnallisuudet. Todellisessa tietojärjestelmässä kerrokset voivat olla yhdistettyinä tai erotettuina eri tavoin, jolloin puhutaan kerrosten sijaan tasoista (tier). Tietojärjestelmien 4 perustyyppiä ovat 1-, 2-, 3- ja n-tasoinen tietojärjestelmä. 1-tasoinen tietojärjestelmä on seurausta joitakin vuosikymmeniä sitten käytetyistä tietokonearkkitehtuureista, jotka olivat keskuskonepohjaisia ja vuorovaikutus systeemin kanssa tapahtui pääasiassa näppäimistön ja näytön kautta. Tietojärjestelmistä oli pakko kehittää yhtenäisiä eli kaikki kerrokset sulautettiin yhteen tasoon, eikä niissä siten ollut ollenkaan ohjelmallista rajapintaa (Application Programming Interface). Tietotekniikan kehittyessä esityskerros voitiin erottaa muista kerroksista, jolloin se voitiin räätälöidä erilaisiin tarpeisiin lisäämättä järjestelmän monimutkaisuutta. Kaksitasoisista arkkitehtuureista tuli todella suosittuja, etenkin asiakas-palvelin-arkkitehtuurista (client/server architecture), jossa *asiakas* sisältää esityskerroksen sekä varsinaisen asiakassovelluksen ja *palvelin* taas käsittää sovelluslogiikan ja resurssienhallinnan kerrokset. Kaksitasoisen arkkitehtuurin myötä kehittyivät myös ohjelmalliset rajapinnat. Kuvassa 4 on esitetty 1- ja 2-tasoisien tietojärjestelmien arkkitehtuurit.



Kuva 4 1- ja 2-tasoiset tietojärjestelmät (Alonso ym., 2004)

Kaksitasoisen arkkitehtuurin ongelma kuitenkin oli, että kommunikointi oli mahdollista vain yhden palvelimen kanssa kerrallaan. Kolmitasoiset arkkitehtuurit ratkaisivat tämän ongelman lisäämällä yhden tason asiakkaan ja palvelimen väliin. Kolmitasoisessa arkkitehtuurissa esityskerros sisältyy asiakkaaseen samoin kuin kaksitasoisessakin arkkitehtuurissa. Sovelluslogiikan kerros sijaitsee keskimmaisessä tasossa ja se tunnetaan yleisesti väliliohjelmistona (middleware). Resurssienhallinnan kerros muodostuu kaikista palvelimista, jotka kolmitasoisien arkkitehtuurien on määrä integroida. Jokaisella palvelimella voi myös olla omat sovelluslogiikan ja resurssienhallinnan kerroksensa.

N-tasoiset arkkitehtuurit eivät poikkea radikaalisti kolmitasoisista arkkitehtuureista, vaan ovat seurausta Internetin lisääntyneestä merkityksestä yhteyskanavana sekä kolmitasoisien arkkitehtuurien soveltamisesta kaikessa laajuudessaan. N-tasoinen arkkitehtuuri yhdistää eri järjestelmiä ja lisää liitettävyyttä Internetin kautta. N-tasoiset arkkitehtuurit voivat syntyä esimerkiksi tarpeesta sisällyttää verkkopalvelimia osaksi esityskerrosta. Tällaisissa järjestelmissä asiakas on verkkoselain ja esityskerros jakautuu verkkoselaimelle, verkkopalvelimelle sekä HTML-sivuja tuottavalle koodille. Kuvassa 5 esitetty HTML-suodatin voi myös olla välttämätön. HTML-suodatin muuntaa sovelluslogiikan kerroksen tarjoamaa dataa HTML-sivuiksi lähetettäväksi selaimelle. Monet n-tasoiset tietojärjestelmät ovat hyvin monimutkaisia, sillä jokainen taso saattaa jo itsessään olla monitasoinen tietojärjestelmä. Haittana n-tasoisissa tietojärjestelmissä voikin olla nimenomaan niiden kehittämisen, hienosäädön ja säilyttämisen vaikeus ja korkeat kustannukset. Kuvassa 5 on esitetty 3- ja n-tasoisien tietojärjestelmien arkkitehtuurit.



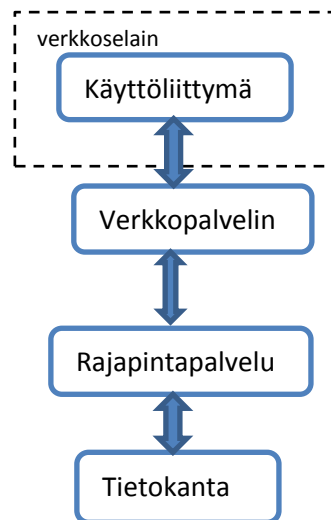
Kuva 5 3- ja n-tasoisien tietojärjestelmien arkkitehtuurit (Alonso ym., 2004)

2.2.2.1 Verkkopohjaisen karttasovelluksen arkkitehtuuri

Verkkopohjaisen karttasovelluksen käyttöönottoon tarvitaan kahta perusarkkitehtuuria: palvelinarkkitehtuuria ja asiakasarkkitehtuuria. Asiakas on käyttäjän verkkoselain ja palvelin on tietokone, joka toimii isäntänä palvelulle tai sovellukselle. Palvelimella sijaitsee kaikki tieto ja se prosessoi asiakkaan pyynnöt ja lähettää käyttäjälle tuloksen. Tuloksena saatava kartta voi olla esimerkiksi JPEG- tai PDF-formaatissa, jos kyseessä on staattinen kartta, joka ei salli vuorovaikutusta asiakkaan ja kartan välillä. Jos sovellus vaatii käyttäjän ja kartan vuorovaikutteisuutta, palvelinpuoli koostuu yleensä verkkopalvelimesta, maantieteellisestä tietokannasta sekä WMS-rajapintapalvelusta. Verkkopalvelin on vastuussa kommunikaatiosta asiakkaan kanssa, tietokanta käsittelee paikkatietoa sekä muuta tietoa ja rajapintapalvelu suorittaa karttapalvelutehtäviä eli yhdistelee tietokannan tietoja ja luo karttoja. (Skarlatidou, 2010)

Palvelinpuolen arkkitehtuuri sallii karttojen näyttämisen, kun taas asiakaspuolen arkkitehtuuri tuo mukaan vuorovaikutteisuuden sallivat toiminnot. Palvelin ei siis prosessoi kaikkea dataa valmiiksi, vaan osa datasta prosessoidaan paikallisesti asiakkaan tietokoneella. Asiakasarkkitehtuuri voi sisältyä käyttäjän tietokoneelle ladattuun tai asennettuun sovellukseen, joka on yhteydessä palvelimeen datan pyytämistä varten, tai se voidaan tarjota asiakkaalle verkkoselaimen kautta. (Skarlatidou, 2010)

Kuvassa 6 on esimerkki verkkopohjaisen karttasovelluksen arkkitehtuurista. Arkkitehtuuri on verrattavissa n-tasoisien tietojärjestelmien arkkitehtuuriin. Käyttöliittymä sisältyy kokonaan asiakaspuolen arkkitehtuuriin ja muut tasot voivat sijaita samalla palvelimella tai eri palvelimilla.



Kuva 6 Verkkopohjaisen karttasovelluksen arkkitehtuuri

Arkkitehtuurin suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota palvelun käytettävyyteen ja muokattavuuteen. Jos palvelusta halutaan kaikille vapaa ja ilmainen käyttää, kannattaa palveluarkkitehtuurin perustana suosia ilmaisia, avoimen lähdekoodin ohjelmistoja. (Mikkola, 2008) Avoimen lähdekoodin ohjelmat ovat tietokoneohjelmia, joita jaetaan jollakin avoimen lähdekoodin lisenssillä. Tämä tarkoittaa, että lisenssinsaaajalla on oikeus käyttää, kopioida, levittää ja muokata ohjelmaa vapaasti. Avoin lähdekoodi muun muassa nopeuttaa ohjelmistokehitystä, parantaa paikallisten toimijoiden kilpailuedellytyksiä, pienentää toimittajariippuvuutta sekä säästää kustannuksia. Avoimen lähdekoodin lisenssejä hyväksyy ja lisenssilistaa ylläpitää Open Source Initiative (OSI), jonka Internet-sivuilta löytyy muun muassa lista suosituista avoimen lähdekoodin lisensseistä. (JUHTA, 2012)

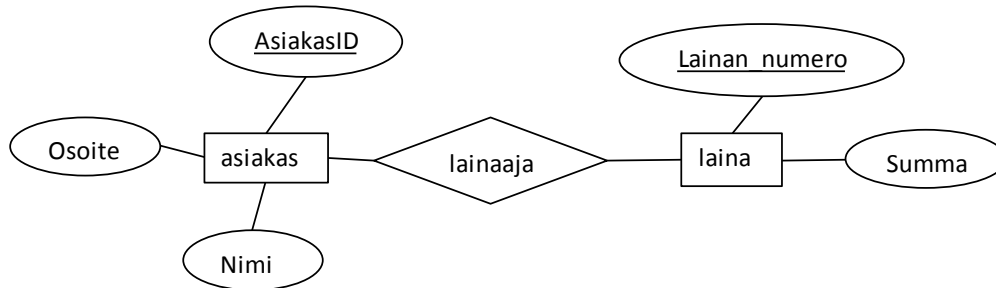
2.2.3 Tietokannan suunnittelu

Tietokanta on kokoelma loogisesti toisiinsa liittyviä tietoja sisältäen tietojen kuvaukset, ja se on suunniteltu vastaamaan organisaation tietotarpeita. Sitä voidaan käyttää samanaikaisesti eri tahoilla ja se voi palvella yhtä aikaa montaa eri tarkoitusta. Tietokanta ja sitä käyttävä ohjelma ovat riippumattomia toisistaan, sillä tietokantaan tehdyt muutokset eivät vaikuta sitä käyttävään sovellukseen, ellei tietokannasta sitten poisteta jotain ohjelman käyttämää tietoa. (Connolly & Begg, 2005)

Relaatiotietokanta on yleinen tietokantamalli, jossa tiedot tallennetaan relaatioina eli tauluina. Kukin taulu edustaa yhtä objektia, toiselta nimeltään entiteettiä, jolla on ominaisuuksia, eli attribuutteja. Attribuutit tallennetaan tauluihin kenttinä ja tauluun lisättyjä tietoja attribuutteineen kutsutaan tietueiksi. Yksinkertainen esimerkki taulusta voi olla taulukko nimeltä asiakkaat, jonka ensimmäinen sarake sisältää asiakasnumerot, toinen asiakkaan etunimen ja kolmas asiakkaan sukunimen. Relaatiotietokannan taulujen välille voidaan myös luoda yhteyksiä. Yhteydet muodostetaan pää- ja viiteavaimen tai linkitystaulun avulla. Yhteydet auttavat vähentämään ylimääräistä ja kaksinkertaista dataa ja ovat siten tärkeitä datan eheyden kannalta. (Hernandez, 2000)

Relaatiotietokanta voidaan kuvata ER-mallin (Entity-Relationship model) avulla. Ennen kuin tietokanta toteutetaan teknisesti, on syytä varmistaa dataa tuottavalta organisaatiol-

ta, että datan ominaisuudet ja yhteydet on ymmärretty oikein. ER-malli sopii tähän tarkoitukseen, sillä se on selkeä ja ei-tekninen malli tietokannasta, jossa esitetään taulut, taulujen ominaisuudet sekä taulujen väliset yhteydet. (Connolly & Begg, 2005) ER-mallissa neliöt edustavat tauluja, ellipsit attribuutteja ja salmiakit taulujen välisiä yhteyksiä (Silberschatz ym., 2002). Kuvassa 7 on esimerkki ER-mallista.



Kuva 7 Esimerkki ER-mallista (mukailtu Silberschatz ym., 2002)

Malli koostuu kahdesta entiteetistä, *asiakas* ja *laina*, joilla on yhteys nimeltä *lainaaja*. Asiakkaaseen liittyvät attribuutit ovat AsiakasID, Nimi ja Osoite, ja lainaan liittyvät attribuutit ovat Lainan_numero ja Summa. Pääavaimet, jotka yksilöivät entiteetit, on alleviivattu.

Tietokanta kannattaa suunnitella hyvin, jotta rakennetta ei tarvitse myöhemmin parantella jatkuvasti. Hyvän tietokannan tulisi Hernandezin (2000) mukaan

- tukea vaadittujen tietojen hakemista ja erikoishakuja
- sisältää tehokkaasti muodostettuja taulurakenteita
- pitää huolta tietojen eheydestä kenttä-, taulu- ja yhteystasolla
- sopeutua tulevaisuuden kasvuun.

Jokainen tietokanta luodaan tiettyä tarkoitusta varten ja ensimmäinen vaihe onkin Hernandezin (2000) mukaan laatia tehtäväselostus, jossa kuvataan tietokannan tarkoitus. Tämä auttaa tietokannan kehittäjää hahmottamaan tietokannan päämäärän ja siten toiminnan keskipisteen. Tehtäväselostuksen yhteydessä määritellään tehtävän tavoitteet, jotka kuvaavat yleisiä tehtäviä, joita tietokantaan kerätyn datan avulla pitää suorittaa. Ensimmäisen vaiheen tuloksena saadaan lista aiheista, joita taulut edustavat.

Toinen vaihe tietokannan suunnittelussa on mahdollisen nykyisen tietokannan analysointi. Organisaation tietovaatimukset tunnistetaan tarkastelemalla datan nykyisiä keräys- ja esitysmuotoja sekä haastatteleamalla käyttäjiä. Toisen vaiheen tuloksena syntyy lista tietokannan kentistä sekä laskutoimituksista. Nämä toimivat tietokantarakenteen aloituspisteenä. Kolmas vaihe suunnittelussa on tietorakenteiden eli taulujen ja kenttien luonti. Jokaisesta taulusta tulee varmistaa, että se edustaa vain yhtä asiaa eikä sisällä kaksinkertaisia kenttiä. Lisäksi kenttien osalta tulee varmistaa, etteivät ne ole moniosaisia tai moniarvoisia. Lopuksi jokaiselle kentälle laaditaan kenttämääritelmä ja käydään taulurakenteet ja kenttämääritelmät läpi käyttäjien kanssa. (Hernandez, 2000)

Tietokannan suunnittelun yhteyteen tulisi myös sisällyttää standardien luominen. Standardit kertovat kuinka dataa kerätään, miten datan formaatti määritellään, minkälainen dokumentointi on välttämätöntä sekä miten suunnittelun ja toteutuksen tulisi edetä. Standardit auttavat neuvomaan henkilökuntaa sekä valvomaan datan laatua tietokannassa. (Connolly & Begg, 2005)

Neljännessä vaiheessa luodaan taulujen väliset yhteydet. Käyttäjien haastattelu on oleellista tässä vaiheessa, sillä heillä on yleensä hyvä käsitys käyttämistään tiedoista ja he tunnistavat tietojen väliset yhteydet melko helposti. Käytännössä yhteydet tehdään tietokantaan joko viiteavaimen tai ”linkitystaulun” avulla. Viidennessä vaiheessa selvitetään ja määritetään liikesäännöt, eli tietokannan tietojen rajoitukset pyritään tunnistamaan sen perusteella, miten organisaatio katselee ja käyttää tietojaan. Liikesäännöllä asetetaan tietyn kentän kenttämääritelmän asetuksille tai kahden taulun välisen yhteyden ominaisuuksille tietyt rajoitukset. Kuudes vaihe on näkymien luominen. Tätä varten on haastateltava tietokannan käyttäjiä, jotta saadaan selville heidän tapansa katsella tietoja. Kun katselutavat on tunnistettu, luodaan ne käyttöön näkyminä. Viimeinen vaihe on datan eheyden arviointi, jossa tarkistetaan taulut, kenttämääritelmät, yhteydet ja liikesäännöt. (Hernandez, 2000)

2.2.4 Rajapintapalvelut

Paikkatietopalvelulla tarkoitetaan JHS 180 -suosituksen mukaan palvelusovellusta, joka on saavutettavissa tietoverkon kautta ja jonka avulla asiakassovellukset voivat hyödyntää paikkatietoihin liittyviä resursseja, esimerkiksi paikkatietosisältöjä. Palvelua hyödyntää esimerkiksi loppukäyttäjää tukeva sovellusohjelma. (JUHTA, 2013a) Paikkatietopalvelu on osa paikkatieto-infrastruktuuria ja se on tarkoitettu paikkatietojen esittämiseen, luovutukseen, käsittelyyn tai muuntamiseen. Ihmiskäyttäjille tarkoitettujen paikkatietopalvelujen toteuttamiseen tarvitaan rajapintapalveluita. Rajapintapalveluiden ansiosta paikkatietoa voidaan esittää, käsitellä ja muuntaa paikkatietopalveluissa eri palvelimella kuin missä tiedot ovat. Rajapintapalvelu tarjotaan sovelluksen avulla muiden sovellusten saataville. INSPIRE-direktiivissä rajapintapalveluista käytetään suomeksi termiä verkkopalvelu. (Sanastokeskus TSK ry, 2011) JHS 180 -suosituksessa rajapinnalla tarkoitetaan palvelun ja palvelua hyödyntävän asiakassovelluksen välistä selkeästi määriteltyä ohjelmallista rajapintaa (service interface). Periaate rajapintapalveluissa on, ettei asiakassovelluksen tarvitse tietää mitään sisäisestä toteutustavasta, vaan se näkee vain määritellyn rajapinnan ja kommunikoi palvelun kanssa sen mukaisilla käsitteillä. Viranomaiset voivat käyttää rajapintapalveluita esittääkseen tietokantojen dataa omissa tietojärjestelmissään ja kehittää omia tiettyihin tarkoituksiin räätälöityjä sovelluksia, jotka hyödyntävät rajapintapalveluita (Tanskan ympäristöportaali, 2013).

Open Geospatial Consortium (OGC) aloitti paikkatietoihin liittyvien palvelurajapintojen standardointityön 1990-luvun lopulla ja OGC:n piirissä tuotettuja palvelurajapintaspesifikaatioita on viety myös viralliseen ISO-standardointiprosessiin. Paikkatietopalveluissa käytettyjä rajapintoja ovat Web Map Service (WMS), Web Feature Service (WFS) ja Web Coverage Service (WCS). INSPIRE-direktiivin mukaan EU:n jäsenmaiden kaikkien ympäristöä ja sen tilaa kuvaavien tietoaineistojen tulee olla katseltavissa WMS-standardin mukaisesti ja siirrettävissä WFS-standardin tai WCS-standardin mukaisesti. Standardoinnilla tavoitellaan parempaa mahdollisuutta aineistojen yhdistämiseen sekä palveluiden hyödynnettävyyttä useilla erilaisilla asiakasohjelmilla. WMS-, WFS- ja WCS-standardien pohjalta voidaan rakentaa standardeja rajapintoja, joiden kautta sovellukset voivat hakea tietoa suoraan paikkatiedontuottajan tietokannoista. (JUHTA, 2013a; Vehkaperä, 2009)

Palvelurajapinnat määritellään XML-skeeman avulla ja palveluviestit koodataan XML-muotoon. (JUHTA, 2013a) XML (Extensible Markup Language) tarjoaa standardoidun tavan dokumenttien rakenteen määrittelyyn ja helpottaa siten huomattavasti dokument-

tien esittämistä ja jakamista Internetissä (Alonso ym., 2004). Toisin kuten esimerkiksi HTML (Hyper-Text Markup Language), XML voi edustaa tietokannan tietoa tai mitä tahansa muuta jäsennehtyä tietoa, jota käytetään esimerkiksi liiketoiminnan sovelluksissa. XML on erityisen hyödyllinen dataformaatti, kun sovelluksen täytyy kommunikoida toisen sovelluksen kanssa. (Silberschatz ym., 2002)

Rajapintapalveluita ovat INSPIRE-direktiivin mukaan hakupalvelu, katselupalvelu, latauspalvelu, muunnospalvelu sekä käynnistyspalvelu. Tässä työssä käydään tarkemmin läpi katselupalvelu sekä latauspalvelu, sillä niiden toteutus liittyy työssä toteutettavaan tietojärjestelmään.

2.2.4.1 Katselupalvelu

Katselupalvelu mahdollistaa paikkatiedon katselun ja siitä voidaan myös käyttää nimeä karttakuvapalvelu. INSPIREN määrittelyn mukaan katselupalvelu mahdollistaa paikkatietoaineistoissa liikkumisen, mittakaavan muuttamisen, kartan vierityksen ja eri tietojen päällekkäin näyttämisen. (Sanastokeskus TSK ry, 2011) Käytännössä katselupalvelu on Web Map Service –rajapintapalvelu (WMS), jonka avulla toisella palvelimella olevaa paikkatietoaineistoa voidaan katsella karttakuvina.

Julkisen hallinnon JHS 180 –suosituksen liitteessä 1 esitetään standardoidun katselupalvelun rajapinnan ominaisuuksia. Suosituksen taustastandardeina toimivat OGC:n standardit Web Map Service (WMS 1.3.0) ja Web Map Tile Service (WMTS 1.0.0) sekä INSPIRE-katselupalveluja koskeva tekninen ohjeisto. WMS-standardi vakioi tietoverkossa toteutetun karttakuvapalvelun rajapinnan ja palvelun tehtävänä on tuottaa paikkatiedosta visuaalinen esitys. Rajapintaan on määritetty parametreja, jotka asiakassovellus lähettää palveluun, ja tuloksena on yleensä palvelun palauttama rasterimuotoinen karttakuva. Palvelu voi perustua tietokantaan tallennettuun paikkatietoon tai vektori- tai rasterimuodossa olevaan kartta-aineistoon – rajapinnan määrittely ei ota kantaa kartta-aineiston tallennusmuotoon. (JUHTA, 2013b)

Rajapintastandardin mukaan palvelun tulee voida kertoa asiakassovellukselle palvelun keskeiset metatiedot, palauttaa asiakassovelluksen lähettämien parametrien mukainen karttakuva sekä palauttaa asiakassovellukselle lisätietoja käyttäjän kartalta osoittamasta kohteesta. Nämä mahdollistuvat kolme kyselyn avulla:

- GetCapabilities
 - o Kyselyllä pyydetään palvelun metatietoja. Asiakassovelluksen on selvitettävä palvelun keskeiset metatiedot, ennen kuin se voi muodostaa niistä järkevän karttakyselyn. GetCapabilities-kyselyn vastausviesti on oletusarvoisesti XML-koodattu tietorakenne, joka sisältää tärkeimmät metatiedot eli esimerkiksi palvelimen tarjoaman tietosisällön, mahdolliset tyylivaihtoehdot, tuetut koordinaattijärjestelmät sekä tuetut kuvaformaatit. (JUHTA, 2013b)
- GetMap
 - o Kysely toteuttaa palvelimen oleellisimman tehtävän eli tuottaa asiakassovellukselle karttakuvan kyselyssä vastaanottamiensa parametrien mukaisesti. (JUHTA, 2013b)
- GetFeatureInfo
 - o Kysely on WMS-standardissa vapaaehtoinen ja sillä pyydetään lisätietoja kartalla olevista kohteista. Käyttäjä voi esimerkiksi osoittaa GetMap-kyselyllä saatua karttakuvaa hiirellä jostakin kohdasta ja saada lisätietoja

siitä. Suositeltava esitysmuoto palvelun palauttamille lisätiedoille on Geograpy Markup Language (GML) –koodattu tieto. (JUHTA, 2013b) GML on XML-kielioppi maantieteellisten kohteiden ilmaisuun. Se on tapa vaihtaa maantieteellistä tietoa eri tietokonejärjestelmien välillä, jotka käyttävät eri sovellustarjoajien sovelluksia.

Asiakasohjelma lähettää palvelulle kyselyjä HTTP GET -mukaisina viesteinä, jotka koostuvat palvelimen verkko-osoitteesta ja kyselyn parametreista parametrinimi/arvo –pareina. Kaikille kyselyille yhteisiä parametreja ovat SERVICE, VERSION, REQUEST, FORMAT sekä EXCEPTIONS. SERVICE-parametrilla asiakasohjelma osoittaa, mitä palvelutyyppiä se on kutsumassa. VERSION-parametri osoittaa sen WMS-standardiversion, jota osapuoli tukee. REQUEST-parametri osoittaa, mitä kyselyä ollaan tekemässä. FORMAT-parametri kertoo, missä tiedostomuodossa asiakassovellus haluaa kyselyn tuloksen. EXCEPTIONS-parametrin avulla asiakassovellus kertoo missä muodossa se haluaa palvelun palauttavan mahdollisen virheilmoituksen. (JUHTA, 2013b)

2.2.4.2 Latauspalvelu

Latauspalvelulla tarkoitetaan rajapintapalvelua, joka mahdollistaa paikkatiedon kopioimisen käyttäjän tietovälineelle. Latauspalvelusta voidaan käyttää myös termiä kohdepalvelu ja se voidaan toteuttaa esimerkiksi WFS (Web Feature Service) tai WCS (Web Coverage Service) -palveluna. (Sanastokeskus TSK ry, 2011) WFS on tarkoitettu vektorimuotoisten paikkatietoaineistojen siirtämiseen ja WCS hilamuotoon tallennetun paikkatietojatkumon (esimerkiksi korkeusmalli) siirtämiseen (Vehkaperä, 2009). Latauspalveluita ovat kyselypalvelut ja tiedostolatauspalvelut. Kyselypalvelu mahdollistaa paikkatiedon hakemisen suoraan tallennuspaikasta kyselyn avulla ja tiedostopalvelun avulla voidaan kopioida ennalta määriteltäviä paikkatietoa sisältäviä tiedosto asiakkaan tietovälineelle. (Sanastokeskus TSK ry, 2011)

WFS on rajapinta, jolla haetaan vektorimuotoista paikkatietoaineistoa joltakin palvelimelta. Pyynnöt lähetetään http-protokollalla XML-muodossa ja palvelin palauttaa pyydetyt kohteet XML-muodossa. WFS-rajapinnan XML-kuvauskieli on GML:n mukaista sisältäen paikkatiedon sekä spatiaalisten että ei-spatiaalisten ominaisuuksien mallinnuksen, tiedonvälityksen ja tallennuksen. (Lindbom, 2010)

Tyypillinen prosessi paikkatietojen hakemiseksi WFS-rajapinnasta silloin, kun asiakassovellus ei tunne palvelun yksityiskohtia, koostuu kolmesta kyselystä:

- GetCapabilities
 - o Asiakassovellus kysyy palvelun metatietoja ja vastauksesta käyvät ilmi muun muassa palvelun tukemat kyselyoperaatiot ja tarjolla olevien kohdeluokkien nimet ja kattavuusalueet.
- DescribeFeatureType
 - o Asiakassovellus kysyy valitsemansa kohdeluokan tietomallin ja vastauksesta selviävät kysytyn kohdeluokan sisältämät ominaisuudet, niiden tietotyypit ja pakollisuus/toistuvuusmääreet.
- GetFeature
 - o Asiakassovellus muodostaa paikkatietokyselyn ja lähettää sen rajapintapalveluun. Rajapintapalvelu prosessoi kyselyn ja palauttaa vastauksen GML-muodossa. (JUHTA, 2013c)

WFS-kyselyt toteutetaan joko HTTP GET -, HTTP POST - tai SOAP-protokollan mukaisina viesteinä. HTTP GET –protokollan mukaiset kyselyt muodostuvat palvelimen URL-osoitteesta, johon asiakasovellus liittää kyselyn parametrit. HTTP POST –protokollan mukaan viesti lähetetään kohdeosoitteeseen XML tai SOAP -koodauksen mukaisessa muodossa ja SOAP-protokollan mukaiset kyselyt sijoitetaan XML-muodossa soap:Body-elementin sisään. (JUHTA, 2013c) SOAP (Simple Object Access Protocol) on XML-pohjainen protokolla verkkopalveluiden väliseen viestintään. Käytämällä SOAP-protokollaa palvelut voivat vaihtaa viestejä standardoitujen yleissopimusten avulla muuttaakseen palvelukomennon XML-viestiksi, välittääkseen viestin ja muuttaakseen XML-viestin takaisin palvelukomennoksi. (Alonso ym., 2004)

WFS-palvelun tulee olla saavutettavissa tietyistä URL-osoitteista, johon kyselyt lähetetään, mutta kullakin operaatiolla voi olla myös oma URL-osoitteensa. Asiakasovelluksen ja WFS-palvelun välisen kommunikaation suojaamiseen voidaan hyödyntää HTTPS-protokollaa. (JUHTA, 2013c)

2.2.4.3 Sensor Observation Service (SOS)

SOS on OGC:n standardi, joka määrittelee ohjelmallisen rajapinnan mittausantureiden hallintaan sekä mittausdatan hakemiseen ja toimii siten välittäjänä asiakkaan ja havaintoarkiston välillä. Se on yksi OGC:n määrittelemän Sensor Web Enablement –standardin (SWE) toiminnallisuuksista. SWE luo rajapintoja ja protokollia, jotka mahdollistavat ”mittausanturiverkot” (Sensor Webs), joiden kautta sovelluksilla ja palveluilla on mahdollista käyttää erityyppisten mittausantureiden havaintoja Internetin kautta. (Na & Priest, 2007)

