

Sisällysluettelo

1	Yleistä	2
2	Pohjaveden otto	2
3	Teollisuus- ja yritystoiminta	2
4	Liikenne, tienpito ja maastoliikenne.....	3
5	Pilaantuneet maa-alueet (ns. pima-alueet)	3
6	Asutus	4
6.1	Jätevedet.....	4
6.2	Öljysäiliöt	4
7	Hulevedet.....	5
8	Energiakaivot ja maalämpöjärjestelmät	5
9	Maa-ainestenotto	6
10	Maa- ja metsätalous sekä viheralueet	6
11	Hautausmaat	7
12	Sähköasemat, muuntoasemat, kytkinlaitokset, sähkövarastot, muuntamot	7
13	Aurinkopaneelit, aurinkopaneelipuistot/aurinkovoimalat	7
14	Tuulivoimalat / tuulivoimapuistot	9
15	Rakentaminen.....	10
16	Ilmastonmuutos	11
17	Kyberturvallisuus ja varautuminen	12

POHJAVESIRISKIT

1 Yleistä

Pohjavesialueella sijaitsevilla toiminnoilla voi olla haitallisia vaikutuksia pohjaveden laatuun ja määrään. Pohjaveden pilaantumista voivat aiheuttaa jatkuvat tai kertaluonteiset päästöt. Pilaantumisherkkyteen vaikuttavat oleellisesti haitallisten aineiden ominaisuudet (esim. vesiliukoisuus, viskositeetti, adsorptiokyky ja hajoavuus) sekä maaperän laatu, rakenne ja kerrospaksuudet sekä pohjavesiolosuhteet.

Pitkäaikaiset päästöt voivat vaikuttaa veden laatuun usean vuoden viiveellä. Joskus likaantuminen voi jatkua, vaikka haitallinen toiminta on jo päättynyt. Tällaista pohjaveden laatuun vaikuttavaa tekijää on usein vaikea paikallistaa. Kertaluonteisissa päästöissä aikaa vahingon torjuntaan on usein hyvin vähän, tavallisesti vain muutamista tunneista muutamiin vuorokausiin. Torjuntatoimien nopeus ja oikeiden menetelmien valinta on ensiarvoisen tärkeää, jotta ympäristölle haitalliset aineet eivät ehdi kulkeutua pohjaveteen.

Pohjaveden määrä voi vaarantua, jos pohjaveden muodostumisalueelle sijoittuu toimintoja, joista johtuen maaperään imeytyy vettä luontaista määrää vähemmän. Pohjaveden määrään vaikuttavia toimintoja voivat olla esimerkiksi pohjaveden pinnan alainen maa-ainestenotto, ojitus tai liiallinen vedenotto ja vettä läpäisemättömien pintojen rakentaminen. Pohjaveden määrä voi vaarantua myös mm. rakentamiseen liittyvien toimenpiteiden, mm. paalutus, pohjavedenpinnan alentaminen (työnaikainen ja pysyvä), vuoksi.

Pohjaveteen kohdistuvia riskejä voidaan vähentää poistamalla tai siirtämällä riskit pois pohjavesialueelta. Jos riskejä ei voida siirtää, niitä on pienennettävä. Riskejä voidaan pienentää mm. luvituksella, valvonnalla ja tiedottamisella sekä suojarakenteilla ja parantamalla vahinkojen torjuntavalmiutta. Myös kaavoitus ja maankäytön suunnittelu ovat merkittävässä asemassa uusien pohjavesiriskien välttämässä.

2 Pohjaveden otto

Pohjavesialueen antoisuuteen nähden liiallinen vedenotto voi muodostaa merkittävän riskitekijän pohjaveden laadulle ja määrälle. E erityisen suuri riski on silloin, jos muodostumaan pääsee liiallisen vedenoton seurauksena pintavettä rantaimetyymisen kautta. Pintavesissä on usein humusta, joka kuluttaa pohjavesikerroksen happea ja aiheuttaa raudan ja mangaanin liukenemista pohjaveteen. Pintaveteen voi myös päätyä erilaisia haitta-aineita esimerkiksi onnettomuuden seurauksena.

Lisäksi pintavesien leväkukinnot ja erityisesti sinilevät muodostavat riskin. Sinilevien vapauttamat myrkyt läpäisevät saostukseen ja hiekkasuodatuksen perustuvan vedenkäsittelyn. Sinilevien hermomyrkyt ovat ihmisen terveydelle vaarallisia ja edistävät muun muassa maksakasvainten syntyä. Sinilevien myrkyt ovat hitaasti hajoavia.