SOS koostuu kolmesta kyselystä:

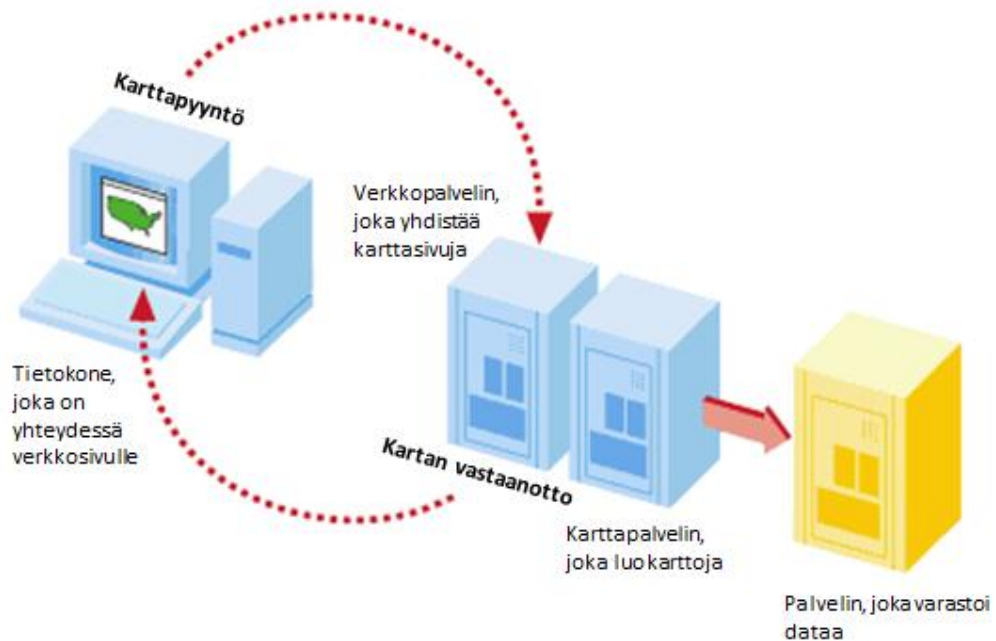
- GetCapabilities
 - o Operaation avulla asiakkaat voivat hakea palvelun metatietoja. Vastaus on XML-koodattu dokumentti, joka tarjoaa metatiedot tietyistä palvelusta sisältäen metatiedot palveluun kytkeytyvästä datasta.
- DescribeSensor
 - o Operaatio on suunniteltu mittausantureiden yksityiskohtaisen metadatan hakemiseen.
- GetObservation
 - o Operaatiolla päästään käsiksi mittausanturihavaintoihin. Se sallii asiakkaan suodattaa laajasta aineistosta vain haluamansa tietyt havainnot. (Na & Priest, 2007)

SOS:n päämääränä on tarjota mittausantureiden ja mittausanturijärjestelmien havaintojen käyttömahdollisuus standardoidulla tavalla, joka on yhteinen kaikille mittausanturisysteemeille. (Na & Priest, 2007)

2.2.5 Verkkopohjaisen karttasovelluksen käyttöliittymä

GPS:n saatavuus, laajakaistayhteys, massamuisti, kannettavat laitteet ja verkkoteknologian kehittyminen ovat nopeuttaneet paikkatiedon sisällyttämistä osaksi jokapäiväistä elämää ja laajentaneet digitaalisten karttojen saatavuuden laajalle yleisölle. Verko muutti tapaa, jolla ihmiset rakentavat ja käyttävät karttoja, ja nykyään on saatavilla satoja verkkokarttasovelluksia (Web-mapping application), jotka perustuvat erilaisiin arkkitehtuureihin ja tarjoavat erilaisia toiminnallisuuksia. Verkkokartat voidaan jakaa

karkeasti kahteen luokkaan: staattisiin ja vuorovaikutteisiin. Staattiset kartat esitetään verkkosivuilla pelkkinä kuvina, kun taas vuorovaikutteiset kartat tarjoavat käyttäjälle nimensä mukaisesti mahdollisuuden vuorovaikutukseen. Tämä voi tarkoittaa eri karttasojen valitsemista näkyviin tai kartan liikuttelua ja zoomausta. Vuorovaikutteiset verkkosivun kautta saatavissa olevat kartat, eli niin kutsutut verkkopohjaiset kartat, vaativat taustalleen tietoteknistä osaamista: kun käyttäjä pyytää verkkosivun kautta karttaa, lähettää verkkopalvelin viestin karttapalvelimelle, joka yhdistää tarvittavan datan, minkä jälkeen kartta kulkeutuu samaa kautta takaisin loppukäyttäjän selaimelle. (Mitchell, 2005; Skarlatidou, 2010) Kuvassa 8 on esitetty prosessi käyttäjän pyytämän kartan tuottamisesta.



Kuva 8 Prosessi käyttäjän pyytämän kartan tuottamisesta (Mitchell, 2005)

Verkkokarttojen suosio sekä teknologian nopea kehittyminen ovat johtaneet useiden avoimen lähdekoodin työkalujen kehittämiseen, joita voidaan käyttää verkkokarttojen luomiseen edullisesti ja ilman laajaa asiantuntemusta. Esimerkiksi OpenLayers ja GeoExt ovat ilmaisia avoimen lähdekoodin ohjelmistoja monipuolisten verkkopohjaisten karttakäyttöliittymien rakentamiseen. OpenLayers on JavaScript-kirjasto karttojen esittämiseen verkkoselaimilla. Se tarjoaa karttakomponentin sekä siihen liittyvän infrastruktuurin, kuten kartan muokkaustyökalut. GeoExt on JavaScript-kirjasto, joka mahdollistaa paikkatietojärjestelmäsovellusten rakentamisen verkon välityksellä. Se yhdistää OpenLayersin GIS-toiminnallisuudet ExtJS-kirjaston käyttöliittymäominaisuuksien kanssa. ExtJS on Senchan tarjoama JavaScript sovelluskehikko, joka tarjoaa valmiita komponentteja käyttöliittymien rakentamiseen. (OpenLayers, 2013; GeoExt2, 2013) OpenLayers ja GeoExt ovat täysin asiakaspuolen arkkitehtuurin toiminnallisuuksia ja riippumattomia palvelimesta. Ne muodostavat käyttöliittymäkerroksen, joka on vuorovaikutuksessa sovelluspalvelimen kanssa standardien verkkokoodien välityksellä http-protokollan yli.

Huomion kiinnittäminen sovelluksen käyttökokemukseen on välttämätöntä onnistuneiden paikkatietoteknologioiden suunnittelussa. Graafiset käyttöliittymät ovat syrjäyttäneet komentorivikäyttöliittymät monin paikoin, sillä niiden käyttö ei vaadi käyttäjältä syntaksien opettelua. Graafisessa käyttöliittymässä käyttäjää vaaditaan osoittamaan hii-

rellä objektien visuaalisia esitysmuotoja voidakseen suorittaa toimintoja nopeasti, ja tulokset ovat välittömästi näkyviä. Graafinen käyttöliittymä sallii käyttäjän myös toteuttaa ”tosielämän toimintoja” tehtävien suorittamiseen, kuten tarttua kansioon ja siirtää se uuteen paikkaan. Graafisten käyttöliittymien näppäryydestä huolimatta komentorivit ovat tehokkaita, tarkkoja ja nopeita muun muassa maantieteellisten aineistojen käsitteelyyn ja esimerkiksi MapInfo-sovelluksessa käyttäjän on tunnettava SQL-kieltä (Structured Query Language) voidakseen tehdä kehittyneitä kyselyitä. (Wardlaw, 2010)

Wardlaw (2010) mukaan yksi toimivan käyttöliittymän tärkeimmistä ominaisuuksista on johdonmukaisuus. Samankaltaisten tilanteiden toiminnoilla tulisi olla johdonmukaiset järjestykset, terminologian tulisi olla identtistä ja värien, fonttien ja tyylien johdonmukaisia. Paikkatieto-ohjelmistoissa on myös yleisiä tapoja, joita voi käyttää lähtökohdista sovelluksen suunnittelussa: esimerkiksi valintaruutuja (check box) käytetään nykyään paljon näytettävien karttatasojen valintaan.

Palautteella on Wardlaw (2010) mukaan myös tärkeä merkitys paikkatieto-ohjelmissa, sillä se kertoo käyttäjälle mitä ohjelmisto on tehnyt. Paikkatieto-ohjelmistoihin ei ole yhtä helppo toteuttaa kumous-toimintoa kuin tekstinmuokkaussovelluksiin, joten käyttäjän tekemät toiminnot saattavat muuttaa aineistoa pysyvästi. Tällöin on ensiarvoisen tärkeää tietää, mitä ohjelmisto on tehnyt. Palaute voi myös olla ohjelmiston arvioima aika monimutkaisten kommentojen toteuttamiseen. Kun pitkään kestäneet prosessit, esimerkiksi tiedoston muuntaminen, on suoritettu loppuun, tarvitaan ilmoitus asiasta. Lisäksi käyttäjät tarvitsevat palautteen toiminnon aloituskäskyn jälkeen, jotta he tietävät, että jotain tapahtuu.

Käyttöliittymästä tulisi tehdä niin yksinkertainen, ettei käyttäjä tarvitse laajoja ohjekirjoja käyttääkseen sitä. Tukimateriaalin määrä indikoi kuinka paljon käyttäjän oletetaan muistavan voidakseen käyttää ohjelman osaa: mitä suurempi määrä ohjeita, sitä enemmän käyttäjän oletetaan muistavan. Yleisimmistä ohjelmalla toteutettavista toiminnoista täytyy tehdä helppoja ja helposti saavutettavia. Toimintojen perumisesta täytyy myös tehdä helppoa ja ilmoittaa käyttäjälle, mitkä muutokset jäävät pysyviksi. Kumonappula rohkaisee käyttäjää kokeilemaan erilaisia toimintoja. (Wardlaw, 2010) Käyttäjäkeskeisen suunnittelun soveltaminen auttaa hahmottamaan käyttäjien tarpeet ja tekemään käyttäjille tärkeistä toiminnoista tarpeeksi yksinkertaisia.

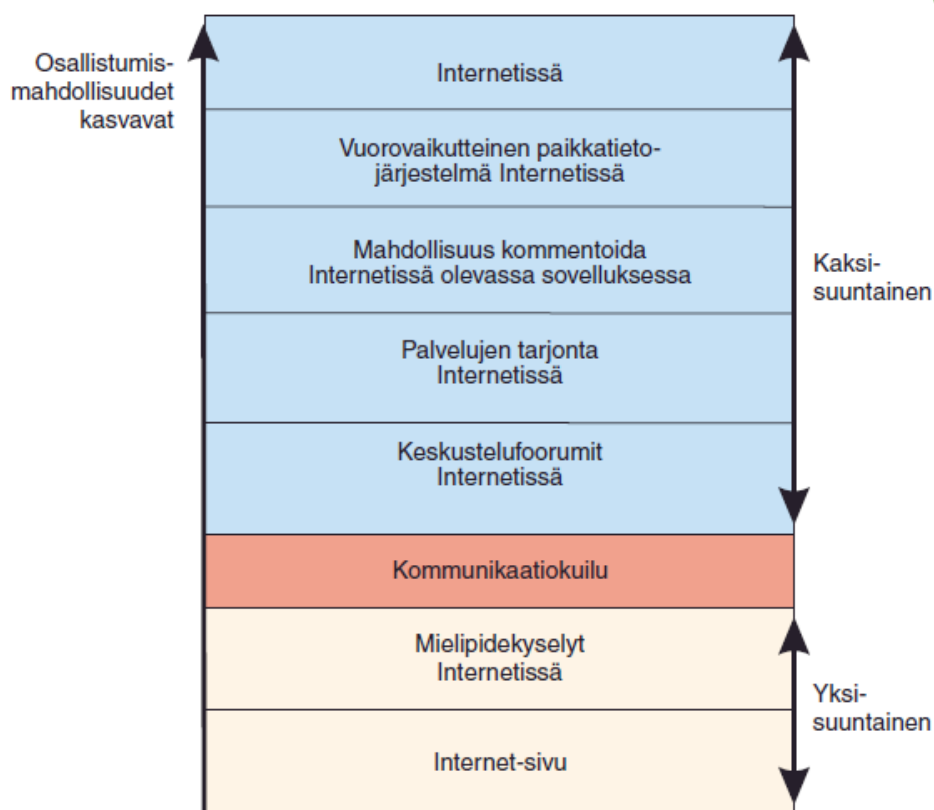
2.3 Vuorovaikutteisuus

2.3.1 Vuorovaikutus ja osallistuminen tietokonepohjaisen teknologian avulla

Nykypäivänä vuorovaikutus ja osallistuminen ovat tärkeässä osassa päätöksenteossa, etenkin kun kyse on laajaa ihmisjoukkoa koskevista asioista (Sotarauta, 1996). Vuorovaikutteisissa suunnitteluprosesseissa korostuu osallistujien mielipiteiden huomioiminen ja niistä keskusteleminen. Vuorovaikutus on siis kaksisuuntainen prosessi, jossa kumpikin osapuoli esittää näkemyksensä ja tulee kuulluksi. (Staffans, 2004) Ympäristökysymyksissä ratkaisujen tekemiseen tarvittava tieto ja taito ovat usein jakautuneet monille eri tahoille, eikä yksittäisellä toimijalla ole tietoa tai kykyä ratkaista yhä monimutkaisempia ongelmia. Päätöksenteko ja suunnittelu eivät ole enää erillisiä prosesseja, vaan valtaa on hajautettu ja päätöksenteko tehdään yhä useammin siellä missä toimintakin on. Tällöin kommunikaation merkitys hajautuneen ja muuttuvan järjestelmän koossapitäjänä korostuu. (Sotarauta, 1996)

Teknologia-avusteinen kommunikointi käyttää teknologiaa, usein tietokonepohjaista, informaation käsittelyyn ja jakeluun sekä sallii yleensä käyttäjän tehdä kyselyitä ja saada informaatiota kyseessä olevasta aiheesta. Teknologia-avusteisen kommunikoinnin etuna on, että se pystyy jakamaan valtavan määrän informaatiota, jota kukin käyttäjä voi jalostaa omiin tarpeisiinsa sopivaksi. Vuorovaikutteisuutta tukevia teknologiapohjaisia sovelluksia ovat esimerkiksi sähköposti, jaetut tietokannat, sosiaalinen media, verkkosivut jne. (Lundgren & McMakin, 2009)

Osallistuminen on pitkäaikaista tai lyhytaikaista reagoitua tietyn tavoitteen saavuttamiseksi. (Fagerholm, 2006) Vuorovaikutus ja osallistuminen liittyvät toisiinsa kiinteästi, sillä osallistumista ei voida toteuttaa ilman jonkinlaista vuorovaikutusta. Tietoyhteiskunnan kehittyessä Internet-ympäristön tarjoamat osallistumistavat ovat lisääntyneet. Osallistuminen voi olla eritasoista riippuen siitä, millaista vuorovaikutusta tavoitellaan. Osallistumisen tasot kuvastavat sitä, kuinka paljon osalliset voivat vaikuttaa prosessiin ja sen tuloksiin. Kuvassa 9 on esitetty sähköisen osallistumisen tikapuumalli. Kukin taso sisältää aina alemmat tasot. Alimmilla tasoilla vuorovaikutus on yksisuuntaista ja korkeammilla tasoilla kaksisuuntaista ja kansalaislähtöistä. (Mikkola, 2008)



Kuva 9 Sähköisen vuorovaikutusprosessin osallistumisen tikapuut (Mikkola, 2008; Kingston, 2002)

Nykyinen perinteinen suunnitteluprosessi ei kykene yhdistämään viranomaisten virallista tietoa ja paikallisten toimijoiden tuottamaa paikallistietoa. (Staffans, 2004) Internetin käytön lisääntyminen ja paikkatietojärjestelmien kehittyminen ovat viime vuosina tarjonneet uuden pohjan paikkatiedon luomiselle ja jakamiselle. Kansalaisten elinympäristöään kohtaan osoittaman kiinnostuksen kasvaessa kasvaa myös tarve pehmeän tiedon sisällyttämiseksi paikkatietopalveluihin perinteisen kovan tiedon lisäksi. Kovalla tiedolla tarkoitetaan neutraalia tietoa kuten koordinaatteja ja pehmeällä tiedolla taas arvoja ja

asenteita, jotka eivät perinteisessä suunnittelussa tule useinkaan ilmi siten, että preferensseistä voitaisiin aidosti keskustella. (Mikkola, 2008)

Internetissä toimiviin paikkatietopalveluihin voidaan kerätä pehmeää tietoa kansalaisia osallistavien työkalujen avulla. Työkalu voi mahdollistaa omien havaintojen merkitsemisen kartalle tai kommenttien ja mielipiteiden kirjoittamisen. Kun esimerkiksi vesistö-kunnostussuunnitelmat esitetään kartalla, on kansalaisten helpompi hahmottaa nimenomaan heitä koskevat suunnitelmat. Lisäksi Internetissä toimivan palvelun avulla voidaan helposti kerätä tietoa suurelta joukolta ihmisiä juuri silloin kun heille sopii, sijainnista riippumatta.

2.3.2 Vuorovaikutteinen paikkatietojärjestelmä

Paikkatietojärjestelmällä (Geographic Information System, GIS) tarkoitetaan järjestelmää, jonka avulla voidaan tallentaa, hallita, analysoida tai esittää paikkatietoa (Sanastokeskus TSK ry, 2011). Menetelmää, jossa ryhmä ihmisiä käyttää paikkatietoteknologioita vuorovaikutteisesti, kutsutaan englanninkielisellä termillä collaborative GIS, jonka vapaa suomenkielinen käännös on vuorovaikutteinen paikkatietojärjestelmä. (Mikkola, 2008)

Internetissä toimivien vuorovaikutteisten paikkatietojärjestelmien yhtenä päätavoitteena on auttaa suunnittelijoita, poliitikkoja ja kansalaisia eri taustoista saavuttamaan yhteisymmärrys suunnittelu- ja kehitysprosesseissa tarjoamalla siihen soveltuvia työkaluja (Kingston, 2002). Paikkatietojärjestelmä pyrkii yhdistämään ihmiset, spatiaalisen tiedon ja spatiaaliset teknologiat kollektiivista päätöksentekoa ja ongelmanratkaisua varten. Vuorovaikutteinen paikkatietojärjestelmä voi tarkoittaa vuorovaikutteisuuksaltaan erilaisia järjestelmätyyppejä, joista käytetään englanninkielisiä termejä multi-user GIS, collaborative Spatial Decision Support Systems (SDSS) sekä Participatory GIS (PGIS) tai Public Participatory GIS (PPGIS), jotka tarkoittavat lähes samaa asiaa. (Haklay, 2010) Suomessa kahdesta viimeisestä käytetään yleensä termejä osallistuva ja vuorovaikutteinen paikkatietojärjestelmä (Mikkola, 2008).

Silloin kun monen käyttäjän täytyy yhtä aikaa tarkastella ja käyttää maantieteellistä informaatiota osana ongelmanratkaisua, käytetään termiä multi-user GIS. Multi-user GIS:ä käytettäessä eri käyttäjien tehtävät ovat selvät eikä monimutkaisia algoritmeja tai aineistoja tarvita. Monet vuorovaikutteiseen työskentelyyn liittyvät seikat voidaan automatisoida ja hallinnoida GIS-ohjelmistolla. (Haklay, 2010)

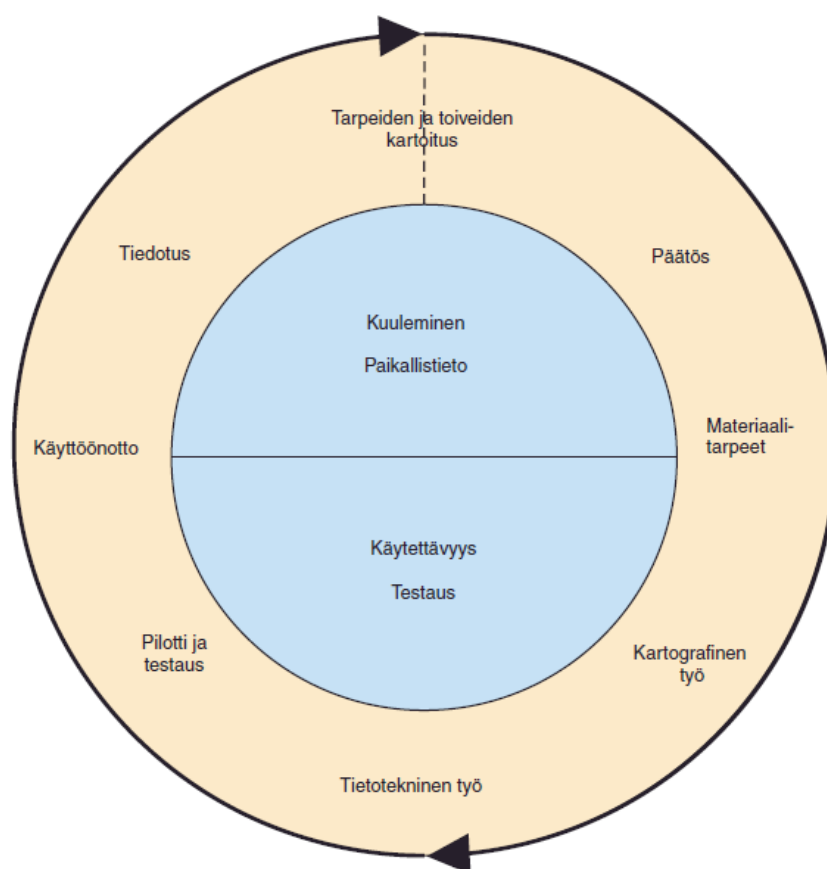
Collaborative Spatial Decision Support Systems (SDSS) on kyseessä silloin, kun päätöksentekoon osallistuvien ihmisten on ratkaistava monimutkaisia usean vaihtoehdon maantieteellisiä ongelmia ja keskusteltava mahdollisista ratkaisuista keskenään. (Haklay, 2010) SDSS eroaa pelkästä paikkatietojärjestelmästä (GIS) esimerkiksi siten, että se tarjoaa päätöksentekoympäristön, joka mahdollistaa joustavat paikkatietoanalyysit, sallii monimutkaisten spatiaalisten suhteiden ja rakenteiden esittämisen sekä paikkatiedon syöttämisen ohjelmaan (Densham, 1991). Lisäksi ongelman ratkaisuun saatetaan käyttää erityisiä tietokonealgoritmeja laskemaan eri vaihtoehtoja ja arvioimaan ratkaisuja. (Haklay, 2010)

Termiä Participatory GIS tai Public Participatory GIS käytetään, kun maantieteellisistä ongelmista keskustelea laajin mahdollinen joukko ihmisiä. Usein kyseessä on päätöksentekoprosessi, joka vaikuttaa suureen joukkoon ihmisiä ja heitä halutaan konsultoida

asiaan liittyen. (Haklay, 2010) Termien PGIS ja PPGIS ero voidaan tehdä esimerkiksi siten, että PGIS on työkalu ja PPGIS on suunnittelukonteksti. PGIS voi tarkoittaa esimerkiksi paikkatietojärjestelmän toteuttamista siten, että toteuttamiseen osallistuu ihmisiä yksinkertaisimmillaan datan keruun muodossa. PPGIS taas viittaa enemmän maantieteellisen informaation sovelluksiin ja käyttöön, johon osallistuvat eri tahot tehtäessä päätöksiä heitä koskevista asioista. (McCall, 2004) Esimerkki PGIS:n käytöstä voi olla muutosten teko liikennejärjestelmään, jolloin on tarvetta konsultoida monia ihmisiä laajalla alueella ja kaikkien osallistuminen kokouksiin tiettyssä paikassa tiettyyn aikaan on hankalaa (Haklay, 2010).

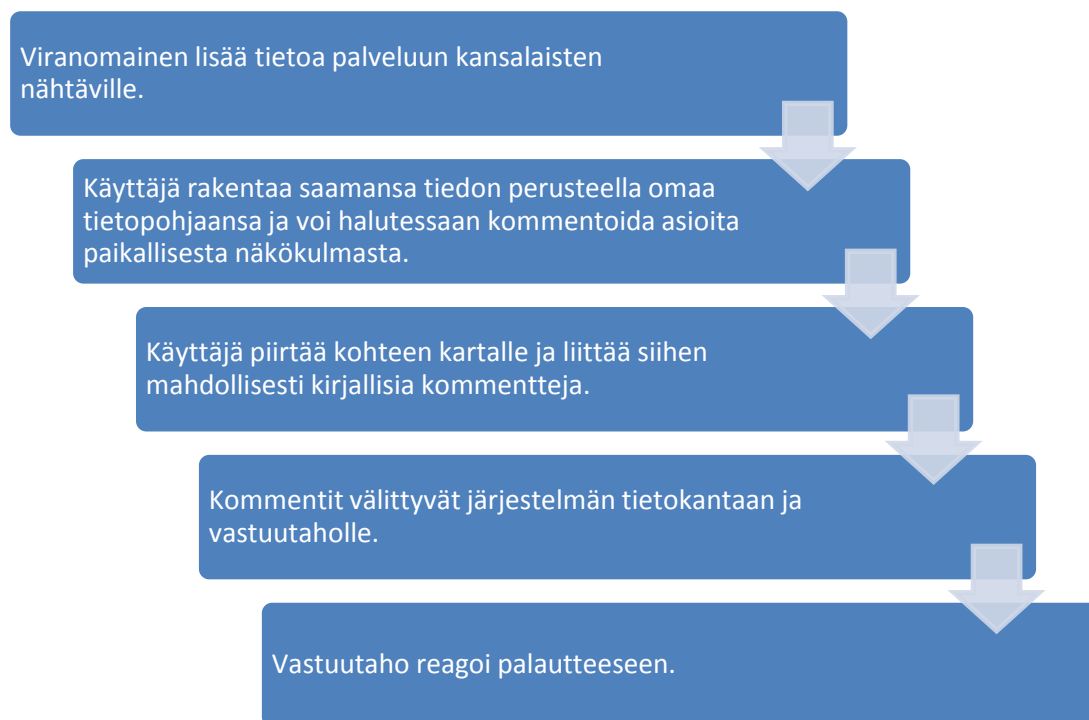
PGIS:iin liittyy muutamia suunnitteluongelmia. Ensinnäkin, monet osallistujat käyttävät sovellusta vain muutamia kertoja, joten käyttöliittymän tulisi olla helposti sisäistettävissä. Toiseksi, tietokonevälitteinen kommunikaatio tukee vuorovaikutteisuutta eri käyttäjien välillä ilman, että he tuntevat toisiaan, jolloin väärinymmärrysten riski kasvaa. Kommunikointivaikeudet puolestaan aiheuttavat sen, että datan ei-toivotut muutokset digitaalisissa prosesseissa lisääntyvät. (Haklay, 2010)

Vuorovaikutteisuuden tulisi jakautua paikkatietojärjestelmässä kahteen osaan: järjestelmän rakentamiseen sekä sen käyttöön. Järjestelmä tulisi rakentaa vuorovaikutuksessa sitä käyttävien tahojen kanssa ja järjestelmän tulisi tukea vuorovaikutteista suunnittelua. Molemmille osille on oleellista jatkuva yhteistyö ja tiedonvälitys eri sidosryhmien välillä. Kuvassa 10 on esitetty vuorovaikutteisen karttapalvelun rakentamisprosessi. (Mikkola, 2008)



Kuva 10 Vuorovaikutteisen karttapalvelun rakentamisprosessi. Keskiympyrässä ovat paikallistasoon kohdistuvat toimenpiteet tai prosessit ja ulkoympyrässä on projektin eteneminen. (Mikkola, 2008)

Vuorovaikuteisuus karttapalvelun käytössä voi toimia viranomaisen ja paikallistahon välillä esimerkiksi kuvan 11 mukaan.



Kuva 11 Viranomaisen ja paikallistahon välinen vuorovaikutusprosessi (Mikkola, 2008)

Tällainen vuorovaikutusprosessi on osa palvelun rakennetta. Se on viranomaisten ja paikallisten välinen metodiikka, joka sitoo eri puolet yhteen. (Mikkola, 2008)

Kingston ym. (2000) nostavat esiin joitakin asioita, joita vuorovaikutteisen paikkatietojärjestelmän tulisi sisältää. Internet-pohjaisen vuorovaikutteisen paikkatietojärjestelmän tulee tarjota kaikille yhteiskunnan sektoreille yhtäläinen pääsy dataan ja informaatioon. Lisäksi sillä pitäisi olla kyky lisätä yhteisön vaikutusmahdollisuuksia tarjoamalla dataa ja informaatiota, jotka vastaavat osallistuvan yhteisön tarpeita. Vuorovaikutteisen paikkatietojärjestelmän täytyy myös luoda ja säilyttää korkea luottamustaso sekä läpinäkyvyys julkisella kentällä antaakseen prosessille legitimitetin sekä vastuullisuutta.