Liiallinen vedenotto saattaa myös heikentää pohjaveden laatua, kun vedenottamolle virtaava vesi tulee pohjavesialueen lievealueilta, jotka ovat savipeitteisiä. Tällaisilta alueilta tuleva pohjavesi on usein hapetonta ja siinä on liuennutta rautaa ja mangaania. Liiallinen vedenotto saattaa myös muuttaa pohjaveden virtaussuuntia tai vaikutusalueita niin, että vedenottamolle päätyy pilaantunutta pohjavettä. Lisäksi liiallinen vedenotto suhteessa pohjavesimuodostuman antoisuuteen voi laskea pohjaveden pinnankorkeuksia pysyvästi.

3 Teollisuus- ja yritystoiminta

Teollisuuden aiheuttamat pohjaveden pilaantumistapaukset ovat useimmiten aiheutuneet siirtoputkiston, viemärin tai säiliön vuodoista, kemikaalien käsittelyalueiden puutteellisesta

suojauksesta tai jätevesien väärästä tai puutteellisesta käsittelystä. Myös varastoinnissa ja kuljetuksessa voi olla puutteita. Kemikaalia voi päästä maaperään ja pohjaveteen myös tulipalon ja sen sammutusvesien seurauksena sekä onnettomuuden tai huolimattoman käsittelyn seurauksena. Pohjavettä pilaavista aineista yleisiä ovat bensiniin lisäaineet, kemiallisten pesuloiden pesuaineet sekä metalliteollisuusyritysten rasvanpoistoon käytetyt liuottimet, puutavaran suojaukseen käytetyt kyllästysaineet sekä polttoöljy. Pohjaveden muodostumisalueella toteutettava esim. teiden ja teollisuusalueiden piha-alueiden päällystäminen vähentää alueella muodostuvan pohjaveden määrää. Tämä tulee ottaa huomioon erityisesti alueilla, joilla piha-alueiden päällystämistä suunnitellaan vedenhankinnan kannalta tärkeille pohjavesialueille.

4 Liikenne, tienpito ja maastoliikenne

Liikenteen aiheuttama pohjavesien pilaantumisvaara voi aiheutua liikenneonnettomuudesta, vaarallisten aineiden kuljetusten vahingoista, tienpidosta ja liikenteen päästöistä. Liikenteen aiheuttamia päästöjä ovat lähinnä rikkidioksidi, typen oksidit, hiilimonoksidi, erilaiset hiilivedyt, lyijy ja hiukkaspäästöt. Niiden kulkeutumista ja vaikutusta pohjaveteen ei ole systemaattisesti tutkittu.

Liukkauden torjunnassa teiden suolaus on tärkein menetelmä. Yleensä suolaa (NaCl) käytetään korkeampien hoitoluokkien teillä liukkaudentorjuntaan ja kesäisin pölynsidontaan kalsiumkloridia (CaCl₂) pinnoittamattomilla tieosuuksilla. Tiesuolaa on pidetty harmittomana aineena, minkä myötä sen käyttö lisääntyi 1970 – 1980-luvuilla. Monilla pohjavesialueilla lisäys näkyy nykyään kohonneena kloridipitoisuutena ja tavallista suurempina sähköjohtavuuden arvoina. Kloridi vedessä saattaa aiheuttaa putkistojen korroosiota jo pieninä pitoisuuksina (> 25 mg/l) ja suurina pitoisuuksina (> 200 mg/l) terveys- ja makuhaittoja.

Vaarallisia aineita voi joutua maantiekuljetusten yhteydessä ympäristöön esimerkiksi säiliöauton ulosajossa. Erilaiset nesteet imeytyvät osin maaperään ja edelleen pohjavesivyöhykkeeseen, jossa ne voivat levitä laajalle alueelle. Tällöin aineiden kulkeutuminen onnettomuuspaikan läheisyydessä riippuu merkittävästi ympäristön ominaisuuksista, kuten maaperän läpäisykyvystä, pohjaveden syvyydestä maanpintaan nähden, pohjaveden virtaussuunnista, maanpinnan viettosuunnista ja jyrkkyydestä, pintavesiuomien ja vesistöjen läheisyydestä sekä vuodenajasta. Myös nesteen ominaisuudet, kuten liukenevuus ja viskositeetti, ovat keskeisiä tekijöitä aineiden kulkeutumisessa ympäristöön.

5 Pilaantuneet maa-alueet (ns. pima-alueet)

Ympäristöviranomaisen ylläpitämään Maaperän tilan tietojärjestelmään eli Matti-järjestelmään kirjataan tietoja alueista, joiden maaperään on voinut päästä haitallisia aineita, tai joiden tilaa on selvitetty tai jotka on jo puhdistettu (ns. pima-kohteet).

Maa-aluetta kutsutaan pilaantuneeksi, jos siinä olevan haitallisen aineen pitoisuus ylittää kyseessä olevan alueen luontaisen pitoisuuden ja aineen kokonaismäärä maaperässä on merkittävä. Maaperän pilaantuminen on seurausta ihmisen toimintojen aiheuttamasta lisäkuormituksesta maaperään.