2.3.3 Käyttäjäkeskeinen suunnittelu

Perusajatus käyttäjäkeskeisessä suunnittelussa on asettaa käyttäjä lähtökohdaksi kehitysprosessissa. Tämä tarkoittaa, että kehitettäessä uutta ohjelmistoa tai sovellusta, tulee suunnittelijoiden keskittyä siihen, kuka sovellusta käyttää ja mihin tarkoitukseen. (Haklay & Nivala, 2010) Käyttäjäkeskeinen suunnittelu pyrkii optimoimaan suunniteltavan ohjelman sen mukaan, miten tulevat käyttäjät voivat, haluavat ja miten heidän tarvitsee työskennellä, mieluummin kuin pakottamaan käyttäjät muuttamaan työskentelytapojaan sopeutuakseen ohjelman käyttöön. (Kruijff, 2008)

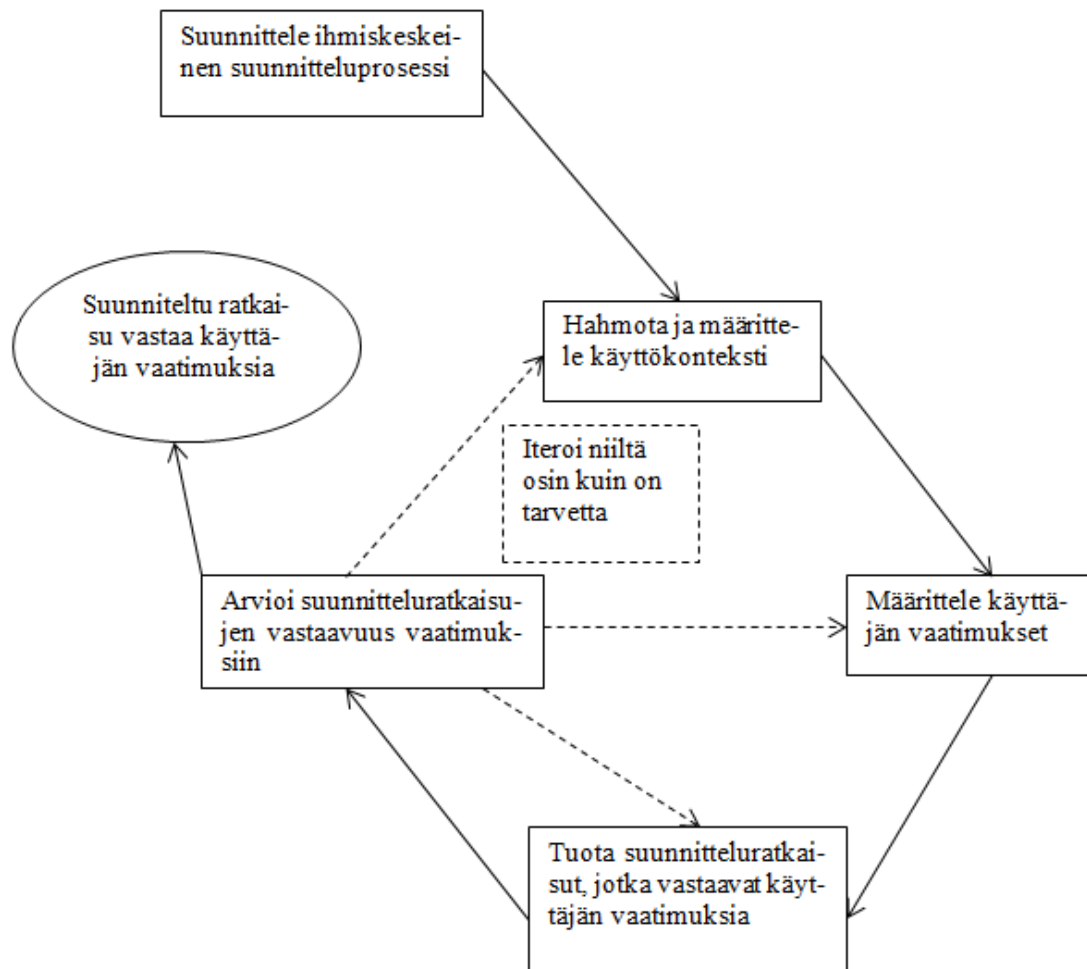
Käyttäjäkeskeistä suunnittelua käsitellään standardissa SFS-EN ISO 9241-210:2010 (Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia. Osa 210: Vuorovaikutteisten järjestelmien käyttäjäkeskeinen suunnittelu), joka kumoaa ja korvaa aiemman aiheita käsitelleen standardin SFS-EN ISO 13407:1999. Uudessa standardissa käytetään termin *käyttäjäkeskeinen suunnittelu* (user-centered design) sijaan termiä *ihmiskeskeinen suunnittelu* (human-centered design). Tällä halutaan korostaa, että standardi käsittää vaiku-

tukset myös laajaan joukkoon sidosryhmiä, ei pelkästään niihin ihmisiin, joita tyypillisesti ajatellaan käyttäjiksi.

Standardin mukaan ihmiskeskeisen lähestymistavan tulisi seurata seuraavia periaatteita:

- Suunnittelu perustuu selkeään ymmärrykseen käyttäjistä, tehtävistä ja ympäristöistä
- Käyttäjät ovat osallisia läpi koko suunnittelu- ja kehitysprosessin
- Suunnittelua ohjaa ja jalostaa käyttäjäkeskeinen arviointi
- Prosessi on iteratiivinen
- Suunnittelu kattaa koko käyttöprosessin
- Suunnitteluryhmä omaa monitieteelliset taidot ja näkökulman

Kuvassa 12 on esitetty ihmiskeskeisen suunnitteluprosessin eteneminen standardin mukaan.



Kuva 12 Ihmiskeskeisen suunnitteluprosessin eteneminen (SFS-EN ISO 9241-210, 2010)

Käyttäjät, työtehtävät sekä teknillinen ja fyysinen ympäristö määrittelevät kontekstin, jossa järjestelmää käytetään. Olemassa olevien vastaavien järjestelmien tarkastelu voi auttaa hahmottamaan laajan kirjon kontekstiin liittyviä asioita ja paljastaa tarpeita ja ongelmia, jotka muuten olisi sivuutettu. Kontekstikuvauksen tulisi sisältää käyttäjät ja viranomaisryhmät, käyttäjäryhmien ominaispiirteet, käyttäjien tehtävät ja päämäärät,

sekä järjestelmän ympäristön sisältäen teknisen ympäristön sekä fyysisen, sosiaalisen ja kulttuurisen ympäristön ominaispiirteet.

Useimmissa suunnitteluprosesseissa käyttäjien tarpeiden tunnistaminen ja toiminnallisten tai muiden vaatimusten määrittely tuotteelle tai systeemille on avainasemassa. Ihmiskeskeisessä suunnittelussa on tavoitteena muodostaa yksiselitteinen lausunto käyttäjän vaatimuksista suhteessa kontekstiin sekä systeemin liiketoiminnallisiin tavoitteisiin.

Suunnitteluratkaisuilla on suuri vaikutus käyttäjän kokemuksiin. Ihmiskeskeisessä suunnittelussa pyritään saavuttamaan hyvä käyttökokemus huomioimalla se läpi koko suunnitteluprosessin. Suunnitteluratkaisujen tuottaminen pitää sisällään käyttöliittymän ja käyttäjä-järjestelmä-vuorovaikutuksen suunnittelun vastaamaan käyttäjän vaatimuksia, suunnitteluratkaisujen havainnollistamisen konkreettisesti esimerkiksi prototyyppien avulla, suunnitteluratkaisujen muuttamisen käyttäjiltä saadun arvioinnin ja palautteen mukaan sekä suunnitteluratkaisujen välittämisen täytäntöönpanosta vastaaville.

Käyttäjien näkökulmaan pohjautuva arviointi on välttämätöntä ihmiskeskeisessä suunnittelussa. Suunnittelukonseptit tulisi arvioida jo aivan projektin alussa, jotta voidaan saavuttaa parempi ymmärrys käyttäjien tarpeista. Arvioiminen loppukäyttäjillä ei kuitenkaan ole kaikissa projektin vaiheissa käytännöllistä tai kustannustehokasta, jolloin suunnitteluratkaisuja voidaan arvioida esimerkiksi mallinnuksella tai simuloinneilla. Käyttäjakeskeistä arviointia voidaan käyttää keräämään uutta tietoa käyttäjien tarpeista, suunnitteluratkaisujen vahvuuksien ja heikkouksien tunnistamiseen käyttäjänäkökulmasta, arvioimaan onko käyttäjien tarpeet saavutettu sekä vertailemaan eri suunnitteluratkaisuja. (SFS-EN ISO 9241-210, 2010)

Kun suunnitteluratkaisujen vastaavuus käyttäjien vaatimuksiin on arvioitu, sovellus joko vastaa käyttäjien vaatimuksia tai sitten ei. Jälkimmäisessä tapauksessa siirrytään iteratiiviseen lähestymistapaan ja suunnitteluprosessi toistetaan niin monta kertaa, kunnes ratkaisuun ollaan tyytyväisiä.

Käyttäjakeskeisen suunnittelun periaatteiden soveltamisesta paikkatietoteknologioiden kehittämisessä on joitakin esimerkkejä kirjallisuudessa, mutta niiden soveltaminen ei toistaiseksi ole ollut pääperiaatteena näiden suunnittelussa. Ongelma on, että paikkatietojärjestelmien kehittäjät keskittyvät toiminnallisuuteen, standardeihin ja moniin muihin teknisiin seikkoihin käyttäjien sijaan. (Haklay & Nivala, 2010)

Yksi esimerkki paikkatietoteknologian kehittämisestä käyttäjakeskeisen suunnittelun periaatteiden mukaan on vuosina 2001-2004 Nivalan, Sarjakosken ja Sarjakosken toteuttama projekti Geospatial Info-Mobility Service by Real-Time Data-Integration and Generalization (GiMoDig), jonka päämääränä oli kehittää keinoja maantieteellisen tiedon jakamiseen reaaliajassa kohteenaan mobiilikäyttäjät. Projektissa luotiin saumaton tiedonsiirron infrastruktuuri, jolla tarjotaan yhteisen rajapinnan kautta pääsy kansallisen maanmittauslaitoksen ylläpitämään geo-tietokantaan. Käytännön tulos oli toimiva prototyyppi mobiilikarttapalvelusta. (Nivala ym., 2005)

Projektissa lähdettiin liikkeelle tunnistamalla käyttäjäryhmät ja määrittämällä käyttäjäryhmien vaatimukset ja käytettävyystavotteet. Tämän jälkeen siirryttiin suunnitteluvaiheeseen, jossa kehitettiin ohjelmiston prototyyppi. Suunnitteluvaiheen jälkeen jatkui käyttäjakeskeisen suunnittelun mallin mukainen iteratiivinen lähestymistapa, jossa tes-

tattiin ja arvioitiin, täyttääkö malli käyttäjien vaatimukset sekä käytettävyyden tavoitteet. Arvioinnin jälkeen mallia korjattiin palautteen mukaan. (Nivala ym., 2005)

2.3.4 Sosiaalinen media

Sosiaalinen media on tietokonepohjaisen teknologian laaja osa-alue, joka on käyttäjien hallinnoima. Se mahdollistaa käyttäjien verkostoitumisen Internetissä sekä informaation ja kommenttien jakamisen helppokäyttöisillä työkaluilla. Wikit ja blogit ovat esimerkkejä sosiaalisen median foorumeista, jotka tarjoavat useita tapoja informaation ja mielipiteiden jakamiseen vuorovaikutteisesti. (Lundgren & McMakin, 2009)

Wikit ovat täysin käyttäjiensä muokattavissa olevia verkkosivustoja: kuka tahansa voi lukea niiden sisältöä ja muokata, lisätä tai poistaa sitä. (Augar ym., 2004) Ensisijainen syy wikien luomiseen on tarjota sen käyttäjille mahdollisuus yhteistyöhön. (Zeeshan ym., 2011) Vuorovaikutteisuus ja muutosten tekemisen helppous tekevät wikistä tehokkaan yhteisöllisen kirjoittamisen työkalun. (Wikipedia, 2013)

Wiki-malli voidaan määritellä kolmen olennaisen ominaisuuden avulla. Ensimmäinen ominaisuus on mahdollisuus tarkastella ja arvioida sisältöä jälkeinpäin ja tehdä muutoksia siihen. Tämän lisäksi kaikilla lukijoilla tulee olla mahdollisuus muokata ja julkaista tekstiä täysin vapaasti ja sisällön tulee olla kokonaisuudessaan muokattavissa sekä muutosten oltava helposti kumottavia. Priedhorsky ja Terveen kutsuvat tätä termillä *maksimaalisesti avoin muokkaus* (*maximally open editing*). Kolmas tärkeä ominaisuus wiki-malleissa on läpinäkyvyys. Lukijoiden on nähtävä helposti miten wikiä on muokattu ja kuka sitä on muokannut. Tämä voi toimia wikissä esimerkiksi viimeaikaiset muutokset –listan kautta. (Priedhorsky & Terveen, 2011)

Maksimaalisesti avoin muokkaus ei kuitenkaan nykypäivän wikeissä ole aina tarkoituksenmukaista ja uusi kehityssuunta onkin muokkausoikeuksien rajoittaminen. Oikeuksien rajoittamisen suhteen ei riitä, että määritellään käyttäjät ryhmiin jotka saavat muokata wikiä tai eivät saa, vaan tärkeää on voida luoda eri käyttöoikeuksia wikin eri sivuille. (Priedhorsky & Terveen, 2011)

Wikejä käytetään laajasti sekä verkossa että työpaikoilla. Tunnettu esimerkki verkossa toimivasta wikistä on Wikipedia ja työpaikalla voi olla käytössä esimerkiksi MediaWiki, joka on wiki-sivustojen tekemiseen tarkoitettu ilmainen vapaan lähdekoodin ohjelma. (Orlandi & Passant, 2010)

Wikien lisäksi blogit ovat tehokas keino vuorovaikutteiseen informaation jakamiseen. Blogi on yksinkertaisesti määriteltynä verkkosivu, johon lisätään päivättyjä merkintöjä (Kemppainen, 2007). Blogeille on yhteistä kirjaaminen käänteisessä aikajärjestyksessä, säännölliset merkinnät, linkit aiheeseen liittyviin dokumentteihin ja blogeihin, arkistointi sekä oman äänen saaminen kuuluviin. Bloggaajat kirjoittavat heille tärkeistä asioista ja kirjoittajia yhdessä blogissa voi olla yksi tai monta. (Gill, 2004) Usein lukijoilla on myös mahdollisuus kommentoida blogissa julkaistuja tekstejä.

Blogoja on hyödynnetty myös jonkin verran vesiensuojeluhankkeista tiedotettaessa. *Yhteisillä vesillä* –blogi toimii Yhteisillä vesillä –projektin tiedotuskanavana. Yhteisillä vesillä –hanketta hallinnoi Pyhäjärvi-instituutti ja se tarjoaa keinon olemassa olevan vesistötiedon kokoamiseen, julkaisemiseen ja välittämiseen. Blogissa on julkaistu muun muassa hankkeen taustaa ja tavoitteita sekä ilmoituksia työpajoista ja seminaareista.

Blogissa on lisäksi linkit valtakunnalliseen vesistökunnostusverkostoon sekä Järviwiikiin. Kuvassa 13 on kuva blogin verkkosivulta.



Kuva 13 Yhteisillä vesillä –blogi (<http://yhteisillavesilla.blogspot.fi/>)

Sosiaalisen median avulla saadaan tietoa helposti kansalaisten ulottuville. Etenkin valmiilla työkaluilla ja sovelluksilla, kuten blogi-palveluiden tarjoamilla sivustopohjilla ja facebookilla, voidaan melko vähällä vaivalla tuoda ympäristötieto kansalaisten näkyville ja saada ymmärrys ja kiinnostus vesienhoitoa kohtaan kasvamaan.

2.4 Vesienhoito paikkatiedon ja vuorovaikutteisuuden näkökulmasta

2.4.1 Vesienhoito ja vesivarojen hallinta

Vesienhoito on Mäkinen (2005) mukaan kaikkea sitä toimintaa, jolla vesien tilaa pyritään ylläpitämään. Vesienhoidon järjestämiseksi säädetyin lain mukaan vesienhoidon tavoitteena on suojella, parantaa ja ennallistaa vesiä niin, ettei pintavesien ja pohjavesien tila heikkene ja että niiden tila on vähintään hyvä (30.12.2004/1299). Vesienhoidon tavoitteena koko EU:ssa on saavuttaa pinta- ja pohjavesien vähintään hyvä tila vuoteen 2015 mennessä (Ympäristöministeriö, 2013). Vesienhoidon järjestämistä varten on muodostettu vesienhoitoalueet, joilla on omat vesienhoitosuunnitelmansa ja toimenpiteohjelmansa tavoitteiden saavuttamiseksi (Suomen kuntaliitto, 2011).

Vesienhoito kattaa myös vesien käyttöintressien yhdenmukaisen tarkastelun, eli siihen kuuluvat vesiluonnon suojelun ja kunnostuksen lisäksi kestävä vesivarojen pitkän ajan suojeleminen perustuva vedenkäytön edistäminen sekä tulvien ehkäisy siltä osin kuin nämä liittyvät vesien laatuun ja käyttökelpoisuuteen. Vesienhoidolla voidaan ehkäistä kunnostustarpeen syntymistä ja varmistaa, että kunnostuksella kohennettu veden tila säilyy jatkossakin. Vesistön tilaan vaikuttavat sen valuma-alueella tapahtuvat prosessit, joten

vesienhoidossa on kiinnitettävä huomiota kokonaisvaltaiseen valuma-aluekohtaiseen lähestymistapaan. (Mäkinen, 2005)

Vesivarojen hallinnasta puhuttaessa voidaan Graftonin ja Husseyn (2011) mukaan nostaa esiin kolme keskeistä teemaa. Ensimmäinen on päätöksentekoa tukeva vankka tukijärjestelmä. Tällä ei tarkoiteta vain dataa ja mallinnusta, vaan myös keskeisten sidosryhmien osallistumista suunnitteluprosesseihin. Toinen teema on valmiuksien kehittäminen: vesivarojen hallinnan ja ympäristösuunnittelun tehtävien parissa toimivat henkilöt tarvitsevat riittävän määrän tietoa veden kaikilta osa-alueilta. Vesivarojen suunnitteluun ja hallintaan liittyvä koulutus on tässä avainasemassa. Koulutuksen tulee heidän mukaansa olla kokonaisvaltaista ottaen huomioon veden merkityksen elinehtona, sosiaalisen verkoston säilyttäjänä sekä kansantalouden ohjaajana. Kolmas teema on vahvojen, omistautuneiden institutionaalisten järjestelyiden luominen vesivarojen keskitettyyn hallintaan. Tämä tarkoittaa, että vesivarojen hallinta tapahtuisi paikallisesti esimerkiksi kullakin valuma-alueella erikseen.

Vesivarojen hallinta pitää sisällään paljon muutakin kuin pelkkää veden hallintaa. Termi *yhdennetty vesivarojen hallinta* (IWRM, Integrated Water Resources Management) perustuu ajatukseen, että veden eri käyttömuodot ovat kytköksissä toisiinsa ja vesi ja sen hallinta linkittyvät läheisesti ympäristöön ja valuma-alueen maankäyttöön. Keskinen (2007) mukaan vesivarojen kehittämiseen ja hallintaan liittyvän päätöksenteon tulisi olla mahdollisimman kokonaisvaltaista ja ottaa huomioon kaikki keskeiset veden käyttömuodot niin yhteiskunnallisten ja sosiaalisten kysymysten kuin taloudenkin kannalta.

Vesienhoitoon ja vesivarojen hallintaan liittyvät osa-alueet on lueteltu alla Graftonin ja Husseyn (2011) esittämän pohjalta:

- **Hydrologia**

Hydrologia on tiede, joka käsittää veden ominaisuudet, esiintymisen, kiertokulun, siihen liittyvät ilmiöt sekä vuorovaikutuksen muun ympäristön kanssa. Hydrologia käsittää siten esimerkiksi vedenlaadun mittaukset sekä valuma-alueetarkastelut.

- **Laki ja asetukset**

Suomessa on voimassa vesilaki (27.5.2011/587), jossa säädetään veden käytöstä. Vesienhoidon järjestämisestä säädetään laissa 30.12.2004/1299 (Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä). Lain tarkoituksena on, että ”vesienhoidon järjestämisessä otetaan huomioon vesien laadun lisäksi vesien riittävyys, vesien kestävä käyttö, vesipalvelut ja niiden taloudellinen selvitys, tulvariskien hallinta, vesien virkistyskäyttö, vesien välityksellä leviävät taudit sekä vesiekosysteemien suojeleminen ja vesiekosysteemeihin suoraan yhteydessä olevien maaekosysteemien ja kosteikkojen suojeleminen”. Vesienhoitosuunnitelmaan sisällytettävistä selvityksistä, vesien tilan arvioimisesta ja seurannasta sekä vesienhoitosuunnitelman laatimisesta säädetään tarkemmin Valtioneuvoston asetuksessa vesienhoidon järjestämisestä (30.11.2006/1040). Vesien suojeleminen kuuluu puolestaan ympäristönsuojelulain piiriin ja vesihuoltolaissa (9.2.2001/119) säädetään vesihuollon järjestämisestä ja vesihuoltolaitoksista.

- **Riskit ja epävarmuus**

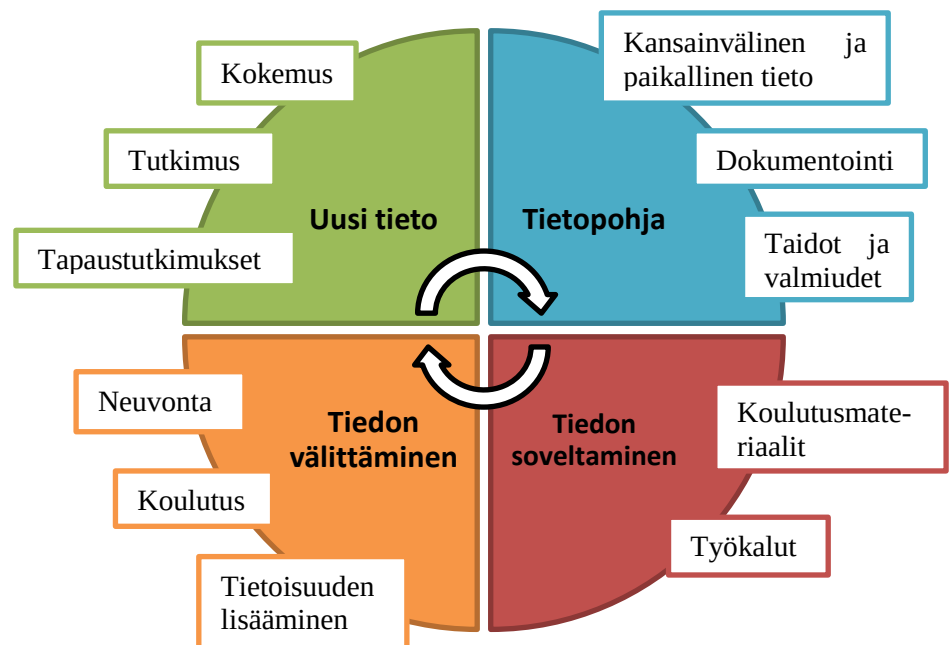
Vesivarojen hallintaan ja vesienhoitoon liittyvillä päätöksillä voi olla laajalle leviäviä ja kauaskantoisia vaikutuksia. Kaikkia taloudellisia, ekologisia ja sosiaalisia vaikutuksia on kuitenkin mahdotonta ennustaa tarkasti, etenkin vaikutusten voimakkuutta. Kun lista mahdollisista vaikutuksista tiedetään, mutta niiden tarkoista arvoista ei ole tietoa, pidetään näitä tapahtumia tai vaikutuksia epävarmoina. Epävarmuutta ja riskejä voidaan arvioida ja käsitellä eri menetelmillä, myös matemaattisesti, ja käyttää apuna päätöksenteossa. (Loucks, 2011)

○ **Yhteistyö eri tahojen kesken**

Perinteisesti vesivarojen hallintaa ja vesienhoitoa ovat ohjanneet viranomaislähtöinen ja teknologiapohjainen päätöksenteko ja suunnittelu. Nykyään sidosryhmät otetaan kuitenkin yhä useammin mukaan suunnittelu- ja päätöksentekoprosessiin. Sidosryhmien huomioiminen voi tapahtua eri tasoilla: tiedottamalla, konsultoimalla, sekä yhteistyöllä. Tekemällä yhteistyötä eri tahojen kesken voidaan saavuttaa kestävämpiä ratkaisuja, joilla on takanaan vankka tuki ja oikeutus. (Loux, 2011)

○ **Tiedonhallinta**

Tiedonhallinta on avainasemassa tiedon määrän lisääntyessä kovaa vauhtia. Tietoa kerätään paljon, mutta sen hyödyntäminen jää usein heikoksi. Ongelmia saattaa olla myös uuden tiedon päätyemisessä sitä tarvitseville tahoille. Kunnollisella tiedon hallinnalla voidaan lisätä organisaatioiden valmiustasoa. (Mukailtu Leendertse & Taylor, 2011) Kuvassa 14 on esitetty tiedonhallinnan elinkaari.

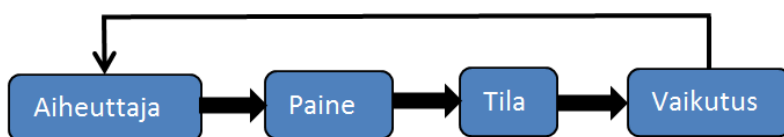


Kuva 14 Tiedonhallinnan elinkaari (Leendertse & Taylor, 2011)

Tietopohja rakentuu pääsystä kansainvälisiin ja paikallisiin aineistoihin, dokumentteihin nykyisestä tiedosta sekä instituutioiden ja yksilöiden taidoista ja valmiuksista kehittää tietopohjaansa. Tiedon soveltaminen tarkoittaa informaation, materiaalien ja strategioiden soveltamista vastaamaan tiettyjen kohderyhmien tarpeita. Tiedon välittämisen tulisi sisältää

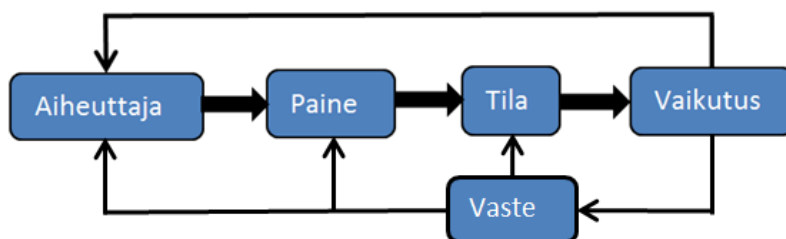
informaation levityksen, koulutuksen sekä neuvontatuen. Prosessin edessä luodaan uutta tietoa. Tieto tulisi dokumentoida ja saattaa jaettavaan muotoon. Käytännön kokemukset ovat erityisen arvokas uuden tiedon lähde. (Leendertse & Taylor, 2011)

Vesivaroihin ja vesienhoitoon liittyvässä päätöksenteossa voidaan hyödyntää DPSIR-kehikkoa, joka muodostuu sanoista Drivers, Pressures, State, Impact ja Response. Näistä termeistä käytetään tässä suomenkielisiä nimiä aiheuttaja, paineet, tila, vaikutus ja vaste. United States Environmental Protection Agency (EPA) on laatinut yleiskatsauksen DPSIR-kehikkoon ja sen käyttöön. EPA:n (2013) mukaan aiheuttajat ovat sosiaalisia, väestörakenteellisia ja ekonomisia kehityksiä yhteiskunnassa sekä niitä vastaavia muutoksia elämäntyyliissä, kulutuksessa sekä tuotannossa. Yleensä aiheuttajat määritellään sosioekonomisiksi vyöhykkeiksi, jotka täyttävät ihmisten tarpeet ruoasta, vedestä, turvallisuudesta, terveydestä, suojasta ja kulttuurista. Aiheuttajat ilmenevät ihmistoiminnan kautta ja ne voivat tuottaa paineita ympäristöön. Esimerkkejä tällaisesta ihmistoiminnasta ovat maankäytön muutokset, kulutus, ainepäästöt ja fyysiset vahingot suoran kontaktin kautta. Yhteiskunnan tuottamat paineet voivat johtaa ekosysteemin tilan muutoksiin, jotka ovat yleensä ei-toivottuja ja negatiivisia. Tila on ekosysteemin elottomien ja elollisten komponenttien tila tietyllä alueella fysikaalisten, kemiallisten tai biologisten muuttujien suhteen. Ekosysteemin laadun ja toiminnan muutoksilla on vaikutus ihmisten hyvinvointiin ekosysteemipalveluiden tarjonnan kautta. Ekosysteemin prosessit hyödyttävät ihmisiä esimerkiksi ruoan, veden ja puun tuotannon kautta. Kuvassa 15 on esitetty aiheuttajan, paineen, tilan ja vaikutuksen väliset yhteydet.



Kuva 15 DPSI (EPA, 2013)

Vasteet ovat ryhmien tai yksilöiden toteuttamia toimenpiteitä, joilla pyritään ehkäisemään tai kompensoimaan ympäristön tilan muutosta, sopeutumaan siihen tai kohentamaan ympäristön tilaa. Toimenpiteitä voivat olla esimerkiksi aiheuttajien tai paineiden kontrollointi, suora toiminta ympäristön tilan säilyttämiseksi tai palauttamiseksi tai tarkoituksellinen mitääntekemättömyys. Kuvassa 16 on esitetty vaste DPSIR-kehikossa.



Kuva 16 DPSIR (EPA, 2013)

DPSIR-kehikolla on monia etuja, jotka ovat johtaneet sen laajaan käyttöön:

- Läpinäkyvyys ja selkeys: Termit ovat selkeitä niin tutkijoille kuin sidosryhmillekin.
- Ihmisen ja ympäristön väliset monimutkaiset suhteet voidaan esittää yksinkertaistettuina, mikä lisää tutkijoiden ja sidosryhmien välistä vuorovaikutusta.
- Sallii yhteyksien, vuorovaikutusten ja käsitteiden tarkastelun erikseen säilyttäen yhteyden laajempaan kokonaisuuteen.
- Ihmiskeskeisyys tekee siitä houkuttelevan päätöksentekijöille ja yleisölle.
- Tuo esiin syy-seuraus-suhteet eri tekijöiden välillä.

DPSIR-kehikkoa voidaan soveltaa esimerkiksi indikaattorien määrittämiseen, yhteenvedon tekemiseen, mallien kehikoksi sekä tulosten vertailuun. Myös tämän työn luvussa 2.1.1 esitetyt neljä ympäristön seurannan osa-aluetta muotoutuvat DPSIR-kehikon ympärille.

2.4.2 Paikkatieto ja vuorovaikutteisuus vesienhoidossa

Vesivaroihin ja ympäristöön liittyvä tieto on luonnostaan maantieteellistä. Vesivarojen hallinta vaatiikin hyvän ymmärryksen maantieteellisestä tilasta ja siihen liittyvästä paikkatiedosta, kuten vesistöistä, valuma-alueista, maanpeitteestä, maankäytöstä, sadannasta, lämpötilasta, maaperästä, ihmistoiminnasta jne. Hyvä tapa hallita kaikkia näitä osa-alueita ja suurta tietomäärää on staattista ja dynaamista tietoa sisältävä tietokanta, jossa tieto on linkitetty vastaaviin maantieteellisiin kohteisiin. Lisäksi tarvitaan työkalut datan käsittelyyn ja mahdollisesti käyttöliittymä datan hallintaan ja mallinnukseen. (Hatzopoulos, 2002)

Paikkatietoteknologioilla on monia sovelluksia vesivarojen tutkimuksessa. Valuma-alueitutkimuksissa selvitetään usein valuma-aluejako, viemäriverkostojen sijainti, maastonmuodot sekä veden virtausreitit. Näiden toteuttaminen paperilla tai ilmakuvien avulla on virheille altista sekä aikaa vievää. Paikkatietojärjestelmä tarjoaa suoraviivaisen tavan tuottaa tarvittua tietoa, luoda karttoja sekä suorittaa analyysyjä. Paikkatietojärjestelmä sallii myös eri tietolähteiden, kuten historiallisten karttojen ja ilmakuvien, yhdistämisen. (Lyon, 2003)

Vuorovaikutus on tärkeässä osassa vesienhoidon suunnitteluprosesseissa, ja Marttusen ym. (2008) mukaan vesivarojen käytön ja hoidon suunnittelu onkin aiempaa monimutkaisempaa, sillä yhteiskunta on muuttunut moniarvoisemmaksi ja ihmisten tietoisuus sekä aktiivinen osallistuminen yhteiskunnalliseen päätöksentekoon on lisääntynyt. Vuorovaikutusmenettelyiden ja verkostoitumisen lisääntymisen myötä suunnitteluun osallistuvat usein monen tason toimijat ja eturyhmät niin julkiselta sektorilta, liike-elämästä kuin vapaaehtoistoiminnasta.

Vesistöjen tehokkaaseen suojelu- ja kunnostustyöhön tarvitaan kaikkien tahojen yhteistyötä. Vesistöihin liittyvä toiminta ja toimijat ovat kuitenkin tällä hetkellä hyvin hajallaan ja vuorovaikutuksen puute on esteenä tehokkaalle yhteistyölle. Viranomaisilla ei ole riittävästi resursseja kansalaisten neuvontaan ja käytännön opastukseen, eivätkä kansalaiset saa tarvitsemaansa opastusta vesienhoitoon. Järven kanssa lähikosketuksissa olevat ranta-asukkaat, kalastajat ym. huomaavat muutokset veden laadussa käytännön

tasolla ja heiltä löytyisi halua ja voimia toimia järven parhaaksi, mutta tieto sopivista toimenpiteistä puuttuu. Kehitettävää löytyy myös tiedon jakamisessa asiantuntijoiden kesken. Vesitutkimus on keskittynyttä eikä tieto tutkimustuloksista välttämättä kulkeudu tiedon tarvitsijoille. (Ryömä, 2013)

2.5 Vesienhoitoon liittyvien sovellusten esittely ja analysointi

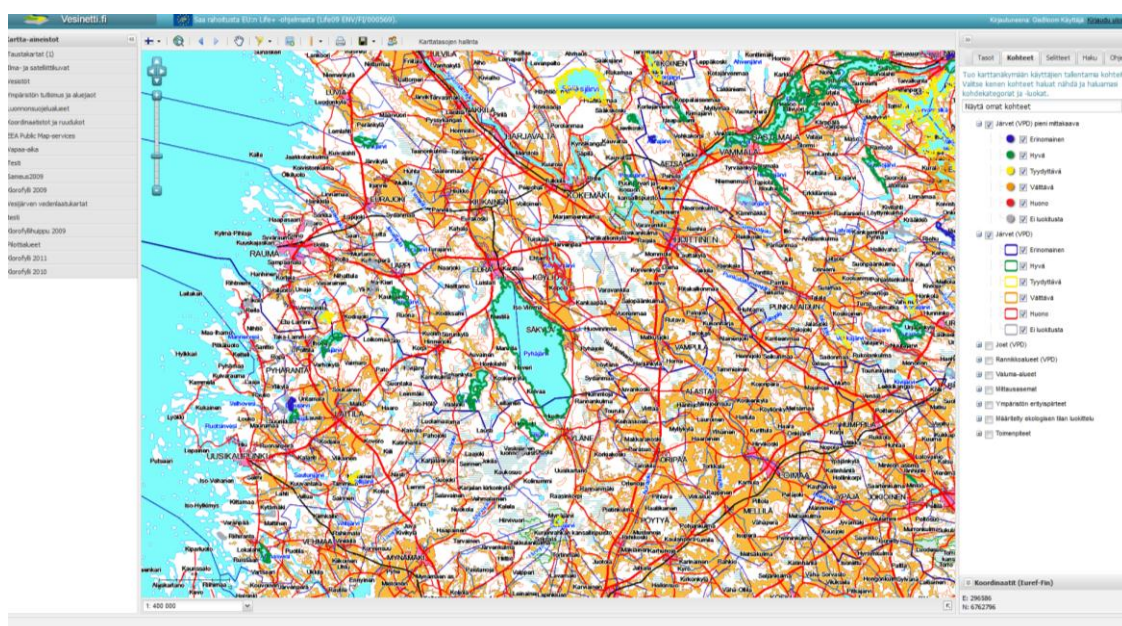
2.5.1 Vesinetti

Syksyllä 2013 päättyneessä GisBloom-hankkeessa kehitettiin malleja, joiden avulla tutkitaan ja seurataan Suomen järvien ja jokien ravinnekuormitusta, ennustetaan maatalouden muutosten ja ilmastomuutoksen vaikutusta vedenlaatuun sekä tehdään lyhyen jakson kuormitusennusteita. Hankkeessa toteutettiin vuorovaikutteinen Internet-pohjainen kartta-alusta Vesinetti, joka on tarkoitettu hankkeen tulosten tarkasteluun. Vesinetissä on monipuolinen karttakäyttöliittymä, jonka välityksellä voi jakaa yksittäiseen vesimuodostumaan liittyviä seurantatietoja, ennusteita, arviointituloksia ja hoitosuunnitelmia. Suomen ympäristökeskuksen (2013c) mukaan Vesinetti-verkkopalvelu on suunnattu vesistöjen tilan seurannan ja mallinnuksen ammattilaisille. (Suomen ympäristökeskus, 2013a)

Vesinetti tukee vuorovaikutusta vesienhoidossa, sillä se on järviä, jokia ja rannikkoalueita koskevan seuranta- ja tutkimustiedon vaihtopaikka viranomaisten ja vesienhoidon toimintaverkoston välillä. Siihen tallennetuista tiedoista voi luoda html-muotoisia sivuja, joiden linkin voi jakaa eteenpäin, ja näin aiheeseen perehtyvät maallikotkin voivat hyötyä siitä. (Suomen ympäristökeskus, 2013a)

Vesinetti löytyy Internetistä osoitteesta www.vesinetti.fi. Etusivun mukaan Vesinetti on kaikille Suomen vesien tilasta kiinnostuneille ihmisille suunniteltu karttapalvelu. Vesinetin käyttö vaatii kirjautumisen, mutta suurinta osaa sisällöstä on mahdollista selata vierailija-tunnuksilla. Toimintojen käyttö, kuten tiedostojen tallentaminen tai mallilaskelmien tekeminen, vaatii oman käyttäjätunnuksen.

Kuvassa 17 on Vesinetin ensimmäinen näkymä kirjautumisen jälkeen, kun kartalta on haettu Pyhäjärvi.



Kuva 17 Vesinetin näkymä (www.vesineti.fi)

Vesinetin käyttöliittymä on hyvin samantapainen kuin karttasovellusten yleensä. Näytettävät karttatasot voi valita näkyviin vasemman paneelin ”checkboxeista” ja karttaa voi liikutella ja tarkentaa joko hiirellä tai siihen tarkoitetuilla työkaluilla. Kartan oikealla puolella olevasta paneelista löytyvät valitut tasot sekä tietoja niistä, mahdollisuus valita kohteita kartalle, kartan selitteet, haku sekä ohjeet. Eri karttatasojen valinta, muokkaus ja tulkinta onnistuu Vesinetillä ilman laajempaa perehtymistä sovellukseen, jos käyttäjä on aikaisemmin käyttänyt paikkatietosovelluksia.

Vesinetistä on mahdollista saada näkyviin yhdellä kertaa kaikki tiedot johonkin järveen liittyen. Tämä on mahdollista klikkaamalla hiirellä järveä kartalla. Säkylän Pyhäjärvestä löytyvät järven perustiedot, tiedostoja klorofyllihavainnoista, kaukokartoitusaineistoja, näkösyvyyskarttoja sekä Järviwikiin tiedot. Avautuvasta ikkunasta on myös mahdollista hakea tietoa eri tietolähteistä, kuten OIVasta. OIVA on asiantuntijoille tarkoitettu ympäristö- ja paikkatietopalvelu, joka tarjoaa ympäristöhallinnon tietojärjestelmiin tallennettua tietoa vesivaroista, pintavesien tilasta, pohjavesistä, eliölajeista, ympäristön kuormituksesta ja alueiden käytöstä sekä ympäristöön liittyviä paikkatietoaineistoja. Tietoja ei tosin saa suoraan näkyviin Vesinetistä, vaan sovellukseen avautuu OIVAn etusivu.

Jos Vesinettiin kirjautuu omilla tunnuksilla, voi sinne muun muassa tallentaa omia karttanäkymiä, merkitä kohteita, tuoda järveen liittyviä aineistoja sekä suorittaa mallilaskelmia. Internetissä toimiva laaja karttasovellus saattaa kuitenkin kärsiä hitaudesta ja pitkistä viiveistä tietojen lataamisessa. Täyden hyödyn saaminen palvelusta vaatii myös perehtymisen sen eri ominaisuuksiin sekä aikaa ja kärsivällisyyttä opetella käyttämään sovellusta niin hyvin, että sen käytöstä tulee rutiinia.

2.5.2 Järviwiki

Järviwiki on Suomen ympäristökeskuksen perustama Suomen järvien verkkopalvelu, jota rakennetaan ja julkaistaan käyttäjien yhteistyöllä. Järviwikissä on perustiedot kaikista Suomen yli yhden hehtaarin kokoisista järvistä ja sen tavoitteena on jakaa tietoa Suomen järvistä, edistää vesiensuojelua sekä lisätä kiinnostusta vesistöjä kohtaan. Ensimmäinen versio Järviwikistä julkaistiin maaliskuussa 2011. Kuvassa 18 on esitetty Järviwikiin etusivu.

JÄRVIWIKI

JÄRVIWIKI ON SUOMEN JÄRVIEN OMA VERKKOPALVELU

Katso mitä kaikkea täältä löytyy sinun järvestäsi

JA TÄYDENNÄ OMILLA TIEDOILLASI JA KOKEMUKSILLASI

Kirjaudu sisään tai luo tunnus

etsi järven nimeä

Suomi Svenska English

Sivu Keskustelu Lähdekoodi Historia

Tervetuloa Järviwikiin – Suomen järvien ja merialueiden omaan verkkopalveluun

Järviwiki on verkkopalvelu, jota rakennetaan ja julkaistaan viranomaisten ja kansalaisten yhteistyöllä. Järviwikistä löytyy perustiedot kaikista yli 1 hehtaarin kokoisista järvistämme sekä valmiit työkalut, joilla käyttäjät voivat jakaa mm. valokuvia ja havaintoja. [Lue lisää >](#)

Järviwikiin yhteyteen kehitetään parhaillaan myös meriwikiä, jossa huomion saavat rannikkomme ja saaristomme vesialueet. Järviwikiin voi jo nyt lisätä havaintoja myös merialueilta. [Osallistu meriwikiin suunnitteluun >](#)

Pintaveden lämpötila

Levätilanne

Tykkää Järviwikiä

Järviwiki

Järviwiki

Sinilevähavainnot pysyneet vähäisinä.

Syke >

Valtakunnallinen leväkatsaus 18.7.2013:

Sinilevien määrä pysynyt vähäisenä syke.fi

Sinilevähavainnot ovat olleet vähäisiä Suomen merialueilla. Myös järvillä sinilevähavainnot

Facebook social plugin

Uusimmat keskustelut

Käyttäjän kuva

Tiesitkö?

Mikä Lehmijärveä vaivaa?

Ilkka aloitti uuden ketjun sivulla

Mallasvesi (35.711.1.001)/Valtakunnallisen leväseurannan havaintopakka (Pakamanta)

Suomen järvet ovat aika matalia. Syvin niistä on Päijänne (yhd.).

Kuva 18 Järviwikiin etusivu (<http://www.jarviwiki.fi/wiki/Etusivu>)

Järviwikiin sivuilla on tietyt viranomaisten tietojärjestelmistä kopioidut perustiedot, joita ei saa muuttaa. Muuten sisältö on pääosin kenen tahansa muokattavissa. Järviwikissä on omat sivunsa järvien lisäksi järven nimelle, vesistöalueelle, maakunnalle, kunnalle, ELY-keskukselle ja vesienhoitoalueelle. Sivujen luomiseen ja muokkaamiseen osallistuminen edellyttää käyttäjätunnuksen rekisteröimistä ja sisäänkirjautumista. Järviwikiin voi esimerkiksi täydentää koti- tai mökkijärven tietoja sekä jakaa havaintoja, valokuvia ja videoita.

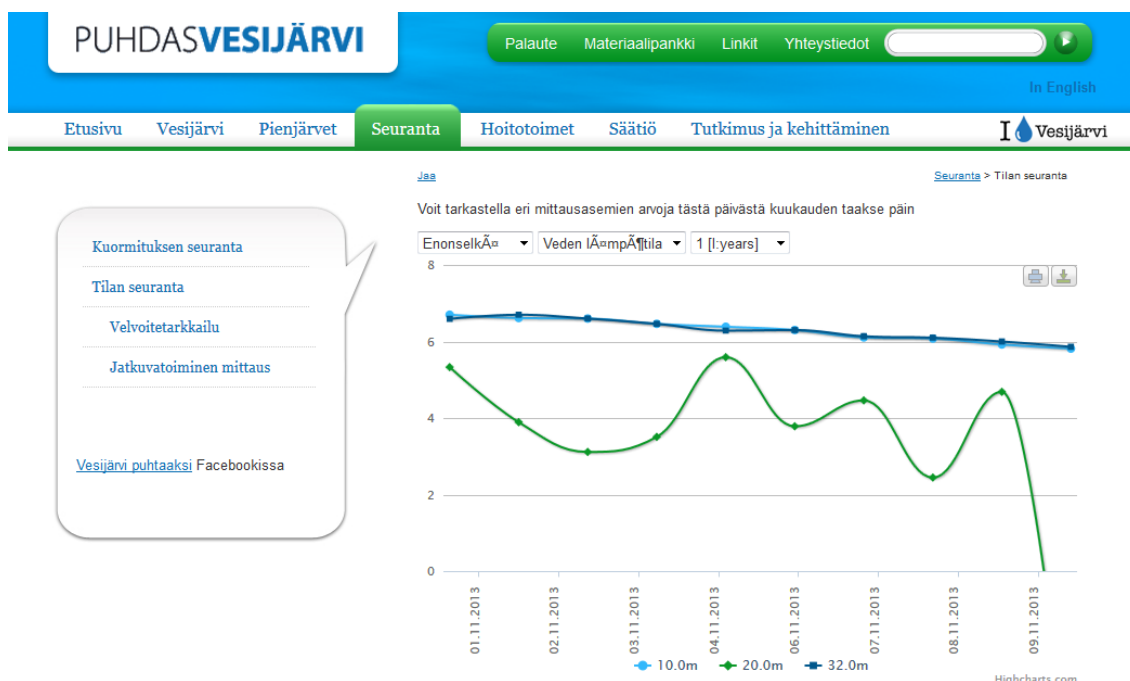
Järviwikistä voi hakea tietoa järveen liittyen järven nimellä. Kartta toimii apuna oikean järven löytämisessä sekä havaintojen ja valokuvien jakamisessa. Järviwiki onkin ehkä enemmän foorumi kuin karttapalvelu. Järven perustietojen lisäksi Järviwikiin päivitty

havaintotilanne esimerkiksi veden lämpötilasta tai leväkukinnoista. Järviwikistä on myös linkki järven vesistöennusteisiin, joita julkaisee Suomen ympäristökeskus.

Järviwikiin kohderyhmä ovat tavalliset kansalaiset, mutta asiantuntijat voivat käyttää sitä järveen liittyvän datan julkaisukanavana tavallisille kansalaisille tai katsoa, mitä havaintoja järven lähiasukkaat ovat Järviwikissä julkaisseet. Järviwiki tarjoaa kansalaisille hyvät mahdollisuudet vuorovaikutukseen ja havaintojen jakamiseen.

2.5.3 Järvien vedenlaatupalvelu

Järvien vedenlaatupalvelu on Lahden Vesijärvellä toteutettu Tekesin Vesi-ohjelman hanke, jossa kehitettiin yhteistoimintaa järvien seurannassa. Hankkeessa yhdistettiin eri tietolähteistä peräisin olevaa vedenlaatudataa yhteen tietokantaan ja luotiin XML-pohjainen yleinen rajapinta, jonka kautta voidaan hakea mittaustietokannasta sekä alkuperäistä numerotietoa (raakadataa) että siitä jalostettuja tuotteita. Mittaustietoa saatiin automaattisilta mittausasemilta jatkuvasti, joten tietokannasta luotiin jatkuvasti ja automaattisesti päivittyvä. Hankkeessa rakennettiin myös rajapintaa hyödyntävä käyttöliittymä vedenlaadun mittaustietoon, joka julkaistiin Puhdasvesijärvi.fi-sivustolla. Käyttöliittymä rakennettiin siten, että mittausasemia voidaan lisätä ja niiltä mitattavia vedenlaadun muuttujia lisätä tai poistaa tarvitsematta päivittää käyttöliittymää. (Kuitunen, 2012) Kuvassa 19 on esitetty vedenlaadun seurantatuloksien tarkastelunäkymä Puhdasvesijärvi.fi-sivustolla.

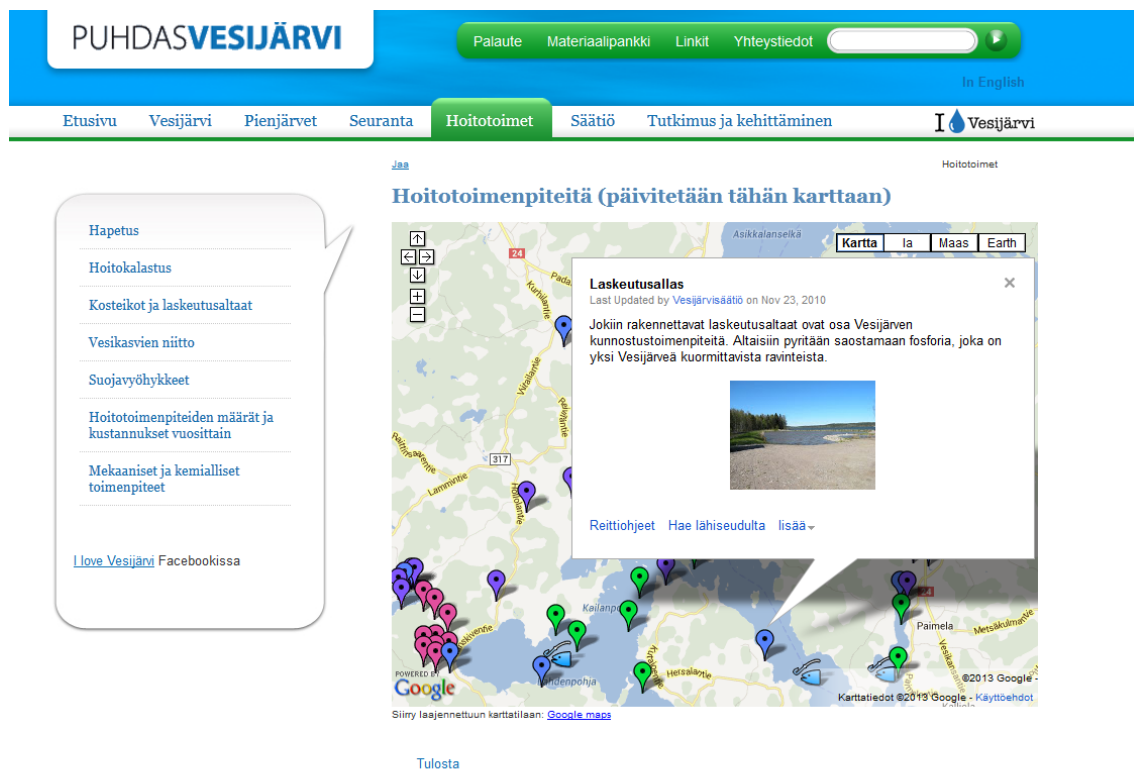


Kuva 19 JVP –hanke, vedenlaadun seuranta verkkosivulta (www.puhdasvesijarvi.fi)

Järvitiedon kokoaminen eri käyttäjäryhmiä hyödyttäväksi palveluksi edellyttää hankkeen loppuraportin (Anttila ym., 2012) mukaan käyttäjien tietotarpeiden tunnistamista. Hankkeessa sovellettiin käyttäjäkeskeisen suunnittelun periaatteita ympäristötietopalvelun toteuttamisessa, sillä palveluun kohdistuvia tietotarpeita kartoitettiin kyselytutkimuksella hankkeen alussa. Kyselytutkimuksen mukaan halutuin palvelumuoto oli Internet-pohjainen palvelu, josta järvitietoja voidaan tarkastella käyttöliittymän avulla ja

mieluiten pitkälle visualisoituna ja tulkittuna. Kyselytutkimuksen tuloksia voi soveltaa varmasti myös muille Suomen järville.

Puhdasvesijärvi.fi-sivustolla ovat nähtävissä myös järvellä toteutetut hoitotoimet. Eri toimenpiteet näkyvät kartalla ja klikkaamalla toimenpidettä saa siitä lisätietoja. Hoitotoimenpiteistä on tarjolla myös yleistä tietoa. Kuvassa 20 on esitetty hoitotoimenpiteiden näkyminen kartalla Puhdasvesijärvi.fi-sivustolla.



Kuva 20 Järven hoitotoimenpiteet verkkosivulla (www.puhdasvesijarvi.fi)

3 Case Säkylän Pyhäjärvi

3.1 Pyhäjärvi

3.1.1 Pyhäjärven ominaispiirteet

Pyhäjärvi sijaitsee Euran, Säkylän ja Yläneen kuntien alueella ja on Lounais-Suomen suurin järvi, pinta-alaltaan 154 km². Pyhäjärven valuma-alue on kooltaan 461 km², jos järveä ei lasketa mukaan, ja se voidaan jakaa kolmeen osaan: Pyhäjoen ja Yläneenjoen valuma-alueisiin, jotka muodostavat 70 % kokonaisvaluma-alueesta, sekä lähivaluma-alueeseen, joka kattaa jokien piiriin kuulumattoman valuma-alueen. Yläneenjoen valuma-alueella maaperä on savea, hiesua, moreenia ja turvetta ja Pyhäjoen valuma-alueella pääosin hiekkaa ja harjumuodostumia. Koko valuma-alueesta reilu puolet on metsää ja noin viidennes peltoa. (Mattila, 2001)

Kuvassa 21 on esitetty Pyhäjärven valuma-alueet. Kartta toteutettiin osana tätä diplomityötä ja sen toteutus käydään tarkemmin läpi kappaleessa 3.3.