Ympäristönsuojelulain mukaan maahan ei saa jättää tai päästää jätettä tai muuta ainetta taikka eliöitä tai pieneliöitä siten, että seurauksena on sellainen maaperän laadun huononeminen, josta voi aiheutua vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle, viihtyisyyden melkoista vähentymistä tai muu niihin verrattava yleisen tai yksityisen edun loukkaus (16 § maaperän pilaamiskielto). Pilaantuneet maa-alueet aiheuttavat pohjaveden pilaantumista, mikäli haitta-aineet pääsevät kulkeutumaan maa-aineksesta pohjaveteen.

6 Asutus

6.1 Jätevedet

Kunnan viemärlaitoksen toiminta-alueeseen kuuluvien kiinteistöjen oikeus ja velvollisuus on liittyä verkostoon. Haja-asutusalueiden ongelmakohtia ovat puutteellinen jätevesien käsittely.

Pohjavesialueella jätevesien puutteellinen käsittely, rikkoutunut viemäri tai jäteveden pumppaamoiden ylivuoto voivat aiheuttaa pohjaveden pilaantumisen. Jätevesi nostaa pohjaveden sähkönjohtavuutta sekä kloridi-, nitraatti- ja fosfaattipitoisuuksia. Jäteveden mukana pohjaveteen päätyy myös bakteereja ja viruksia, minkä seurauksena vesi ei enää sovellu talousvedeksi. Talousvesiin voi tulla myös haju- ja makuhaittoja.

Viemäriverkostojen ulkopuolella sijaitsevien kiinteistöjen talousjätevesien käsittelylle on asetettu vaatimuksia Valtioneuvoston asetuksessa talousvesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (157/2017) sekä ympäristönsuojelulain (527/2014) muutoksessa (19/2017).

6.2 Öljysäiliöt

Öljysäiliöt ovat riski pohjavesialueilla, joille sijoittuu öljylämmitteisiä pientaloja sekä yrityksiä, joissa käsitellään ja varastoidaan nestemäisiä polttoaineita.

Vanhat maanalaiset säiliöt muodostavat erityisen suuren riskin pohjavesialueilla, sillä maan alle sijoitetun öljysäiliön rikkoutuessa vuoto on vaikeampi havaita kuin maan pinnalla säiliössä. Öljyvuoto maaperään voi tapahtua myös öljyn siirtoputkiston vuodon, öljyn kuljetusauton onnettomuuden tai tankkaustapahtuman häiriön seurauksena.

Pohjaveden pilaantumisen kannalta vaarallisimpia öljytuotteita ovat kevyt polttoöljy ja dieselöljy, koska ne läpäisevät maakerrokset helposti ja ovat huonosti haihtuvia. Pohjaveteen päässeän öljyn on todettu pysyvän muuttumattomana vuosikymmeniä.

Pohjavesialueella sijaitsevien öljysäiliöiden tarkastukset tulee suorittaa määrävälein. Säiliö on määräaikaistarkastettava ensimmäisen kerran 10 vuoden kuluessa säiliön käyttöönotosta.

Säiliöt jaetaan niiden kunnon perusteella seuraaviin luokkiin:

ÖLJYSÄILIÖIDEN LUOKAT

A-LUOKKA:

- Metalliset säiliöt, joiden levypaksuudesta on jäljellä vähintään 3 mm, sekä muut kuin metalliset säiliöt, jotka painekokeen perusteella todetaan tiiviiksi
- Seuraava tarkastus metallisäiliöillä 5 vuoden ja muilla 10 vuoden kuluttua.

B-LUOKKA:

- Metalliset säiliöt, joiden levypaksuudesta on jäljellä enemmän kuin 1,5 mutta vähemmän kuin 3 mm.
- Ei metalliset säiliöt, joissa on pieniä muodonmuutoksia ja painaumuksia mutta ei halkeamia.
- Seuraava tarkastus 2 vuoden kuluttua.

C-LUOKKA:

- Säiliö on poistettava käytöstä kuuden kuukauden kuluessa tarkastuksen suorittamisesta, jollei palo/pelastusviranomaisen erityisistä syistä anna poiketa tästä.

D-LUOKKA:

- Säiliö on poistettava käytöstä välittömästi.

Öljysäiliöitä koskevaa lainsäädäntöä on tarkasteltu tarkemmin liitteessä 1.

7 Hulevedet

Hulevedellä tarkoitetaan rakennetulla alueella kaduilta, pihoilta, rakennusten katoilta tai muilta vastaavilta pinnoilta pois johdettavaa sade- ja sulamisvettä. Hulevesiin luetaan kuuluviksi myös perustusten kuivatusvedet. Sade-, sulamis- ja kuivatusvedet huuhtovat pinnoilta huuhtoutumisalueesta riippuen mukaansa epäpuhtauksia kuten raskasmetalleja, öljyjä, ravinteita ja liukkaudentorjunta-aineita.