Kuva 21 Pyhäjärven valuma-alueet

Pyhäjärvi on toiminut vuosikymmenten ajan tärkeänä kalastusalueena sekä juomaveden lähteenä paikallisille ihmisille. Nykyään järvellä on suuri merkitys vapaa-ajan toiminnalle, kaupalliselle kalastukselle sekä paikalliselle prosessiteollisuudelle. (Ventelä, 2013a) Pyhäjärven hyvä tila on tärkeä koko alueen elinvoimaisuudelle, sillä monien elinkeinojen harjoittaminen vaatii puhdasta vettä. Erityisesti maatalouden sekä elintarvike- ja paperiteollisuuden vedenlaatuvaatimukset ovat korkeat, ja lisäksi Pyhäjärven pintavedestä valmistetaan Eurassa tekopohjavettä. (Tarvainen & Ventelä, 2007)

Pyhäjärvi on otollinen rehevöitymiselle monesta syystä. Pyhäjärven valuma-alue on intensiivisesti viljeltyä ja valuma-alueilta kulkeutuvat aineet päätyvät suoraan Pyhäjärveen, koska alueella ei ole järviä tai lampia tasaamassa vedenlaatua tai toimimassa laskeutusaltaina. Pellot keskittyvät jokien varsille ja pintavalunta sekä tulvavedet huuhtovat ravinteita pelloilta vesistöön. Lisäksi veden viipymä on Pyhäjärvestä neljä vuotta, joten veden hidas vaihtuvuus ja järven vuorovaikutusprosessit edesauttavat rehevöitymistä. (Mattila, 2001)

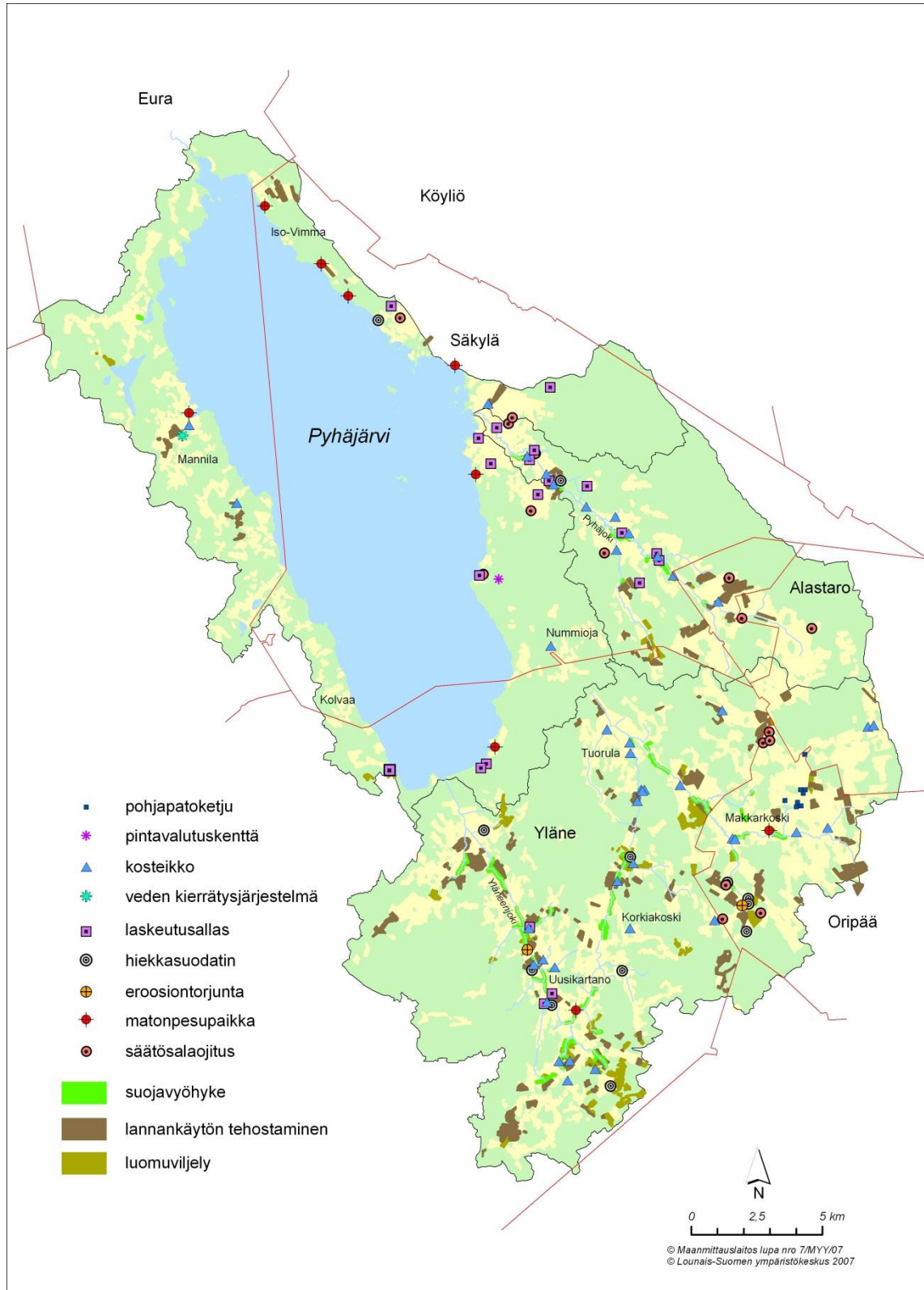
3.1.2 Pyhäjärvi järvikunnostuskohteena

Ihmisen toiminnan aiheuttama ravinnekuormitus kasvoi Pyhäjärvellä jo 1950-luvulla, mutta järvi kykeni puskuroimaan kuormituksen vaikutukset pitkään (Tarvainen & Ventelä, 2007). Rehevöitymistä havaittiin vasta 80-luvun loppupuolella seurantatietojen perusteella (Ventelä, 2013a). Suurin osa Pyhäjärveen kulkeutuvista ravinteista on peräisin valuma-alueelta, mutta myös ilman välityksellä pölyn ja sateiden mukanaan tuoma ravinnekuormitus on merkittävää. Valuma-alueelta vesistöön tuleva ravinnekuormitus on peräisin enimmäkseen maatalouden ja metsätalouden aiheuttamasta hajakuormituksesta ja lisäksi järveä kuormittavat haja- ja loma-asutuksen jätevedet (Tarvainen & Ventelä, 2007).

Laajan tutkimustoiminnan ja suojeluaktiivisuuden myötä Pyhäjärvellä on toteutettu paljon toimenpiteitä kuormituksen vähentämiseksi (Rinta, 2005). Vuonna 1989 perustettiin Pyhäjärvi-instituutti, jonka kärkihjelmaksi on Pyhäjärven suojelu. Alueen toimijat perustivat instituutin yhteyteen vuonna 1995 Pyhäjärven suojelurahaston turvatakseen tarvittavat Pyhäjärven suojelutoimet ja niiden tarvitseman rahoituksen. Rahoituksen ensimmäinen toimintakausi alkoi 1995 ja päättyi 1999, ja painopiste oli ulkoisen kuormituksen vähentämisessä pitkään jatkuneen liiallisen ravinnekuormituksen johdosta. (Pyhäjärvi-instituutti, 2013a; Tarvainen & Ventelä, 2007) Valuma-alueelle rakennettiin muun muassa kosteikkoja, laskeutusaltaita, suojavyöhykkeitä ja hiekkasuodattimia, ja ensimmäisen toimintakauden lopulla Pyhäjärveen tuleva fosforikuormitus olikin laskenut keskimäärin 20 % (Pyhäjärvi-instituutti, 2013a).

Toisella toimintakaudella 2000-2006 painopiste siirrettiin valuma-alueelta järveen ja tavoitteena oli Pyhäjärven sisäisen kuormituksen vähentäminen. Pyhäjärvellä aloitettiin mittava hoitokalastushanke, jonka aikana kalastajat poistivat Pyhäjärvestä kaupallisen kalansaaliin lisäksi 1,5 miljoonaa kiloa kalaa. Hoitokalastus lisäsi järvestä kalojen mukana poistuvan fosforin määrää 40 % ja vaikutti positiivisesti kalaston ja ravintoverkon rakenteeseen. (Pyhäjärvi-instituutti, 2013b) Toisella toimikaudella rakennettiin muutamia uusia vesiensuojelukohteita, mutta enemmän panostettiin ensimmäisen toimikauden kohteiden kunnostamiseen. Lisäksi ranta-alueita kehitettiin ja kunnostettiin virkistyskäyttöä ajatellen ja edellisellä toimikaudella aloitettujen kyläsuunnitelmien laadintaa jatkettiin yhteistyössä asukkaiden kanssa. (Tarvainen & Ventelä, 2007)

Toisen toimintakauden loppuraporttiin tehtiin yhteistyössä Varsinais-Suomen ELY-keskuksen kanssa kartta Pyhäjärven valuma-alueen vesiensuojelutoimista. Osalle toimenpiteistä oli mitattu koordinaatit ja osalle osoitettiin paikka kartalta käsin. Kartta on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22 Kartta Pyhäjärven valuma-alueen vesiensuojelutoimista (Tarvainen & Ventelä, 2007)

Pyhjärven suojelutyössä alkoi vuonna 2007 kolmas toimintakausi ja Pyhjärven suoje-
luohjelma vuosille 2007-2013. Tavoitteena ohjelmassa oli Pyhjärven hyvän tilan tur-
vaaminen muun muassa pienentämällä ulkoista ja sisäistä kuormitusta, toteuttamalla
suoja- ja kunnostustoimenpiteitä tarpeen mukaan sekä tiedottamalla, kouluttamalla ja
harjoittamalla tutkimusta. (Pyhäjärvi-instituutti, 2013c) Hoitokalastusta jatkettiin myös
kolmannella toimintakaudella ja valuma-alueella keskityttiin erityisesti toimenpiteiden
toimivuuden kartoittamiseen (Ventelä, 2013b).

3.1.3 Pyhjärven seuranta-aineistot

Pyhjärveltä on olemassa poikkeuksellisen paljon tutkimustuloksia ja seurantatietoja.
Vedenlaatua on seurattu kemiallisin ja fysikaalisin määrityksin vuodesta 1962 ja tietoja
kaloista, kasvillisuudesta, planktonista ja pohjaeläimistä löytyy 1900-luvun alkuvuosista
lähtien. Turun yliopiston tutkijat ovat yhteistyössä Lounais-Suomen vesiensuojeluyhdis-
tyksen, Lounais-Suomen ympäristökeskuksen ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitok-
sen kanssa keränneet 1980-luvun alusta lähtien pitkän ja monipuolisen seuranta-
aineiston Pyhjärven kasvi- ja eläinplanktonista, pohjaeläimistä ja kalastosta. Pitkä ai-
kasarja mahdollistaa järven tilan todellisten muutossuuntien erottamisen lyhytkestoista
satunnaisheilahteluista. (Kirkkala & Sarvala, 2001)

Pyhjärvellä toimii Suomen ympäristökeskuksen automaattinen järvimittauslautta, joka
mittaa Pyhjärven vedenlaatua ja säätilaa. Asemaa testataan yhtenä reaaliaikaisen ympä-
ristönseurannan pilottikohteena. Asemalla mitataan säätilan osalta tuulen suuntaa ja
nopeutta, ilmanpainetta ja -kosteutta sekä ilman lämpötilaa ja sadantaa, ja vedenlaadun
osalta veden lämpötilaa ja sameutta, nitraattityyppiä, klorofylliä ja sinileväpigmenttejä.
Järvimittauslautta on tarkoitettu ensisijaisesti ympäristönseurantaan ja tutkimuskäyt-
töön, mutta se palvelee myös esimerkiksi kesämökkiläisiä, veneilijöitä ja kalastajia.
(Suomen ympäristökeskus, 2013b) Mittaustietoja on mahdollista seurata Internetistä
Suomen ympäristökeskuksen sivuilta.

Pyhjärven pintaveden lämpötilaa sekä levätilannetta voi seurata Järviwikistä. Avoimen
paikkatiedon portaalista Lounaispaikasta (www.lounaispaikka.fi) on tällä hetkellä saa-
tavissa Pyhjärven linnustoselvitys vuodelta 2010, Pyhjärven linnustollisesti arvok-
kaimmat alueet sekä Pyhjärven uposkasvillisuuden peittävyys. Pyhjärven vedenkor-
keutta voi seurata ainakin ympäristötiedon hallintajärjestelmä Hertasta.

3.2 Ympäristötietojärjestelmän suunnittelu

3.2.1 Ihmiskeskeisen suunnittelun soveltaminen ympäristötieto- järjestelmän suunnittelussa

Pyhäjärvi-instituutille kehitettävän ympäristötietojärjestelmän suunnitteluun ja toteutuk-
seen sovelletaan ihmiskeskeistä suunnittelua, jonka perusteet on kuvattu kappaleessa
2.3.3. Ihmiskeskeinen suunnitteluprosessi lähtee liikkeelle käyttökontekstin hahmotta-
misesta ja määrittelystä. Kontekstilla tarkoitetaan käyttäjiä, työtehtäviä sekä teknillistä
ja fyysistä ympäristöä. Ympäristötietojärjestelmän suunnittelussa on oleellista selvittää,
ovatko käyttäjät asiantuntijoita vai tavallisia kansalaisia. Tämä vaikuttaa muun muassa
siihen, mitä tietoa tietokantaan kerätään, vaaditaanko järjestelmään tunnistautumista ja
mitä toiminnallisuuksia käyttöliittymään tarvitaan. Jos sovellus on tarkoitettu monipuoli-
sesti kaikille asiasta kiinnostuneille, kuten esimerkiksi Vesinetti, on tunnistautumis-
mahdollisuus tarpeen. Tällöin eri käyttäjäryhmille voidaan määritellä erilaiset toimin-

nallisuudet käyttöliittymään. Tavalliset kansalaiset saattavat käyttää sovellusta harvemmin, joten tällöin käyttöliittymän tulee olla nopeasti omaksuttavissa. Jos ympäristötietojärjestelmää suunnitellaan rajatulle asiantuntijaryhmälle, voidaan suunnittelussa keskittyä pelkästään heidän tarpeidensa huomioimiseen.

Kontekstin määrittelyn jälkeen määritellään käyttäjien vaatimukset. Kun kyseessä on hyvin rajattu käyttäjäryhmä, voidaan käyttäjien vaatimukset ja tarpeet selvittää helposti muutamalla haastattelulla. Olemassa olevien vastaavien järjestelmien tarkastelu voi auttaa hahmottamaan kontekstiin liittyviä asioita ja paljastaa tarpeita ja ongelmia, jotka muuten olisi sivuutettu. Ympäristötietojärjestelmän tulevia käyttäjiä voi myös pyytää arvioimaan vastaavia tietojärjestelmiä sekä kertomaan niistä kokemuksiaan ja mielipiteitään.

Käyttäjien ja heidän vaatimustensa kartoittamisen jälkeen suunnitellaan ympäristötietojärjestelmän komponentit, eli esimerkiksi tietokanta ja karttasovellus, ja tarkistetaan käyttäjiltä suunnitelmien vastaavuus tarpeisiin. Kun suunnitelmat ovat kunnossa, voidaan aloittaa toteutus. Myös toteutuksen eri vaiheissa tulisi konsultoida tulevia käyttäjiä säännöllisesti, jotta mahdolliset viat saadaan karsittua pois jo alkuvaiheessa. Oleellista ihmiskeskeisessä suunnittelussa on, että käyttäjät ovat osallisia läpi koko suunnittelu- ja kehitysprosessin.

3.2.2 Käyttäjien tarpeiden tunnistaminen

Suunnittelukonteksti ja käyttäjien vaatimukset selvitettiin yhdellä haastattelukerralla Pyhäjärvi-instituutissa. Tietojärjestelmän tulevia käyttäjiä ovat Pyhäjärvi-instituutin työntekijät. Pyhäjärvi-instituutissa on noin 10-12 henkilöä töissä samanaikaisesti ja heistä neljää potentiaalista tietokannan ja/tai karttasovelluksen käyttäjää haastateltiin käyttökontekstiin liittyen.

Tietokannan suunnittelun kaksi ensimmäistä vaihetta liittyivät läheisesti käyttäjien tarpeiden tunnistamiseen, joten myös niihin pyrittiin saamaan vastaus samassa haastattelussa. Haastatteluissa selvitettiin yleiset tehtävät, joita tietokantaan kerätyn datan avulla pitäisi voida suorittaa, sekä organisaation tietovaatimukset.

Haastattelu eteni pääpiireissään seuraavien kysymysten mukaan:

1. Mitkä ovat työtehtäväsi Pyhäjärvi-instituutissa?
2. Mitä tietoja tarvitset työtehtäväsi suorittamiseen? Mitkä näistä tulevat Pyhäjärvi-instituutista ja mitkä muualta?
3. Mitä tietoja Pyhäjärvi-instituutti kerää?
4. Mitä tietoja Pyhäjärvi-instituutti käsittelee? Miten näitä tietoja käsitellään?
5. Mihin tiedot tallennetaan?
6. Kuka niihin pääsee käsiksi?
7. Miten tietoja tarvitseva löytää ne?

Kysymyksiä sovellettiin haastattelun aikana kunkin haastateltavan työtehtävien ja osaamisalueiden mukaan. Kaikki neljä haastateltavaa työskentelivät eri tehtävissä Pyhäjärvi-instituutissa. Pääasiallisia työtehtäviä olivat datan kerääminen ja käsittely, haja-asutusten jätevesien hallinta, vesistökunnostustoimien suunnittelu, koulutukset ja neuvonta sekä Pyhäjärvi-instituutin vesistöpuolen toimien koordinointi. Haastattelun tulokset on esitetty alla aiheittain.

3.2.2.1 Tiedonhallinta

Pyhäjärveltä otetaan säännöllisesti vesinäytteitä, jotka toimitetaan analysoitaviksi Turun yliopistoon, mistä tulokset toimitetaan Excel-tiedostoina Pyhäjärvi-instituuttiin. Turusta saatavan vesikemiadatan lisäksi Pyhäjärvi-instituutti kerää Pyhäjärveltä biologista dataa, kasvi- ja eläinplanktondataa sekä kala-aineistoja. Myös valuma-alueelta kerätään vedenlaatudataa ja automaattisista vedenlaatumittareista saadaan valtavat määrät muun muassa sameusdataa, jota käsitellään Pyhäjärvi-instituutissa.

Pyhäjärvi-instituutissa dataa analysoidaan erilaisia käyttötarkoituksia varten tiedon popularisoinnista tieteellisiin artikkeleihin. Lähes kaikki data on Excel-muodossa ja tiedostot tallennetaan sitä varten luotuun kansiorakenteeseen tietoja käsittelevän henkilön tietokoneelle. Dataa on myös tallennettu Pyhäjärvi-instituutin yleiselle levyasemalle, mutta yleensä Pyhäjärveen liittyvää tietoa tarvitseva henkilö on yhteydessä tietoja käsittelevään henkilöön, joka sitten toimittaa tiedon tarvitsijalle oikean tiedoston. Raakadataa ei tarvita juuri koskaan, vaan tiedontarve koskee yleensä datasta muodostettuja kuvia. Osa Pyhäjärvi-instituutin datasta on myös paikkatietona, esimerkiksi linnustodata, joka on saatavilla avoimen paikkatiedon portaalista Lounaispaikasta. Tavoitteena on siirtyä yhä enemmän paikkatietoon, mutta paikkatiedon käsittelyn vaatima ohjelmistosaaminen aiheuttaa haasteita.

Toimivaksi nykyisessä tiedonhallinnassa koettiin työnjako, jossa yksi ihminen käsittelee ja hallinnoi dataa. Myös datan laadukkuus nähtiin hyvänä. Tiedonhallinta on toiminut Pyhäjärvi-instituutissa melko hyvin, mutta alati kasvava datan määrä sekä paikkatietoaineistot vaativat uusia kehittyneempiä tiedonhallintakeinoja. Ongelmaksi koettiin datan säilyvyys, sillä tietoa on paljon vain yksittäisillä henkilöillä. Tieto voisi myös olla helpommin kaikkien löydettävissä. Tietojen jakelun osalta suuri osa datasta saisi olla julkista, mutta osa ei voi esimerkiksi maanomistuksellisista syistä olla kaikkien saatavilla.

Tietokantaa on mietitty yhtenä ratkaisuna tiedonhallintaongelmiin, mutta resurssit eivät ole riittäneet toistaiseksi sen toteuttamiseen. Datanhallinta tietokannan avulla sekä datan tarkastelu karttasovelluksessa vaativat riittävän yksinkertaiset menetelmät tiedon siirtämiseksi sekä ohjelmien käyttämiseksi, jotta ne toimisivat kestäväenä ratkaisuna Pyhäjärvi-instituutissa.

3.2.2.2 Tiedon katselu

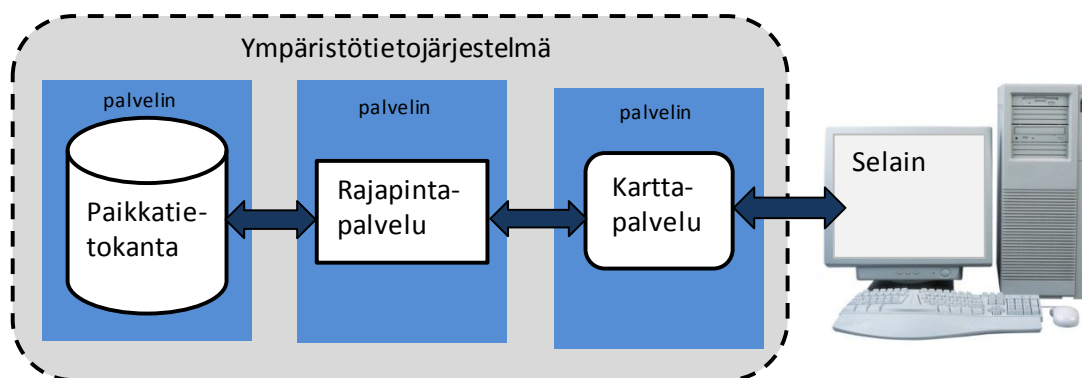
Valuma-aluekohteiden sijainnit toivottiin näkyviin kartalle. Vesiensuojelukohteita haluttiin tarkastella tyypeittäin, eli esimerkiksi kosteikot ja laskeutusaltaat erikseen. Tietojärjestelmään toivottiin perustietoja kosteikoista sekä kosteikkojen toimivuudesta kertovaa vedenlaatudataa. Vedenlaatudataa haluttiin tarkastella enimmäkseen vuositasolla ja toisinaan myös kuukausitasolla. Kosteikkojen toimivuudesta kertovaa dataa voitaisiin käyttää kosteikkojen suunnittelussa. Valittaviksi karttapohjiksi toivottiin peruskartan lisäksi viljely- ja maaperätietoja, jotka voisivat auttaa löytämään syitä kuormitukseen, sekä maastonmuotoja, jotka tukisivat toimenpiteiden tarkempaa suunnittelua.

Haastatteluissa ilmeni tarve erilaisille karttakuville Pyhäjärven valuma-alueelta. Pyhäjärveltä ei ole olemassa kunnollista sähköisessä muodossa olevaa valuma-aluekarttaa, jossa näkyisivät Pyhäjärven valuma-alueet, joet sekä pellot. Tarvetta ilmeni myös päivi-

tetylle kartalle valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelutoimenpiteistä. Karttakuvat päätettiin toteuttaa osana diplomityötä käyttäen hyväksi tietokantaan vietyä aineistoa sekä avoimia paikkatietoaineistoja.

3.2.3 Ympäristötietojärjestelmän arkkitehtuuri ja toiminnallisuudet

Pyhäjärvi-instituutille rakennettava ympäristötietojärjestelmä koostuu tietokannasta, rajapintapalvelusta sekä karttasovelluksesta. Toteutettavan ympäristötietojärjestelmän arkkitehtuuri on verrattavissa n-tasoisien tietojärjestelmän arkkitehtuuriin. Kuvassa 23 on esitetty rakennettavan tietojärjestelmän arkkitehtuuri.



Kuva 23 Ympäristötietojärjestelmän arkkitehtuuri

Haastattelujen pohjalta tietokantaan päätettiin kerätä tiedot valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelutoimenpiteistä ja niiden sijainneista sekä valuma-alueelta mitattua vedenlaatudataa. Dataa tietokantaa varten saatiin Varsinais-Suomen ELY-keskukselta Shapefile-tiedostoina sekä Pyhäjärvi-instituutilta Excel-tiedostoina. Shapefilet sisälsivät muun muassa suojavyöhykkeiden, peltöjen ja jokien sijainnit sekä Pyhäjärven ja sen valuma-alueiden rajat. Excel-tiedostot sisälsivät tietoja ja koordinaatteja Pyhäjärven valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelukohteista sekä valuma-alueen eri näytteenottopisteistä mitattua vedenlaatudataa. Eri valuma-aluekohteiden kuvaukset ja koordinaatit yhdistettiin yhteen taulukkoon, jotta kokonaisuuden hahmottaminen olisi helpompaa ja tietokantaan vietyt tiedot voitiin toimittaa Pyhäjärvi-instituutille täydennettäväksi selkeässä muodossa.

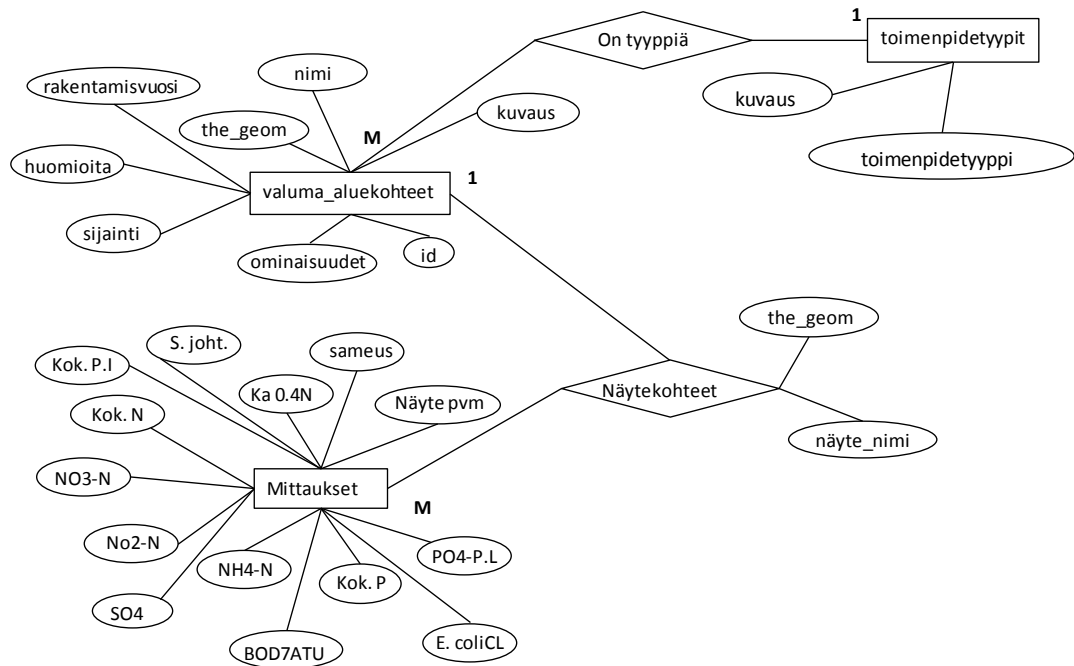
Painopiste karttapalvelun suunnittelussa oli valuma-alueella toteutettujen toimenpiteiden sijainneissa ja tiedoissa. Karttapalvelun hyödyntämisen muita mahdollisuuksia, kuten kuvien ja vedenlaatudatan käyttöä, havainnollistettiin muutaman esimerkin kautta. Toiminnallisuuksia karttapalvelussa ovat lähentäminen ja loitontaminen, kartan liikuttelu, karttatasojen valinta, näytettävien valuma-aluekohteiden valinta sekä mahdollisuus klikata hiirellä kohteita ja saada tietoja niistä.

3.3 Ympäristötietojärjestelmän toteutus

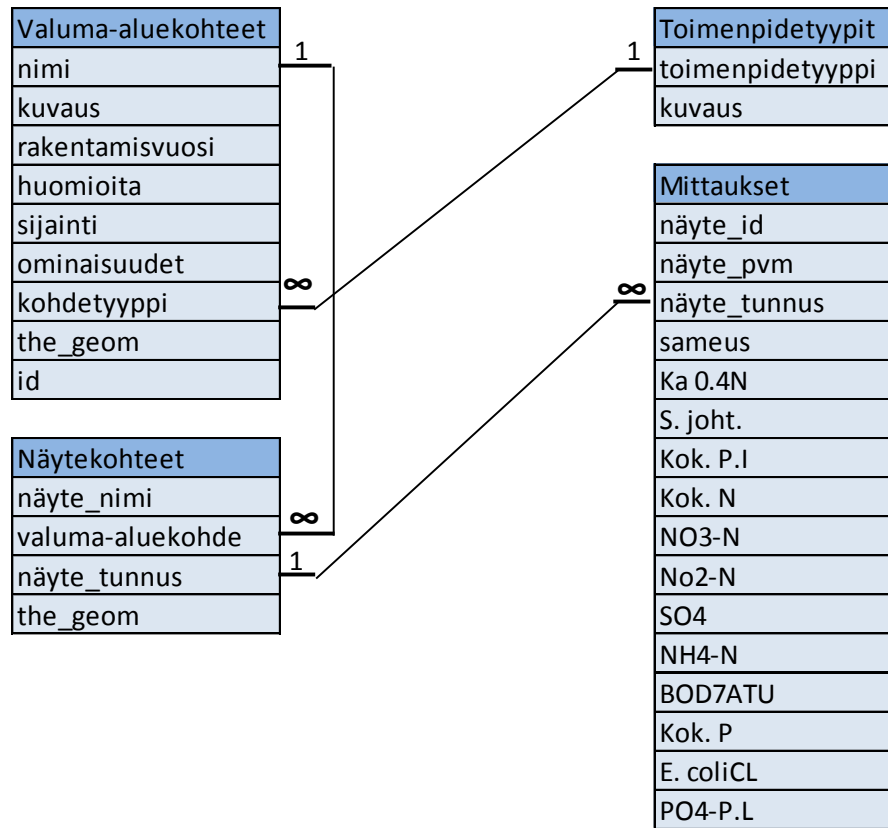
3.3.1 Tietokannan rakentaminen

Pyhäjärvi-instituutilta saadun datan pohjalta laadittiin ER-malli tietokannan rakenteen hahmottamista varten. Entiteeteille on merkitty kaavioon niiden väliset suhteet. Suhteet merkitään yhdestä-yhteen (1-1), yhdestä-moneen (1-M) tai monesta-moneen (M-M).

Kuvissa 24 ja 25 on esitetty tietokannan ER-malli sekä rakenne.



Kuva 24 ER-malli

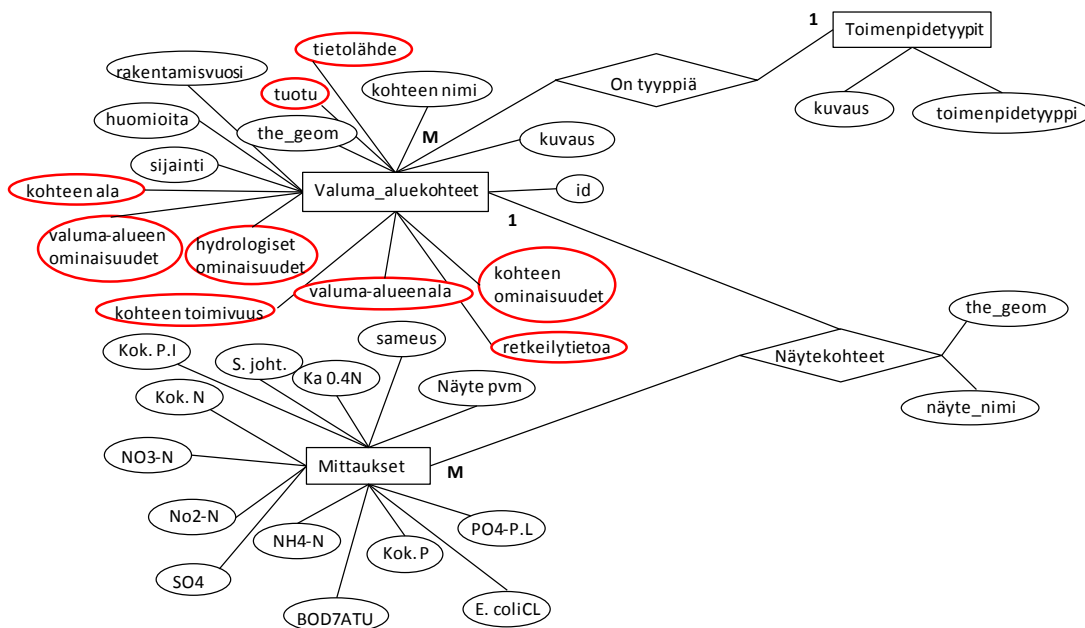


Kuva 25 Tietokannan rakenne

Malli sisältää neljä taulua: valuma-aluekohteet, toimenpidetyypit, näytekohteet ja mittaukset. Valuma-aluekohteisiin kerätään tiedot eri suojelutoimenpiteistä ominaisuuksiin. Toimenpidetyypit-taulu sisältää valuma-aluekohteiden tyypit, eli tiedon siitä onko kyseessä esimerkiksi kosteikko, laskeutusallas tai suodatin. Eri toimenpidetyypeistä kerätään myös kuvaukset samaan tauluun, jolloin tietokannasta voi hakea tietoa eri toimenpidetyypeistä.

Mittaukset-taulu sisältää jatkuvasti kerättävää vedenlaatudataa. Mittauspisteiden lyhenneet, nimet sekä pisteitä vastaavat valuma-aluekohteet kerätään omaksi taulukseen Näytekohteet-tauluun. Taulu sisältää myös mittauspisteiden koordinaatit.

ER-malli käytiin läpi Pyhäjärvi-instituutin kanssa ja keskustelun pohjalta mallia korjattiin vastaamaan paremmin organisaation tarpeita. Kuvassa 26 on esitetty korjattu ER-malli, jonka mukaan tietokantaa lähdettiin rakentamaan. Korjaukset aikaisempaan malliin on merkitty punaisella rajauksella.



Kuva 26 Korjattu ER-malli

Korjatussa mallissa valuma-aluekohteiden ominaisuudet jaettiin viiteen eri kenttään, jotta tietojen hakeminen kohteista olisi selkeämpää ja helpompaa. Lisäksi valuma-aluekohteiden huomioista ja kuvauksista poimittiin tietoja retkeilyyn ja kohteen toimivuuteen liittyen omiin kenttiinsä.

Valuma-aluekohteet ja niiden ominaisuudet järjestettiin Excel-tiedostossa ER-mallin mukaisesti ja lähetettiin Pyhäjärvi-instituutille täydennettäväksi ja hyväksyttäväksi. Korjattu tietokantamalli vastasi instituutin tarpeita, joten tietokantaa lähdettiin rakentamaan sen pohjalta.

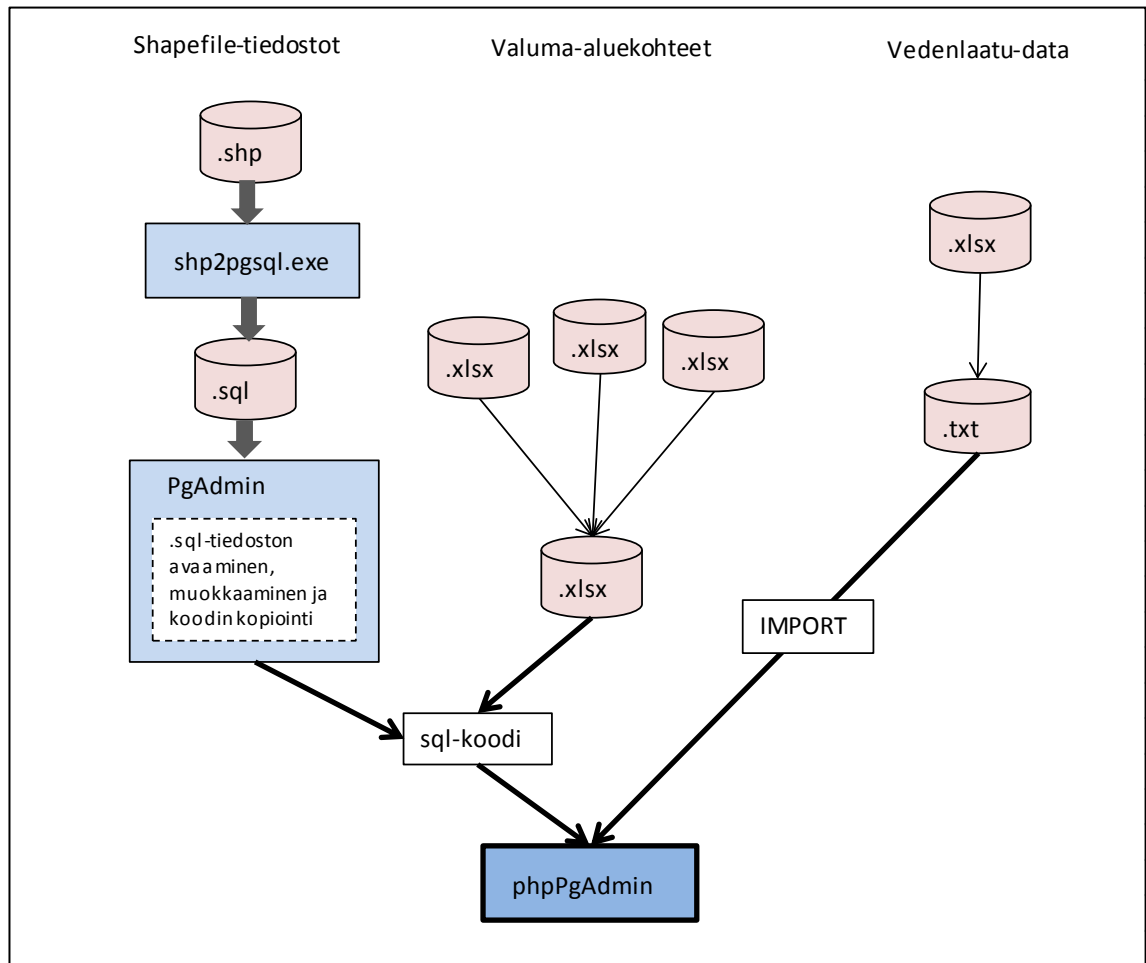
Tietokantana toimii PostgreSQL PostGIS-paikkatietolaajennuksella. PostgreSQL on avoimen lähdekoodin relaatiotietokantajärjestelmä, johon PostGIS lisää mahdollisuuden antaa kohteille geometriatietoa ja tehdä SQL-kyselyitä kohteiden sijainneista.

Shapefilet vietiin tietokantaan omiksi tauluikseen niiden muokkausta ja sisällön hahmottamista varten. Vienti tietokantaan tapahtui muuntamalla shapefile-tiedostot sql-tiedostoiksi komentoriviohjelman shp2pgsql.exe avulla, avaamalla sql-tiedostot pgAdminin SQL-ikkunassa, kopioimalla SQL-koodi ja ajamalla se phpPgAdminin SQL-ikkunassa.

Valuma-aluekohteiden tietoja sisältävä Excel-tiedosto vietiin tietokantaan muodostamalla datasta SQL-koodi ja ajamalla se phpPgAdminin SQL-ikkunassa.

Mittaukset eli vedenlaatudata on jatkuvasti kerättävää dataa, joten se pitäisi voida päivittää tietokantaan helposti ilman asiantuntemusta SQL-kielestä tai tietokantaohjelmasta. PhpPgAdmin sisältää Import-toiminnon, jolla on mahdollista tuoda csv.-txt.-tai xml.-tiedosto automaattisesti tietokantaan. Tiedostossa ei kuitenkaan saa olla skandinaavisia kirjaimia. Tämän vuoksi vedenlaatudatan näytepisteiden nimet vaihdettiin lyhenteiksi, ja lyhenteet ja alkuperäiset nimet koottiin rinnakkain Näytekohteet-tauluun. Vedenlaatudataa sisältävä Excel-tiedosto vietiin tietokantaan tietokantaohjelman Im-

port-toiminnolla. Kuvassa 27 on esitetty eri menetelmät tietojen viemiseksi tietokantaan.



Kuva 27 Datan vieminen tietokantaan

3.3.2 Rajapintapalvelu

Tässä työssä hyödynnettiin kahta rajapintapalvelua, jotka toimivat Aalto-yliopiston palvelimella ja jotka tarjottiin tähän työhön valmiina. Toinen rajapintapalvelu tarjoaa tietokannan valuma-aluekohteiden tietoja WFS-standardin mukaisena rajapintana eteenpäin ja toinen on SOS-standardin tyyppinen datapalvelu vedenlaatudatan hyödyntämiseksi karttasovelluksessa. Kummankin rajapintapalvelun tuloksena on XML-koodattu dokumentti, joka on saavutettavissa tietystä URL-osoitteesta.

3.3.3 Karttasovellus

Karttasovellus toimii verkkoympäristössä käyttäjän selaimella. Pohjana sovelluksessa on lyhyt html-dokumentti, joka sisältää linkit käytettäviin kirjastoihin sekä sovelluksen toiminnallisuudet ja ulkoasun sisältäviin JavaScript-dokumentteihin. Sovelluksen luomisessa hyödynnettiin OpenLayers-, ExtJS- sekä GeoExt-JavaScript-kirjastoja. JavaScript-dokumentteihin on sisällytetty Pyhäjärvi-instituutin aineistojen haku tietokannasta rajapintapalvelun kautta.

Käyttöliittymä koostuu neljästä paneelista. Ylimmässä paneelissa esitellään lyhyesti karttasovelluksen tarkoitus. Keskimäinen paneeli on karttapaneeli, jonka toiminnallisuksia ovat kartan lähentäminen ja loitontaminen, kartan liikuttelu, tasojen valinta sekä

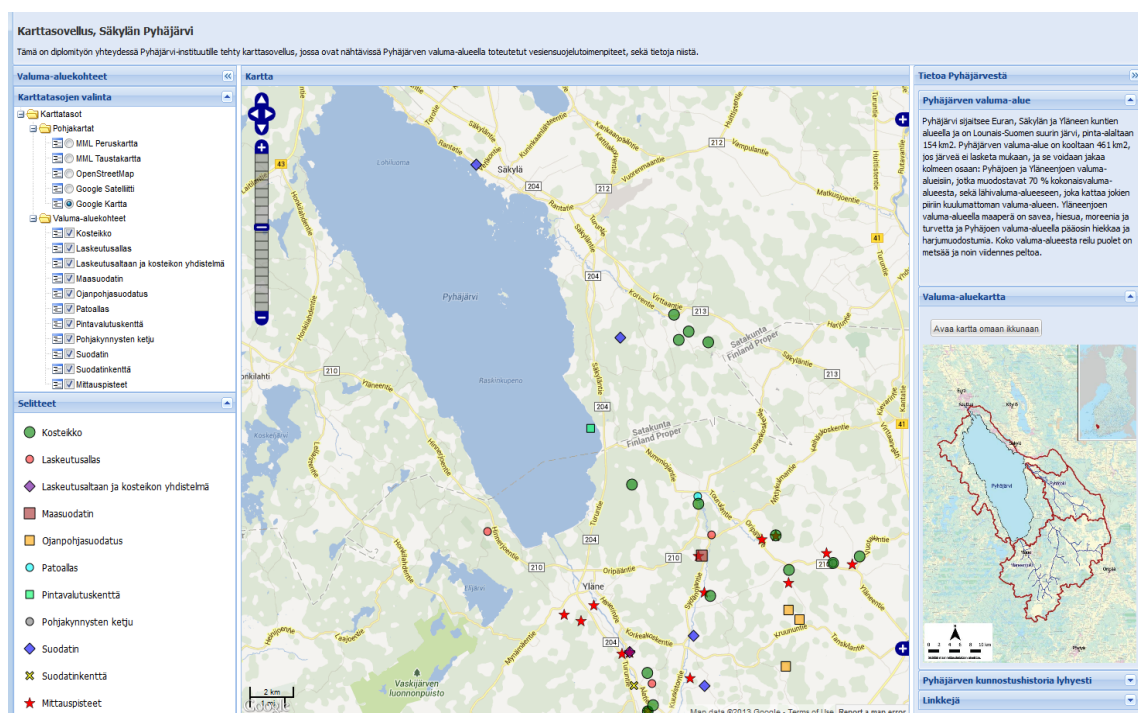
kohteiden tietojen tarkastelu. Karttapaneelin toiminnallisuudet on toteutettu OpenLayer-sin tarjoamilla valmiilla JavaScripteilla.

Vasemmassa paneelissa ovat kohteiden selitteet sekä mahdollisuus tasojen valintaan. Oikea paneeli on tietopaneeli, joka tarjoaa tiivistetyssä muodossa tietoa Pyhäjärven valuma-alueesta ja kunnostuksesta sekä linkkejä Pyhäjärven aineistoihin muissa palveluissa. Paneelissa on linkit seuraaville sivuille:

- Pyhäjärven suojeluohjelma
- Yhteisillä vesillä –blogi
- Suomen ympäristökeskus: Pyhäjärven automaattinen mittausasema
- Lounaispaikka
- Järviwiki (Pyhäjärvi)
- Vesinetti

Tietopaneelista voi myös tarkastella tässä työssä toteutettua valuma-aluekarttaa. Paneelin tarkoitus on tarjota Pyhäjärvi-instituutin henkilökunnalle kootusti linkit Pyhäjärveen liittyviin aineistoihin sekä havainnollistaa, miten sovellusta voisi hyödyntää tiedonvälitykseen järvestä kiinnostuneille tavallisille kansalaisille.

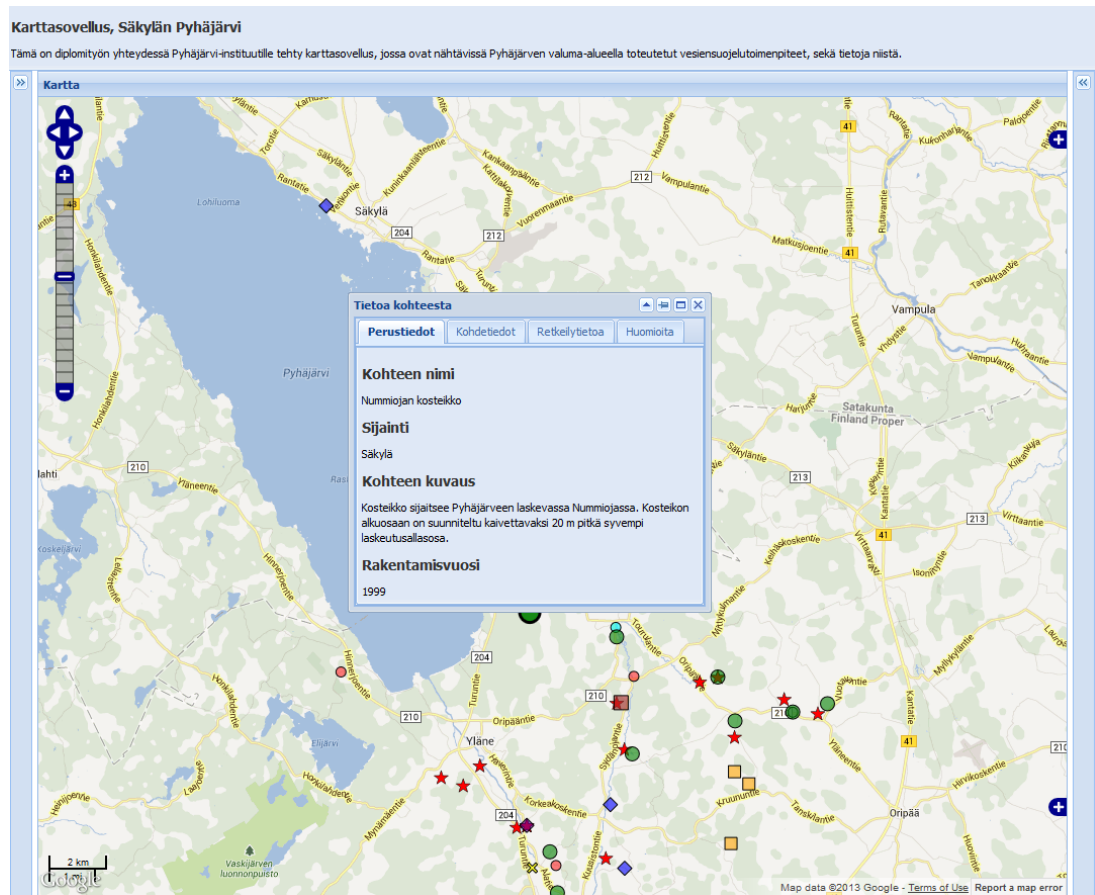
Sekä vasemman että oikean paneelin voi klikata pois näkyvistä ja saada näin laajemman karttanäkymän. Kuvassa 28 on esitetty karttasovelluksen käyttöliittymä.



Kuva 28 Karttasovelluksen käyttöliittymä

Karttasovelluksessa voidaan valita näkyviin valuma-aluekohteet kohdetyypeittäin, kuten toivomus Pyhäjärvi-instituutin puolesta oli. Jotkin valuma-aluekohteista osuvat päällekkäin, minkä vuoksi merkinnät ovat läpinäkyviä. Tietojen saaminen kartalla alimpana olevasta kohteesta edellyttää päällä olevien kohteiden klikkaamista pois näkymästä. Tietoja kohteesta saa klikkaamalla sitä hiirellä. Avautuvaan ikkunaan karttasovellus hakee tiedot tietokannasta rajapinnan kautta. Tietojen päivittäminen tietokantaan päivit-

tää myös karttasovelluksessa näkyvät tiedot. Kuvassa 29 on esitetty valuma-aluekohteen tietojen tarkastelu karttasovelluksessa.



Kuva 29 Valuma-aluekohteen tietojen tarkastelu, sivupaneelit on klikattu pois näkyvistä

Valuma-aluekohteiden tiedot on jaettu neljälle välilehdelle: Perustiedot, Kohdetiedot, Retkeilytietoa sekä Huomioita. Kuvassa 30 on esitetty valuma-aluekohteiden tietokannan tietojen jakautuminen eri välilehdille.

Perustiedot	Kohdetiedot	Retkeilytietoa	Huomioita
- Nimi - Sijainti - Kuvaus - Rakentamivuosi	- Valuma-alueen ala - Kohteen ala - Valuma-alueen ominaisuudet - Kohteen ominaisuudet - Hydrologiset ominaisuudet - Kohteen toimivuus	Retkeilytietoa	Huomioita

Kuva 30 Kohteen tietojen jakautuminen välilehdille

Tietokannan Toimenpidetyypit-taulusta puuttuvat toimenpidetyyppien kuvaukset. Toimenpidetyypeistä voisi kirjoittaa kattavat kuvaukset ja lisätä tauluun myös linkkejä toi-

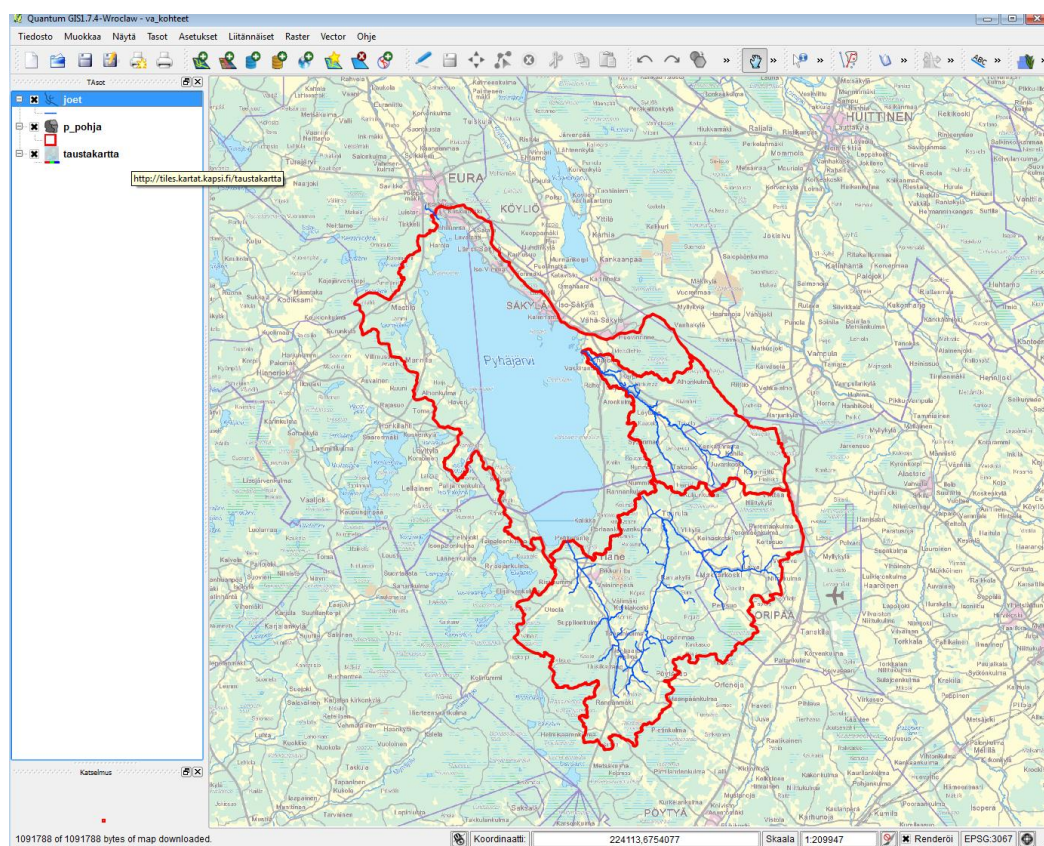
menpidetyyppien toteutuksesta kertoviin dokumentteihin. Tällöin asiantuntijat voisivat saada helposti ja kootusti tietoa eri vesiensuojelutoimenpiteiden hyödyistä, haitoista ja toteutuksesta, ja tavalliset kansalaiset saisivat käsityksen siitä eri vesiensuojelutoimenpiteiden eroista.

3.4 Ympäristötietojärjestelmän hyödyntäminen

3.4.1 Karttojen luominen

Ympäristötietojärjestelmän tietokantaa ja rajapintapalvelua voidaan hyödyntää datan tarkasteluun ja karttojen luomiseen valmiilla paikkatieto-ohjelmilla. Quantum GIS on ilmainen avoimen lähdekoodin paikkatieto-ohjelmisto, jonka voi ladata Internetistä omalle tietokoneelle. QGIS:iin voidaan vektori- ja rasterimuotoisten aineistojen lisäksi hakea dataa muun muassa WFS- ja WMS-rajapintojen kautta, ja se mahdollistaa tiedon selaamisen, muokkaamisen ja analysoinnin. QGIS:llä havainnollistettiin tietokannan ja rajapinnan käyttöä luomalla sillä kaksi karttaa Pyhäjärven valuma-alueesta. Pyhäjärvi-instituutin tarpeena oli Pyhäjärven valuma-aluekartta, jossa näkyisivät valuma-alueen rajat, järvi, joet, pellot, tiet sekä suurimpien kylien/kaupunkien nimet. Lisäksi toiveena oli kartta, jossa näkyisivät valuma-alueella toteutetut vesiensuojelutoimenpiteet.

Taustakarttana QGIS:ssä käytettiin Maanmittauslaitoksen taustakarttaa, joka oli tarjolla kartat.kapsi.fi palvelun tarjoaman WMS-rajapinnan kautta. Pyhäjärven valuma-alueiden rajat, Pyhäjärven rajat sekä joet oli saatu Varsinais-Suomen ELY-keskukselta shapefile-tiedostoina, joten ne avattiin ohjelmaan vektoritasoina ja muokattiin ulkoasultaan haluttunlaisiksi. Kuvassa 31 on näkymä QGIS:stä, jossa taustakartan päälle on lisätty valuma-alueiden rajat ja joet.

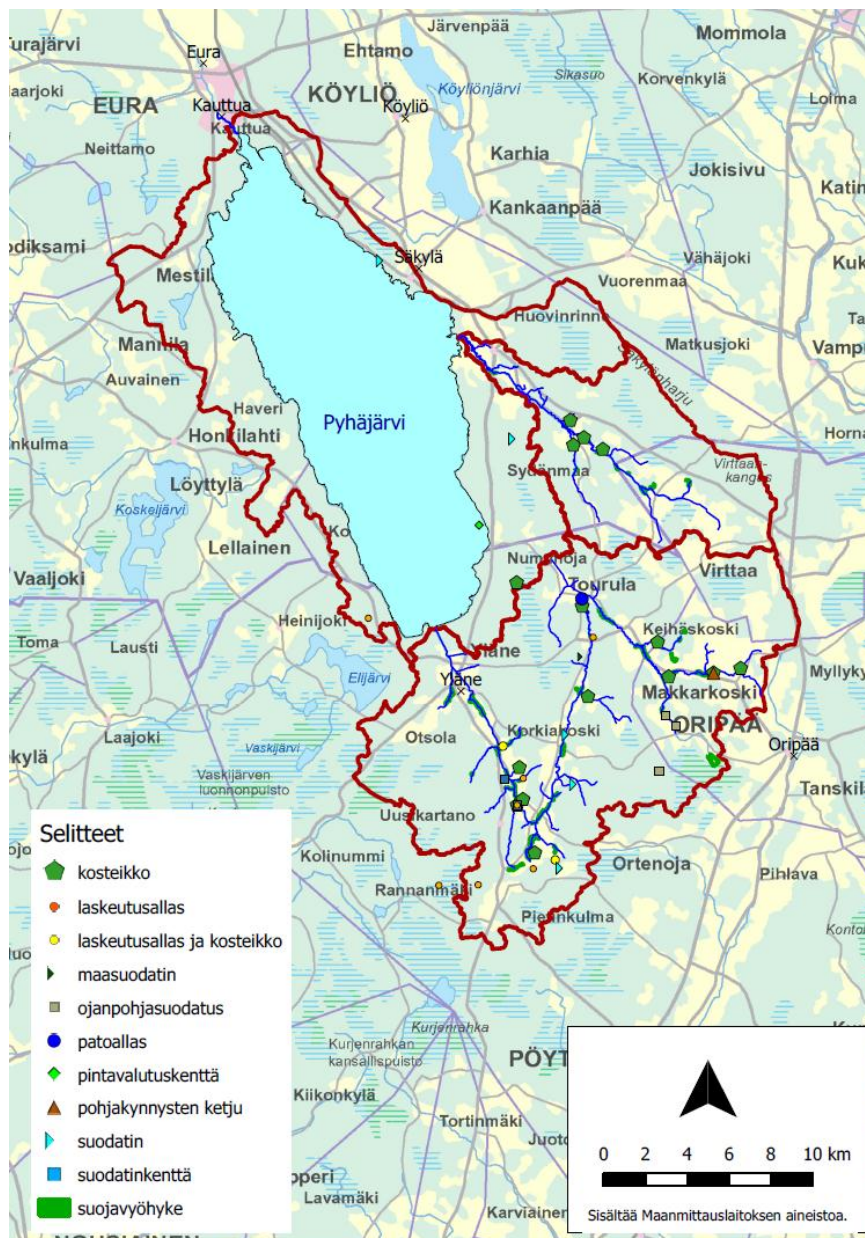


Kuva 31 Näkymä Quantum GIS:stä, jossa taustakartan päälle on lisätty valuma-alueen rajat ja joet

Peltojen rajat oli myös saatu ELY-keskukselta shapefile-tiedostona, ja vaikka taustakartasta ovat nähtävissä myös peltojen sijainnit, lisättiin pellot omana tasonaan karttaan niiden korostamiseksi. Vektoriaineistojen lisäämisen huono puoli on, että ne peittävät alleen taustakartan nimistön. Paikannimet saatiin Maanmittauslaitoksen paikkanimiaineistosta, jonka Latuviitta (<http://latuviitta.org/Etusivu.php>) tarjoaa QGIS:llä helposti avattavana Spatialite-tietokantana.

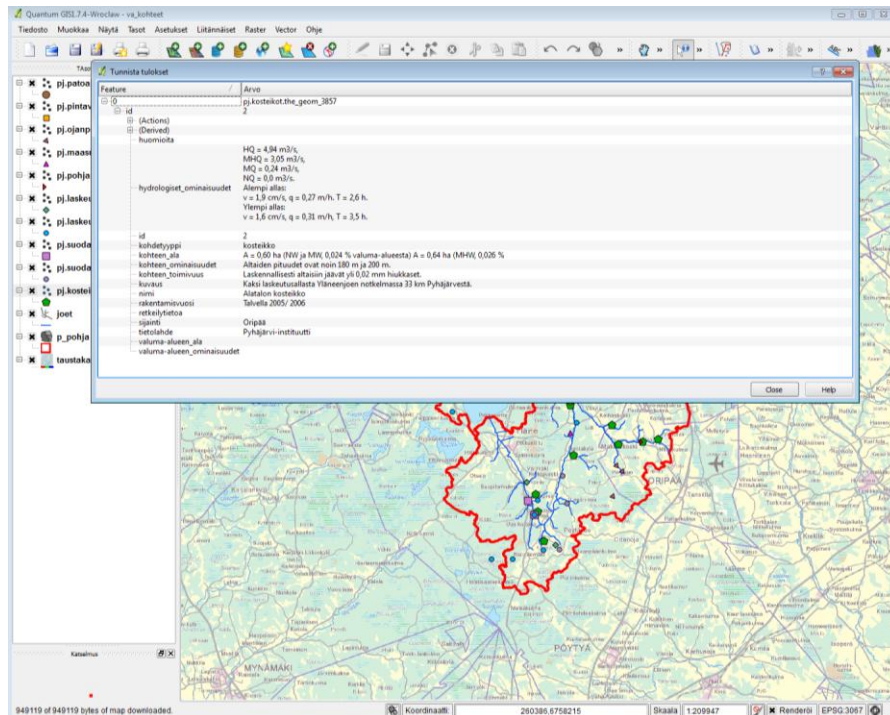
QGIS:llä säädettiin aineistojen väriä ja läpinäkyvyyttä ja laadittiin tulostusasettelu, johon lisättiin mittakaava ja pohjoisnuoli QGIS:n valmiilla toiminnoilla. Valmis kartta on esitetty aikaisemmin tässä työssä kuvassa 21.

Toisen kartan tehtävänä oli korostaa valuma-alueella toteutettuja vesiensuojelutoimenpiteitä, joten valuma-aluekartasta poistettiin pellot. Vesiensuojelukohteiden sijainnit haettiin tässä työssä rakennetusta tietokannasta WFS-rajapinnan kautta ja kohdetyypin ulkoasut muokattiin erottumaan hyvin toisistaan kartalla. QGIS:llä luotu kartta valuma-aluekohteista on esitetty alla olevassa kuvassa 32.



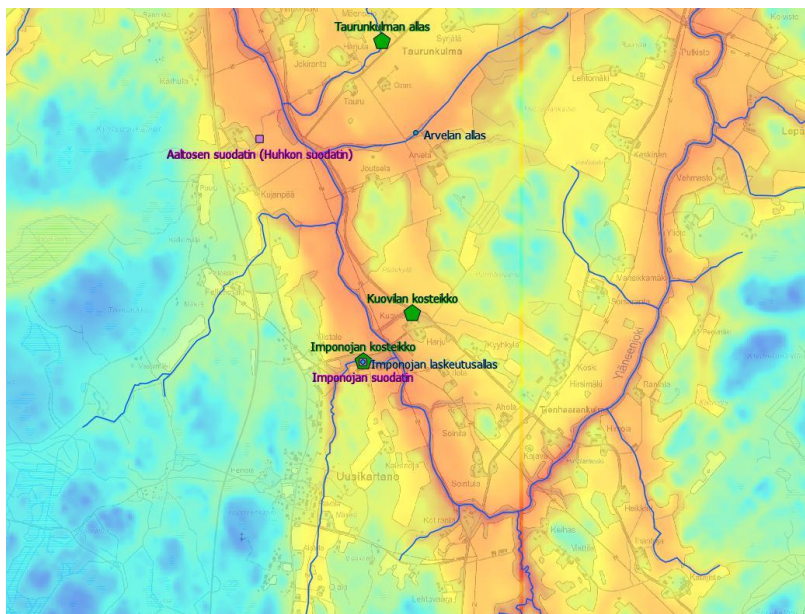
Kuva 32 Pyhäjärven valuma-alueen vesiensuojelutoimenpiteet

Quantum GIS hakee WFS-rajapinnan kautta myös kohteiden ominaisuudet, jotka pääsee näkemään esimerkiksi klikkaamalla hiirellä kohdetta. Kuvassa 33 on esimerkki ominaisuuksien tarkastelumahdollisuudesta.



Kuva 33 Näkymä QGIS:stä: Valuma-aluekohteen ominaisuudet

Tulevien käyttäjien toive oli, että karttasovellukseen sisällytettäisiin karttavaihtoehtoksi korkeusmalli. Korkeusmallin käyttöä on havainnollistettu tässä työssä QGIS:llä. QGIS:n näkymään voidaan avata myös esimerkiksi Maanmittauslaitoksen tiedostopalvelusta saatava korkeusmalli. Valuma-aluekohteista voidaan tarkastelun helpottamiseksi asettaa näkyviin nimet. Kuvassa 34 on esimerkki korkeusmallin käytöstä valuma-aluekohteiden tarkastelussa.

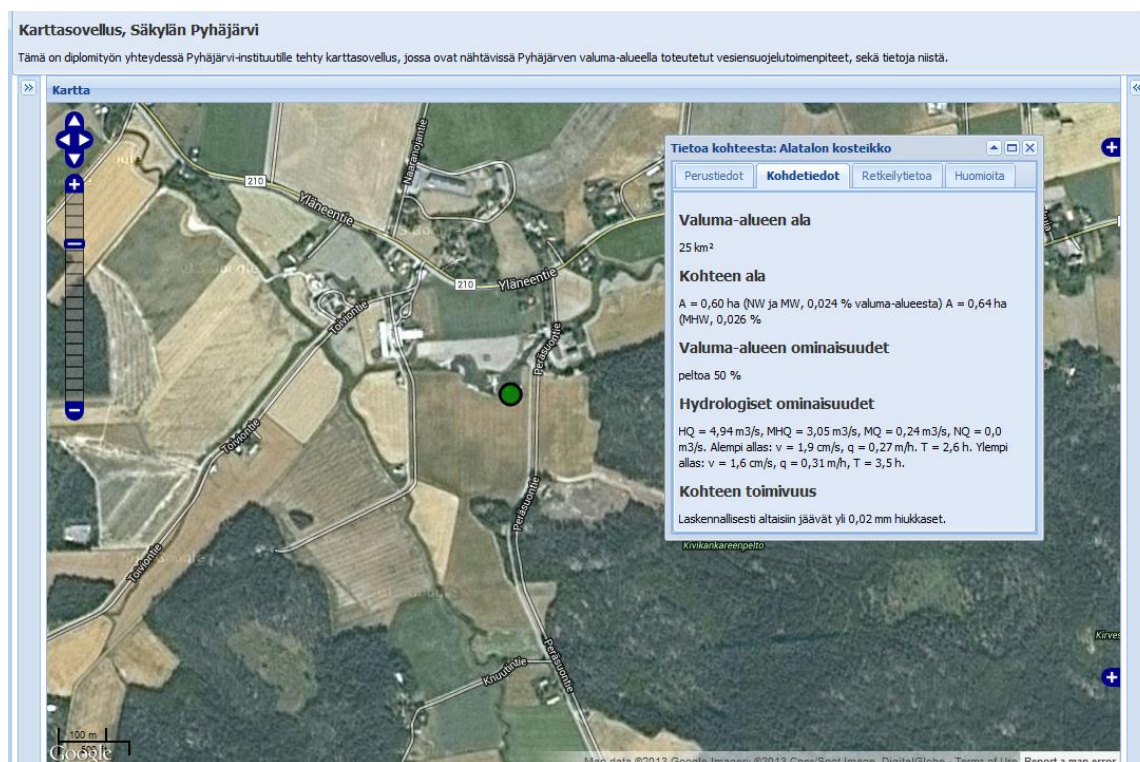


Kuva 34 QGIS:llä luotu karttanäkymä, joka sisältää vesiensuojelutoimenpiteet, joet ja korkeusmallin

3.4.2 Valuma-aluekohteiden tarkastelu karttasovelluksessa

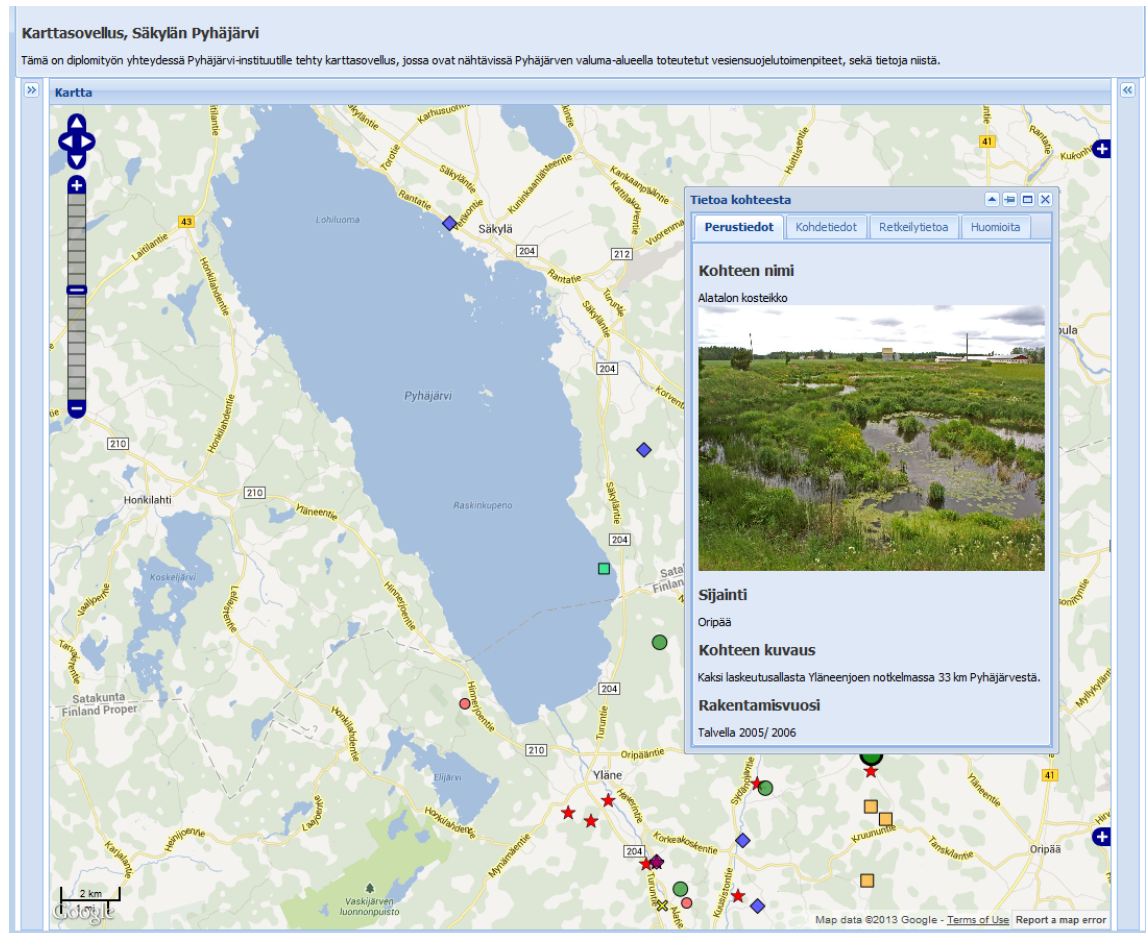
Internetissä toimiva karttasovellus tarjoaa käyttäjäystävällisen ja visuaalisen keinon valuma-aluekohteiden tarkasteluun käyttäjän tietoteknisistä taidoista riippumatta. Verkopohjainen järjestelmä mahdollistaa myös tiedon helpon ja nopean saatavuuden. Näiden seikkojen ansiosta sovellus palvelee sekä asiantuntijoita että tavallisia kansalaisia.

Valuma-aluekohteen ominaisuuksista ja valuma-alueesta saa hyvän kokonaiskuvan, kun valitsee pohjakartaksi Googlen satelliittikartan ja tutkii valuma-aluekohteen Kohdetiedot-välilehteä. Asiantuntijat voivat hyödyntää olemassa olevien valuma-aluekohteiden tietoja esimerkiksi uusien kohteiden suunnittelussa. Kuvassa 35 on esimerkki valuma-aluekohteen kohdetietojen tarkastelusta karttasovelluksessa.



Kuva 35 Valuma-aluekohteen ominaisuuksien tarkastelu

Pyhäjärvi-instituutilla on myös kuvia valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelutoimenpiteistä. Tässä työssä kuvien käyttöä havainnollistetaan yhden esimerkin kautta, esimerkkinä toimii Alatalon kosteikko. Kun kohdetta klikataan hiirellä, avautuu heti ensimmäiselle välilehdelle kuva kohteesta. Tällöin tavalliset kansalaisetkin saavat käsityksen vesiensuojelukohteen tyypistä ja luonteesta. Kuvassa Kuva 36 on esimerkki kuvan käytöstä valuma-aluekohteen tietojen tarkastelussa.

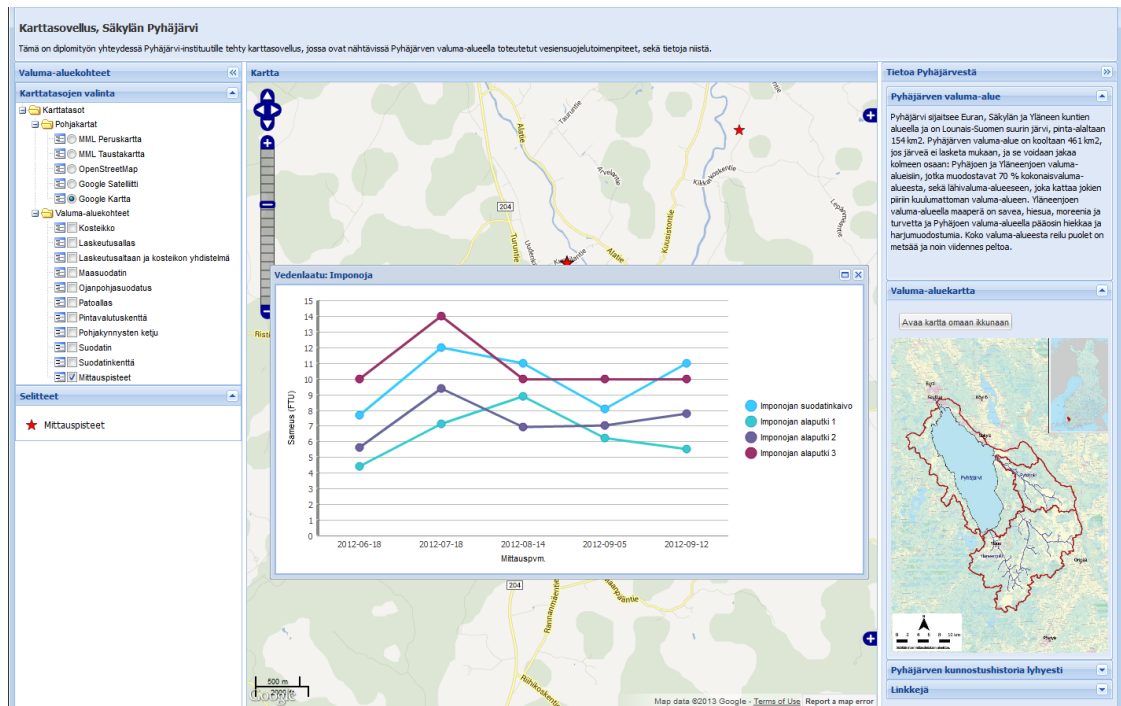


Kuva 36 Kuva valuma-aluekohteesta karttasovelluksessa

3.4.3 Valuma-aluekohteen vedenlaadun seuranta

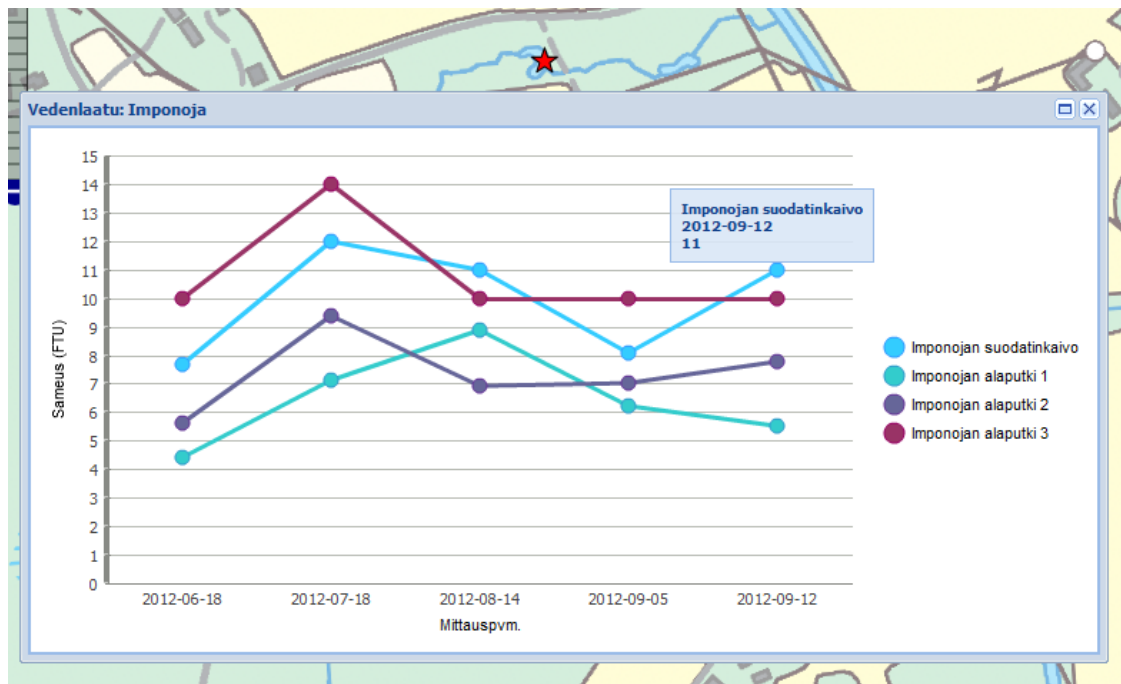
Valuma-aluekohteiden vedenlaadun seuranta havainnollistettiin tässä työssä yhden esimerkin kautta. Vedenlaatudata saadaan rajapintapalvelun kautta tietokannasta ja JavaScript-tiedostoon on määritelty mitä vedenlaatudataa halutaan. Esimerkikohteena toimii Imponojan suodatinkenttä, jossa on neljä mittauspistettä: kaivo, alaputki 1, alaputki 2 ja alaputki 3. Vedenlaadun osalta tarkastellaan sameutta, sillä kaikilta mittauspisteiltä on mitattu sameutta samoina päivinä. Mittauspisteiden arvot asetettiin näkymään yhtä aikaa, jotta niiden arvoja voidaan helposti verrata keskenään.

Klikkaamalla kartalla Imponojan mittauspistettä, ilmestyy näkyviin kuvaaja, jonka tiedot haetaan tietokannasta. Kuvaaja on esitetty kuvassa 37.



Kuva 37 Vedenlaadun seuranta, Imponoja

Mittausten tarkat arvot saadaan näkyviin osoittamalla hiirellä mittausarvoa (kuva 38).



Kuva 38 Vedenlaadun seuranta, mittauksen tarkka arvo

Vedenlaadun kuvaajaan voitaisiin myös asettaa valikko, josta olisi mahdollisuus valita vedenlaadun eri muuttujia kuvaajaan sekä aikaväli, jolta arvot näytetään. Tämä työ rajoittuu kuitenkin vedenlaadun seurantamahdollisuuden havainnollistamiseen yhden esimerkin kautta käyttäen hyväksi tietokantaa ja rajapintapalvelua.

4 Tutkimustulokset

Vesienhoidon parissa työskentelevät henkilöt tarvitsevat riittävän määrän tietoa vesivarojen hallinnan kaikilta osa-alueilta voidakseen tehdä toimivia ja kokonaisvaltaisia ratkaisuja vesistöjen tilan parantamiseksi. Tietoa kerätään paljon, mutta sen tallentaminen, jakaminen ja sitä myötä hyödyntäminen jäävät usein puutteellisiksi. Jatkuvasti kasvava datan määrä sekä datan hajautuneisuus eri tahojen välillä edellyttävät yhteisten menetelmien kehittämistä sekä standardoitujen ratkaisujen käyttöä ympäristötiedon hallinnassa. Tämä edellyttää vuorovaikutusta eri tahojen välillä sekä vuorovaikutteisten työkalujen kehittämistä suunnittelun tueksi.

Ympäristötieto on luonnostaan maantieteellistä, joten kartta on hyvä työväline suurenkin tietomäärän jakamiseen ymmärrettävässä muodossa. Internetissä toimiva karttasovellus on kaikkien helposti saavutettavissa ja siihen voidaan koota eri tahojen keräämää tietoa ja yhdistää näin hajautunutta dataa. Tiedon esittäminen kartalla auttaa tavallisiakin kansalaisia hahmottamaan ympäristön tilaa ja saattaa toimia kiinnostuksen herättäjänä tilan parantamiseen. Vesistöjen kunnostuksessa riittää työtä, joten kaikkien tahojen yhteistyö on tärkeää tavoitteiden saavuttamiseksi. Ihmiskeskeisen suunnittelun soveltaminen ympäristötietojärjestelmien kehittämisessä auttaa ymmärtämään käyttäjien tarpeita ja lisää järjestelmän käyttöä ja hyödynnettävyyttä.

Pyhäjärvi ja siihen liittyvät aineistot ovat melko hyvin edustettuina olemassa olevissa karttasovelluksissa ja paikkatietopalveluissa. Pyhäjärven valuma-alueella toteutetut vesiensuojelukohdeet puuttuvat kuitenkin olemassa olevista sovelluksista, samoin kuin valuma-alueelta mitattu vedenlaatu data. Toistaiseksi nämä aineistot löytyvät Pyhäjärvi-instituutista Excel-tiedostoina. Näiden aineistojen hyödynnettävyyden lisäämiseksi toteutettiin verkkopohjainen ympäristötietojärjestelmä, joka sisältää tietokannan, rajapintapalvelun sekä karttasovelluksen. Tietokantaan kerättiin tiedot valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelutoimista sekä valuma-alueelta mitattua vedenlaatu dataa. Rajapintapalvelu tarjoaa tietokannan tietoa eteenpäin WFS-standardin ja SOS-standardin tyyppisen datapalvelun mukaisina rajapintoina. WFS-rajapinnan avulla tietokannan tietoa voidaan hyödyntää WFS-standardia tukevissa paikkatieto-ohjelmissa, joista tässä työssä käytettiin ilmaista avoimen lähdekoodin QuantumGIS-ohjelmistoa. QGIS:llä luotiin Pyhäjärven valuma-aluekartta sekä kartta vesiensuojelutoimenpiteistä. Lisäksi sillä havainnollistettiin eri mahdollisuuksia valuma-aluekohteiden tarkasteluun.

WFS-rajapintapalvelua hyödynnettiin QuantumGIS:n lisäksi verkkopohjaisessa karttasovelluksessa. Karttasovellus on esimerkki tietokannan ja rajapintapalvelun hyödyntämisestä vesienhoidon tarpeisiin. Sovellus hakee rajapinnan kautta valuma-aluekohteiden tietoja tietokannasta ja esittää ne kartalla. Rajapintapalvelua hyödynnettiin myös havainnollistamalla vedenlaatu datan esittämistä karttasovelluksessa. Esimerkkinä toimi Imponojan suodatin, josta mitataan vedenlaatu neljältä eri mittauspisteeltä. Kartan lisäksi sovellus tarjoaa tietoa Pyhäjärven valuma-alueesta ja Pyhäjärven kunnostushistoriasta sekä linkkejä Pyhäjärveen liittyviin verkkosivuihin. Sovellus tarjoaa kokonaiskuvan Pyhäjärven valuma-alueella toteutetuista vesiensuojelutoimenpiteistä ja vedenlaatu datan avulla on mahdollista seurata vesiensuojelukohdeiden toimivuutta. Karttasovellus on myös vuorovaikutteinen tarjoten käyttäjälle mahdollisuuden kartan lähentämiseen ja loitontamiseen sekä liikutteluun ja karttatasojen valintaan.

Vuorovaikutteisuutta hyödynnettiin ympäristötietojärjestelmän toteutuksessa käyttäjäkeskeisen suunnittelun kautta. Käyttäjakeskeinen suunnittelu lähti liikkeelle ympäristötietojärjestelmän tulevien käyttäjien haastattelusta ja myöhemmin käyttäjiltä pyydettiin

kommentteja tietokannan rakenteesta. Käyttäjakeskeisen suunnittelun periaatteet tarjoivat erittäin hyvät lähtökohdat ympäristötietojärjestelmän toteuttamiselle.

5 Tulosten tarkastelu

5.1 Toteutetun ympäristötietojärjestelmän tarkastelu ja kehityskohteet

Pyhäjärveltä on olemassa paljon seuranta-aineistoja, mutta tässä työssä tietokantaan kerättiin vain tiedot valuma-aluekohteista sekä vedenlaatudataa. Tietokanta olisi kuitenkin hyvä keino tallentaa kaikki Pyhäjärveen liittyvät seuranta-aineistot samaan paikkaan. Tällöin aineistojen säilyminen voitaisiin turvata ja aineistoja voitaisiin jakaa eteenpäin rajapinnan kautta hyödynnettäväksi.

Vedenlaatudata vietiin tässä työssä tietokantaan manuaalisesti tietokantaohjelman Import-toiminnolla. Tämä toimii Pyhäjärvi-instituutin tapauksessa, sillä dataa käsitellään Excelissä manuaalisesti ennen sen tallennusta. Dataa ei kuitenkaan pystytä käsittelemään yhtä tehokkaasti manuaalisesti kuin automatisoiduilla menetelmillä, ja ongelmia tulee etenkin jos dataa saadaan paljon automaattisilta vedenlaadun mittareilta. Järvien vedenlaatul palvelu -hankkeessa kehitetyt automatisoidut menetelmät datan käsittelyyn ja siirtämiseen sopisivat varmasti hyödynnettäväksi myös Pyhäjärvi-instituutin vedenlaatuaineistolle. Toisaalta yksinkertainen, helposti ymmärrettävä datan käsittely ja siirto ilmaisilla ohjelmilla on helppo ja halpa ratkaisu, eikä vaadi laajaa tietoteknistä osaamista organisaation taholta.

Standardoitujen rajapintojen käyttö laajentaa paljon Pyhäjärvi-instituutin datan hyödyn-tämismahdollisuuksia. Rajapintojen kautta dataa voidaan ottaa helposti käyttöön eri ympäristötietojärjestelmissä, kuten alueellisissa ympäristötietopalveluissa. Datasta kiinnostuneet ihmiset voivat myös käyttää dataa omilla tietokoneillaan rajapintapalveluita tukevissa sovelluksissa ilman, että dataa tarvitsee ladata tietokoneelle.

Karttasovellus kokoaa Pyhäjärven valuma-aluekohteiden tiedot yhteen helposti tarkasteltavassa ja ymmärrettävässä muodossa. Sovelluksen helppokäyttöisyys ja selkeys tarjoavat mahdollisuuden paikallisten ihmisten kiinnostuksen herättämiseksi sekä tietouden lisäämiseksi. Sosiaalisen median liittäminen osaksi sovellusta loisi pohjan vuorovaikutukselle paikallisten ihmisten ja asiantuntijoiden välillä. Esimerkiksi facebookin yhdistäminen karttasovellukseen tarjoaisi kansalaisille mahdollisuuden kommentointiin ja kysymysten esittämiseen ja saattaisi muodostaa tiiviin yhteisön paikallisen vesiensuojelun ympärille.

Käyttäjille voisi myös tarjota mahdollisuuden muokata karttasovelluksen kohteiden tietoja ja merkitä uusia kohteita kartalle. Tällöin karttasovellus vaatisi kirjautumisen, jotta kuka tahansa ei pääsisi muokkaamaan tietoja. Kirjautuminen saattaa kuitenkin lisätä kynnystä sovelluksen käyttöön, joten olisi tärkeää säilyttää mahdollisuus käyttöön myös ilman kirjautumista. Wikit tarjoavat laajat edellytykset vuorovaikutukseen ja niiden käyttöä kannattaisi lisätä etenkin kansalaisten osallistamiseksi. Järviwiki tarjoaa jo mahdollisuuden lähijärvensä tietojen täydentämiseen ja muokkaamiseen sekä havaintojen lisäämiseen, joten uusien wikien luominen vesienhoidon ympärille ei olisi kuitenkaan välttämättä kannattavaa. Toisaalta juuri tietylle järvelle ja sen lähiympäristön asukkaille räätälöity wiki saattaisi lisätä paikallisten osallistumista.

5.2 Pyhäjärvi-instituutin datan hyödyntämismahdollisuudet

Pyhäjärvi-instituutin datan hyödynnettävyyttä lisäisi huomattavasti paikallinen ympäristötietokanta, johon kerättäisiin kaikki tutkimustulokset ja data alueelta. Tietokannan avulla dataa voidaan linkittää yhteen spatiaalisesti, temporaalisesti ja teemoittain ja luoda näin hyvä pohja eri aineistojen yhdistämiselle. Jaettu tietokanta sallii eri ihmisten muokata tietokannan tietoja ja käyttää niitä tarpeisiinsa, joten se lisäisi myös vuorovaikutteisuutta. Jakamalla dataansa Pyhäjärvi-instituutti voisi edesauttaa datan uusien käyttötapojen sekä vesienhoitoon liittyvien sovellusten syntymistä.

Pyhäjärvi-instituutille luotua ympäristötietojärjestelmää voivat hyödyntää sekä Pyhäjärvi-instituutin työntekijät että Pyhäjärvestä kiinnostuneet tavalliset kansalaiset. Tietokanta ja rajapintapalvelu hyödyttävät eniten Pyhäjärvi-instituutin työntekijöitä, sillä he voivat tallentaa tietokantaan sekä keräämäänsä dataa että paikkatietokohteiden sijainnit ja tarkastella dataa visuaalisesti rajapinnan kautta esimerkiksi QuantumGIS-ohjelmistolla. Tietokanta ja rajapintapalvelu hyödyttävät myös Pyhäjärvestä kiinnostuneita asiantuntijoita, mikäli heille annetaan oikeudet näiden käyttöön.

Internetissä toimiva karttasovellus tarjoaa helpon, nopean ja visuaalisen tavan Pyhäjärven ja sen valuma-alueen tietojen tarkasteluun. Asiantuntijoiden käyttöön se saattaa kuitenkin olla liian suppea, sillä se ei tarjoa minkäänlaisia laskennallisia toiminnallisuuksia. Toisaalta Vesinetti tarjoaa jo melko raskaan sovelluksen vesienhoidon tueksi, joten tässä työssä kehitetty sovellus voisi toimia lähtötietojen tarjoajana ja auttaa nopean kokonaiskuvan luomisessa. Etenkin vedenlaatudatan hyödynnettävyyttä lisäisi sen tarkastelu karttasovelluksessa valmiiden kuvaajien muodossa.

Vaikka ympäristötietojärjestelmä kehitettiin palvelemaan Pyhäjärvi-instituutin tarpeita, palvelee Internetissä toimiva karttasovellus hyvin myös tavallisia Pyhäjärvestä kiinnostuneita kansalaisia. Sovellus on tarpeeksi yksinkertainen, jotta sen käyttö onnistuu ilman ohjekirjaa. Lisäksi se on keskittynyt nimenomaan Pyhäjärven valuma-alueelle eikä siten tarjoa ylimääräistä käyttäjää kuormittavaa tietoa.

Karttasovelluksen heikkoutena on, että se tarjoaa tietyt ennalta määrätyt aineistot ja toiminnallisuudet, jolloin sen käyttömahdollisuudet ovat melko rajatut. Olemassa olevat paikkatieto-ohjelmistot, kuten QuantumGIS, tarjoavat sen sijaan hyvät edellytykset paikkatietokohteiden tarkasteluun ja analysointiin sekä karttojen luomiseen. Pyhäjärvi-instituutin tarpeisiin toimiva ratkaisu voisikin olla tietokannan ja sitä hyödyntävän rajapintapalvelun toteuttaminen täydessä laajuudessa. Näitä kahta komponenttia voisi hyödyntää jo olemassa olevissa paikkatieto-ohjelmissa sekä karttasovelluksissa.

5.3 Ympäristötietojärjestelmien tulevaisuus vesienhoidossa

Ympäristötiedon määrä lisääntyy kasvavaa vauhtia datankeräysmenetelmien kehittyessä. Tämä edellyttää myös tiedonhallinnan menetelmien kehittymistä. Pelkkä tiedon tallennus ei kuitenkaan nykypäivänä enää riitä, sillä tiedon avoimuus ja sen hyödyntäminen ovat nousseet keskeiseen asemaan ympäristötiedosta puhuttaessa. Ympäristötietojärjestelmät mahdollistavat sekä tiedon tehokkaan tallentamisen että jakamisen. Ne tarjoavat myös mahdollisuuden tiedon kokoamiseksi yhteen eri tahoilta sekä edellytykset helppoon, nopeaan ja avoimeen tiedonjakeluun.

Ympäristötietojärjestelmien merkitys tulee kasvamaan myös vesienhoidossa, sillä vesistöistä ja valuma-alueilta kerätty datan määrä kasvaa jatkuvasti ja tietoa halutaan jakaa

yhä enemmän myös paikallisille ihmisille. Eräs keskeinen kysymys ympäristötietojärjestelmiin liittyen kuitenkin on, kannattaisiko suosia paikallisia vai alueellisia ympäristötietojärjestelmiä. Paikallisen ympäristötietojärjestelmän etuna on, että kaikki organisaation data löytyy samasta paikasta, jolloin tarvitsemaansa informaatiota on helppo löytää. Paikallinen karttasovellus saattaa myös kiinnostaa lähiympäristön asukkaita, jotka pääsevät sen avulla helposti käsiksi juuri heitä kiinnostaviin aineistoihin. Aiemmin kirjallisuudessa todettiin, että paikallisen potentiaalin hyödyntäminen edellyttää tarpeeksi yksinkertaisia ja helppokäyttöisiä työkaluja. Tämä tukee pienten paikallisten ympäristötietojärjestelmien ja etenkin karttasovellusten luomista, sillä alueellisista ja valtakunnallisista sovelluksista tulee lähes varmasti melko laajoja ja raskaita käyttöä.

Toisaalta paikallinen ympäristötietojärjestelmä voi vaatia paljon resursseja sen kehittämiseksi ja ylläpitämiseksi, mikäli dataa on paljon ja tietojärjestelmän infrastruktuuri täytyy luoda alusta asti. Pieniltä organisaatioilta ei välttämättä löydy henkilökuntaa tietojärjestelmän käytön opetteluun ja tietojärjestelmän ylläpitämiseen, ellei tietojärjestelmästä tehdä todella yksinkertaista. Tällöin alueellinen ympäristötietojärjestelmä olisi toimiva ratkaisu, sillä sinne voidaan koota keskitetysti alueella toimivien organisaatioiden keräämää dataa ja tarjota sitä eteenpäin pitkälle kehitettyjen ja monipuolisten verkkopalveluiden kautta.

Suomessa on kehitetty useita verkkoympäristössä toimivia ympäristötietopalveluita ja karttapalveluita, jotka pyrkivät lisäämään ympäristötiedon jakamista ja hyödyntämistä sekä vuorovaikutusta eri tahojen välillä. Näitä sovelluksia, kuten esimerkiksi Järviwikiä ja Lounaispaikkaa, kannattaisi pyrkiä hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan ja saatataa organisaation keräämää dataa näkyviin. Olemassa olevien sovellusten puutteita kannattaisi myös raportoida ja pyrkiä kehittämään käyttäjäystävällisiä ratkaisuja. Käyttäjakeskeinen suunnittelu tulisikin ottaa tavaksi ympäristötietojärjestelmien suunnittelussa ja toteuttamisessa, jotta niistä saataisiin käyttökelpoisia ja kestäviä ratkaisuja vesienhoidon tueksi.

6 Johtopäätökset

Ympäristötiedonhallinta on hajautunutta ja datanhallintamenetelmät vaihtelevat todella paljon. Standardoidut ratkaisut tukevat ympäristötiedon jakamista ja hyödyntämistä ja datan määrän lisääntyessä niihin tulisi laittaa resursseja entistä enemmän. EU:n INSPIRE-direktiivissä on jo säädetty julkisten paikkatietoaineistojen saatavuudesta standardien mukaisesti. Ympäristötieto on usein paikkatietoa ja vaikka paikallisten toimijoiden aineistot eivät ole julkisia, kannattaisi heidän pyrkiä saattamaan datansa ja aineistonsa standardoidussa muodossa kaikkien saataville.

Ympäristötietojärjestelmä lisäisi Pyhäjärvi-instituutin datan hyödynnettävyyttä tarjoamalla dataa saataville standardoidussa muodossa sekä tarjoamalla mahdollisuuden sen visuaaliseen tarkasteluun. Tietokannan avulla dataa voidaan yhdistää ja luoda näin hyvä pohja kokonaiskuvan hahmottamiselle. Avoimen lähdekoodin työkaluilla toteutettu tietojärjestelmä sopii etenkin pienille organisaatioille, joiden resurssit ovat rajalliset. Paikallisten toimijoiden datanhallinnan kehittämisen kannalta hyvä ratkaisu voisikin olla valmis avoimen lähdekoodin työkaluilla toteutettu ympäristötietojärjestelmän pohja, jota kukin taho voisi muokata ja soveltaa omiin tarpeisiinsa. Tällöin myös eri toimijoiden paikallisten ympäristötietojärjestelmien käyttö olisi helppoa, kun tietojärjestelmät olisivat rakenteeltaan ja toiminnallisuuksiltaan samankaltaisia.

Hajautuneen tiedon yhteiskunnassa vuorovaikutuksen merkitys korostuu ja vuorovaikutteisuutta voikin hyödyntää monin tavoin vesienhoidossa. Vuorovaikutteisuus voi olla joko ihmisten välistä vuorovaikutteisuutta suunnittelussa ja päätöksenteossa tai ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutteisuutta suunnitelmien laatimisessa tai ympäristötietojärjestelmässä. Ihmisten välinen vuorovaikutus voi kohdistua kansalaisten osallistamiseen, asiantuntijoiden väliseen viestintään tai käyttäjäkeskeiseen suunnitteluun. Ihmisen ja tietokoneen väliseen vuorovaikutukseen taas liittyvät vuorovaikutteisen suunnittelun mahdollistavat työkalut, vuorovaikutteiset ympäristötietojärjestelmät sekä sosiaalinen media.

Tiedon hyödyntämiseen tulee kiinnittää jatkossa yhä enemmän huomiota, sillä tietoa kerätään paljon, mutta se jää helposti vain sitä kerääville tahoille. Vesienhoidossa kokemusten ja tutkimustulosten jakaminen vesiensuojelutoimenpiteiden toimivuudesta olisi tärkeää, jotta vältettäisiin samojen virheiden toistaminen. Esimerkiksi valuma-alueella toteutettujen toimenpiteiden tietoja ja vedenlaatudataa kannattaisi jakaa avoimesti jonkin verkkopohjaisen sovelluksen kautta. Tiedon jakamisessa täytyy myös huomioida kenelle tieto on tarkoitettu ja missä muodossa sitä jaetaan. Järvien vedenlaatuspalvelu –hankkeessa haastateltiin asiantuntijoita ja tavallisia kansalaisia näihin asioihin liittyen ja tulokset ovat varmasti sovellettavissa myös muille Suomen järville. Käyttäjryhmien tarpeiden huomioiminen tiedon jakelussa on oleellista tiedon käytettävyyden ja hyödynnettävyyden kannalta.

Lähdeluettelo

Alonso, G., Casati, F., Kuno, H. & Machiraju, V. 2004. Web services – Concepts, Architectures and Applications. 354 s. ISBN 3-540-44008-9.

Anttila, S., Bröckl, M., Herlevi, A., Kallio, K., Ketola, M., Koponen, S., Kuitunen, P., Pyhälähti, T., Ryyänen, T., Vakkilainen, K. & Kairesalo, T. 2012. Avoin ympäristötieto – yhteistyön kehittäminen vesistöjen seurannassa. Suomen ympäristö 17/2012. 50s. ISBN 978-952-11-4021-1 (PDF).

Augar, N., Raitman, R. & Zhou, W. 2004. Teaching and learning online with wikis. Teoksessa Atkinson, R., McBeath, C., Jonas-Dwyer D. & Phillips, R. (Toim.), Beyond the comfort zone: Proceedings of the 21st ASCILITE Conference Perth, 5-8 December. S. 95-104. Saatavissa: <http://www.ascilite.org.au/conferences/perth04/procs/augar.html>.

Connolly, T. & Begg, C. 2005. Database systems. 4. painos. 1369 s. ISBN 0 321 21025 5.

Densham, P. J. 1991. Spatial Decision Support Systems. Teoksessa: Longley, P. ym. Geographic Information Systems and Science. S. 403-412. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.11.2013]. Saatavissa: http://agris.fao.org/agis/NEW%20Docs/Geographic%20Information%20Systems,%20First%20Edition,%201991-Longley%20et%20al/BB1v1_ch26.pdf.

Dunn, C. 2007. Participatory GIS – a people’s GIS? Progress in Human Geography. [Verkkolehti]. Vol 31:5. S. 616–637. Saatavissa: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.90.159&rep=rep1&type=pdf>.

EPA (United States Environmental Protection Agency). 2013. Systems thinking tutorials: Module 2: DPSIR Overview. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.11.2013]. Saatavissa: http://www.epa.gov/ged/tutorial/docs/DPSIR_Module_2.pdf.

Fagerholm, N. 2006. Turkulaisen nuoren viheralue – yläkouluikäiset osallisena viheralueiden suunnittelussa. Maantieteen tutkielma. 90 s. Turun yliopiston maantieteen laitos.

GeoExt2.2013. GeoExt 2 — JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Applications. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.11.2013]. Saatavissa: <http://geoext.github.io/geoext2/>.

Gill, K. 2004. How Can We Measure the Influence of the Blogosphere?. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 30.10.2013]. Saatavissa: http://faculty.washington.edu/kegill/pub/www2004_blogosphere_gill.pdf.

Grafton, R. Q. & Hussey, K. 2011. Water resources planning and management. 777 s. ISBN 978-0-521-76258-8.

Günther, O. 1997. Environmental Information systems. ACM SIGMOD Record. [Verkkolehti]. Vol 26:1. S. 3-4. DOI 10.1145/248603.248604.

Haklay, M. 2010. Interacting with geospatial technologies. 288 s. ISBN 978-0-470-99824-3.

Haklay, M. & Nivala, A-M. 2010. User-centred design. Teoksessa: Haklay, M. Interacting with geospatial technologies. S. 91-106. ISBN 978-0-470-99824-3.

Hatzopoulos, J. N. 2002. Geographic Information Systems (GIS) in Water Managament. Proceedings of the 3rd International Forum “Integrated Water Management: The key to Sustainable Water Resources”, March 21 – 22, 2002. Saatavissa: http://www.env.aegean.gr/labs/Remote_sensing/publications/Jnh_Eydap_02.pdf.

Hernandez, M. J. 2000. Tietokannat – suunnittelu ja toteutus. 42 s. ISBN 951-826-137-7. 4.

Johnson, L. E. 2009. Geographic Information Systems in Water Resources Engineering. 287 s. ISBN 978-1-4200-6913-6.

JUHTA – Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2012. JHS 169 Avoimen lähdekoodin ohjelmien käyttö julkisessa hallinnossa. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 9.8.2013]. Saatavissa: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS169/JHS169.pdf>.

JUHTA – Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2013a. JHS 180 Paikkatiedon sisältöpalvelut. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 26.6.2013]. Saatavissa: <http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS180/JHS180.pdf>.

JUHTA – Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2013b. JHS 180 Liite 1 Karttakuvapalvelu. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 23.8.2013]. Saatavissa: http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS180_liite1/JHS180_liite1.pdf.

JUHTA – Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta. 2013c. JHS 180 Liite 2 Paikkatiedon kyselypalvelu. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 1.10.2013]. Saatavissa: http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS180_liite2/JHS180_liite2.pdf.

Karatzas, K., Masouras, A., Kaprara, A., Bassoukos, A., Papaioannou, I., Slini, T. & Moussiopoulos, N. 2010. Environmental Information Systems and the Concept of Environmental Informatics. Teoksessa: Scharl, A. Environmental Online Communication. S. 3-10. ISBN 978-1-84996-913-0.

Kemppainen, K. 2007. Blogit median työvälineenä. Opinnäytetyö. Viestinnän koulutus-ohjelma, Radio- ja televisioilmaisun suuntautumisvaihtoehto. Stadia, Helsingin ammattikorkeakoulu. 37 s.

Keskinen, M. 2007. IWRM – Yhdennetty vesivarojen hallinta. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 13.8.2013]. Saatavissa: <http://users.tkk.fi/mkeskine/iwrm.pdf>.

Kettunen, J. 2013. MONITOR-2020 –ohjelma muuttaa seuranta-ajattelua. Vesitalous 2/2013. S. 14-16. ISSN 0505-3838.

Kingston, R., Carver, S., Evans, A. & Turton, I. 2000. Web-based public participation geographical information systems: an aid to local environmental decision-making. *Computers, Environment and Urban Systems*. [Verkkolehti]. Vol 24:2. S. 109–125. Saatavissa: http://www.ppgis.manchester.ac.uk/downloads/ceus_paper.pdf.

Kingston, R. 2002. The role of e-government and public participation in the planning process. XVI AESOP Congress, Volos, Greece. Saatavissa: <http://www.geog.leeds.ac.uk/papers/02-4/02-4.pdf>.

Kirkkala, T. & Sarvala, J. 2001. Pyhäjärven tila ja ekologia. Teoksessa: Mattila, H., Kirkkala, T., Salomaa, E., Sarvala, J. & Haliseva-Soila, M. (Toim.) *Pyhäjärvi – Yhteistyöllä vauhtia vesiensuojeluun Lounais-Suomessa*. S. 17-30. ISBN 952-9682-25-5.

Kruijff, E. 2008. HYDROSYS - D2.1 User-Centred Design Guide. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 18.9.2013]. Saatavissa: http://www.hydrosysonline.eu/media_files/HYDROSYS_ucd_guide.pdf.

Kuitunen, P. 2012. Paikallisen vedenlaatutiedon tallentaminen, jakaminen ja käyttöön-otto. Teoksessa *Avoin ympäristötieto – yhteistyön kehittäminen vesistöjen seurannassa*. Suomen ympäristö 17/2012. S. 19-21. ISBN 978-952-11-4021-1 (PDF).

Laki vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä. 30.12.2004/1299. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 23.8.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2004/20041299#L1P2>

Leendertse, K. & Taylor, P. 2011. Capacity building and knowledge sharing. Teoksessa: Grafton, R. Q. & Hussey, K. (Toim.) *Water resources planning and management*. S. 274-291. ISBN 978-0-521-76258-8.

Lepistö, A., Huttula, T., Granlund, K., Kallio, K., Kiirikki, M., Kirkkala, T., Koponen, S., Koskiahio, J., Liukko, N., Malve, O., Pyhälähti, T., Rasmus, K. & Tattari, S. 2010. Uudet menetelmät ympäristöntutkimuksessa ja seurannassa - pilottina Säkylän Pyhäjärvi. Suomen ympäristö 9/2010, Suomen ympäristökeskus. 46 s. ISBN 978-952-11-3753-2 (PDF).

Lindbom, J. 2010. Palvelukartan rajapintakuvaus. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 23.10.2013]. Saatavissa: http://www.suomi.fi/suomifi/tyohuone/yhteiset_palvelut/palvelukartta/palvelukartan_rajapintakuvaus/.

Loucks, D. P. 2011. Risk and uncertainty in water resources planning and management: a basic introduction. Teoksessa: Grafton, R. Q. & Hussey, K. (Toim.) *Water resources planning and management*. S. 230-250. ISBN 978-0-521-76258-8.

Loux, J. 2011. Collaboration and stakeholder engagement. Teoksessa: Grafton, R. Q. & Hussey, K. (Toim.) *Water resources planning and management*. S. 251-273. ISBN 978-0-521-76258-8.

Lundgren, R. E. & McMakin, A. H. 2009. Risk Communication – A Handbook for Communicating Environmental, Safety, and Health Risks. 362 s. ISBN 978-0470-41689-1.

Lyon, J. G. 2003. GIS for water resources and watershed management. 266 s. ISBN 0-415-28607-7.

Maanmittauslaitos. 2013. Tietoa INSPIRE-direktiivistä. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.10.2013]. Saatavissa: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/verkko/fi/tietoa-INSPIREsta>.

Marttunen, M., Mustajoki, J., Verta, O-M. & Hämäläinen, R. P. 2008. Monitavoitearviointi vuorovaikutteisessa ympäristösuunnittelussa. Suomen ympäristö 11/2008. 71 s. ISBN 978-952-11-3044-1 (PDF).

Mattila, H. 2001. Valuma-alueen ominaispiirteet. Teoksessa: Mattila, H., Kirkkala, T., Salomaa, E., Sarvala, J. & Haliseva-Soila, M. (Toim.) Pyhäjärvi – Yhteistyöllä vauhtia vesiensuojeluun Lounais-Suomessa. S. 13-16. ISBN 952-9682-25-5.

McCall, M. K. 2004. Can Participatory-GIS Strengthen Local-level Spatial Planning? Suggestions for Better Practice. GISDECO. Skudai, Johor, Malaysia. Saatavissa: http://itc.eu/library/Papers_2004/n_p_conf/mccall_can.pdf

Mikkola, S. 2008. Paikkatietojärjestelmä vuorovaikutteisen ympäristösuunnittelun tukena vesienhoidossa. Suomen ympäristö 22/2008. 64 s. ISBN 978-952-11-3135-6.

Mitchell, T. 2005. Web Mapping Illustrated. 351 s. ISBN 978-0-596-00865-9.

Mäkinen, H. (2005). Vesienhoidon hallinta Suomessa – Vesipolitiikan puitedirektiivin toimeenpano vuorovaikutteisen suunnittelun näkökulmasta. Maantieteen laitoksen julkaisuja. Helsingin yliopisto. 122 s.

Niemi, J. & Heinonen, P. 2000. Ympäristön seuranta Suomessa. Suomen ympäristö 405. 102 s. ISBN 952-11-0715-4.

Nivala, A.-M., Sarjakoski, L.T. & Sarjakoski T. 2005. User-Centred Design and Development of a Mobile Map Service. Teoksessa Hauska, H. ja Tveite, H. (Toim.), ScanGIS'2005 – Proc. of the 10th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Sciences, Kesäkuu 13-15, 2005, Tukholma, Ruotsi, S. 109-123.

Na, A. & Priest, M. 2007. Sensor Observation Service. OpenGIS® Implementation Standard. OGC 06-009r6.

OpenLayers. 2013. Open Layers – Free MAPs for the Web. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 10.11.2013]. Saatavissa: <http://openlayers.org/>.

Orlandi, F. & Passant, A. 2010. Semantic search on heterogeneous Wiki systems. Teoksessa Phoebe Ayers, Felipe Ortega (Toim.), Proceedings of the 6th International Symposium on Wikis and Open Collaboration, 2010, Gdansk, Poland, July 7-9, 2010. ISBN 978-1-4503-0056-8.

Paikkatietoikkuna. 2009. Paikkatieto-infrastruktuuri. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.6.2013]. Saatavissa: <http://www.paikkatietoikkuna.fi/verkko/10128/29>.

Poikola, A., Kola, P. & Hintikka K.A. 2010. Julkinen data: Johdatus tietovarantojen avaamiseen. Liikenne- ja viestintäministeriö. 94 s. ISBN 978-952-243-146-2 (pdf).

Priedhorsky, R. & Terveen, L. 2011. Wiki grows up: arbitrary data models, access control, and beyond. Teoksessa F. Ortega & A. Forte (Toim.), Proceedings of the 7th International Symposium on Wikis and Open Collaboration, 2011, Mountain View, CA, USA, October 3-5, 2011. ACM 2011. ISBN 978-1-4503-0909-7.

Pyhäjärvi-instituutti. 2013a. Pyhäjärven suojeleuohjelma - Suojelutyön alku 1995-1999. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.9.2013]. Saatavissa: http://www.pyhajarvensuojelu.net/default10.asp?active_page_id=151

Pyhäjärvi-instituutti. 2013b. Pyhäjärven suojeleuohjelma - Toinen toimikausi 2000-2006. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.9.2013]. Saatavissa: http://www.pyhajarvensuojelu.net/default8.asp?active_page_id=152

Pyhäjärvi-instituutti. 2013c. Pyhäjärven suojeleuohjelma – Suojelutyö. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.9.2013]. Saatavissa: http://www.pyhajarvensuojelu.net/default3.asp?active_page_id=141

Rinta, S. 2005. EU:n vesipuitedirektiivin soveltaminen Suomen oloissa: Tapaustarkasteluna Säkylän Pyhäjärvi. Pro Gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos. Helsinki. 66 s.

Ryömä, H. 2013. Yhteisillä vesillä –hankkeen taustaa ja tavoitteita. Yhteisillä vesillä –blogi. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 4.11.2013]. Saatavissa: http://yhteisillavesilla.blogspot.fi/2013_04_01_archive.html

Sanastokeskus TSK ry. 2011. Geoinformatiikan sanasto. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 25.6.2013]. ISBN 978-952-9794-28-7 (sähköinen).

SFS-EN ISO 9241-210. 2010. Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia. Osa 210: Vuorovaikutteisten järjestelmien käyttäjäkeskeinen suunnittelu. 65 s.

Silberschatz, A., Korth, H. & Sudarshan, S. 2002. Database system concepts. 4. painos. 1061 s. ISBN 0-07-228363-7.

Skarlatidou, A. 2010. Web-mapping applications and HCI considerations for their design. Teoksessa Haklay M. (Toim.), Interacting with geospatial technologies. S. 245-264. ISBN 978-0-470-99824-3.

Sotarauta, M. 1996. Suunnittelun ansat ja pehmeä strategia. 14.9.1996 Tampereen yliopistossa pidetty lectio praecursoria. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: <http://www.uta.fi/jkk/sente/netlibrary/lectio.pdf>

Staffans, A. 2004. Vaikuttavat asukkaat – vuorovaikutus ja paikallinen tieto kaupunkisuunnittelun haasteina. 312 s. ISBN 951-22-6962-7.

Suomen kuntaliitto. 2011. Vesiensuojelu ja vesienhoito, [Verkkodokumentti]. [Viitattu 24.7.2013]. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/ymparisto/ymparistonsuojelu/vesiensuojelu/Sivut/default.aspx>

Suomen ympäristökeskus. 2013a. Kotijärvi terveeksi – kansalaisille uusia välineitä vesienhoitoon. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 28.10.2013]. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi_ja_meri/Kotijarvi_terveeksi__kansalaisille_uusia%2826515%29.

Suomen ympäristökeskus. 2013b. Säkylän Pyhäjärven automaattinen mittausasema. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 5.9.2013]. Saatavissa: <http://www.i3.ymparisto.fi/i3/sakylapyhajarvi/sakylapyhajarvi.htm>.

Tanskan ympäristöportaali (The Danish Natural Environment Portal). 2013. The Danish Natural Environment Portal: One gateway to data about nature and the natural environment in Denmark. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 7.11.2013]. Saatavissa: <http://internet.miljoportal.dk/English/Sider/default.aspx>.

Tarvainen, M. & Ventelä, A-M. 2007. Pyhäjärven suojelutyö 2000-2006. Pyhäjärvi-instituutin julkaisuja, Sarja B nro 14. Eura. 84 s. ISBN 978-952-9682-48-5 (PDF).

Valtiovarainministeriö. 2013. Avoimen tiedon ohjelma. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://www.hare.vn.fi/mHankePerusSelaus.asp?h_iID=19367&tVNo=1&sTyp=Selaus

Vehkaperä, H. 2009. Mitä ovat WMS, WFS, WCS – ja mihin niitä tarvitaan?. Positio 2/2009. s. 24-25. ISSN 1236-1070.

Ventelä, A-M. 2013a. Collective action case study: Finland. Teoksessa OECD (2013), Providing Agri-environmental Public Goods through Collective Action, OECD Publishing. S. 171-181. ISBN 9789264197213 (PDF).

Ventelä, A-M. 2013b. Pyhäjärvi-instituutti. Sepäntie 7, 27500 Kauttua. Haastattelu 30.8.2013.

Wardlaw, J. 2010. Principles of interaction. Teoksessa Haklay M. (Toim.), Interacting with geospatial technologies. S. 179-198. ISBN 978-0-470-99824-3.

Wikipedia. 2013. Wiki. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 20.10.2013]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Wiki>.

Ympäristöministeriö. 2011. Ympäristön tilan seurannan strategia 2020. Ympäristöministeriön raportteja 23/2011. 75 s. ISBN 978-952-11-3911-6 (PDF).

Ympäristöministeriö. 2013. Vesienhoidon suunnittelu ja yhteistyö. [Verkkodokumentti]. [Viitattu 23.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=435998&lan=FI>

Zeeshan, A. B., Serge, B., Hina, M. Y. 2011. The success of corporate wiki systems: an end user perspective. Teoksessa F. Ortega & A. Forte (Toim.), Proceedings of the 7th International Symposium on Wikis and Open Collaboration, 2011, Mountain View, CA, USA, October 3-5, 2011. ACM 2011 ISBN 978-1-4503-0909-7.