Kiinteistöllä muodostuvista hulevesistä vastaa kiinteistön omistaja tai haltija. Kunta kokoaa ja johtaa hulevedet pois katu-, tie- ja piha-alueilta sekä rakennusten katoilta, niillä alueilla, joilla on hulevesiverkosto.

Hulevedet ja niiden käsittely voivat vaikuttaa sekä pohjaveden laatuun että määrään. Muodostuvat hulevedet voidaan käsitellä kahdella tavalla: ne joko imeytetään maaperään syntypaikallaan tai sen välittömässä läheisyydessä, tai ne johdetaan alueelta pois ja puretaan vesistöön tai imeytetään maaperään muualla. Pohjavesialueella maaperään saa imeyttää vain puhtaita hulevesiä, kuten kattovesiä.

Hulevesien johtaminen viemäreissä pois niiden muodostumisalueelta on tarpeen alueilla, joilla huleveteen huuhtoutuu pinnoilta runsaasti epäpuhtauksia. Jos vedet eivät imeydy tai niitä ei imeytetä lähellä niiden muodostumisaluetta, maaperään imeytyvän veden määrä alueella vähenee. Tästä aiheutuu muodostuvan pohjaveden määrän vähenemistä sekä pohjaveden pinnankorkeuden laskua.

8 Energiakaivot ja maalämpöjärjestelmät

Maalämmöllä tarkoitetaan maa- ja kallioperän pintaosiin varastoitunutta lämpöenergiaa. Lämpöenergiaa voidaan hyödyntää rakennusten ja niiden käyttöveden lämmittämiseen ja viilentämiseen lämpöpumpputekniikan avulla.

Maalämmön käyttö on viime vuosina lisääntynyt nopeasti. Energiakaivoista tai maalämpöjärjestelmistä voi aiheutua pohjaveden pilaantumisriskiä pääasiassa mahdollisista lämmönsiirtoainevuodoista ja pintavesien pääsystä pohjaveteen vuotavien kaivorakenteiden tai suojaputkitusten vuoksi. Mikäli energiakaivojen rakennustöitä tehdään pilaantuneilla maa-alueilla, on vaarana, että pilaantunut maa-aines tai huonolaatuinen pinta- tai pohjavesi pääsee sekoittumaan hyvälaatuiseen pohjaveteen. (Juvonen ja Lapinlampi 2013).

Energiakaivon poraus kallioon saattaa aiheuttaa pohjaveden samentumista, muutoksia pohjaveden virtausolosuhteisiin ja pahimmassa tapauksessa lähistön kaivojen kuivumista. Lisäksi porauskalustosta vuotavat poltto- ja voiteluaineet voivat aiheuttaa pohjaveden tai maaperän pilaantumista. (Juvonen ja Lapinlampi 2013).

Energiakaivot ja maalämpöjärjestelmät aiheuttavat käytännössä melko pienen riskin pohjaveden laadulle. Järjestelmät ovat suljettuja ja mahdolliset vuodot todetaan todennäköisesti melko nopeasti, koska lämmönsiirtonesteiden vuotaminen aiheuttaa järjestelmän lämmitystehon heikkenemistä. Lisäksi yksittäisen kaivon sisältämä lämmönsiirtoaineen määrä on melko pieni. Toisaalta järjestelmät ovat usein melko uusia eikä niiden ikääntymisestä johtuva vikaantuminen tai muut mahdolliset ongelmat ole vielä laajalti tiedossa.

Pohjavesialueella tulee huomiotavaksi pohjaveden muuttamiskielto sekä pohjaveden pilaamiskielto. Nykyisen oikeuskäytännön mukaan pohjavesialueille sijoittuvat energiakaivot edellyttävät aina vesilain mukaisen luvan. Maalämpöpiirien osalta ELY-keskukset voivat tehdä tapauskohtaista harkintaa, mutta senkin perusteeksi pitää selvittää maaperäolosuhteet (minimivaatimus; 2–3 m savikerros asennustason alapuolella).

9 Maa-ainestenotto

Maa-aineslain mukaan soran- ja hiekanotto on kotitarve- ja turpeenottoa lukuun ottamatta luvanvaraista. Kotitarveoton ylittäessä 500 m³ myös siitä on ilmoitettava kunnan valvontaviranomaiselle. Maa-aineksen ottotoiminta on järjestettävä siten, että kaunis maisemakuva ei turmellu ja pohjaveden laatu ei vaarannu. Pohjaveden muodostumiseen ja määrään vaikuttavia toimenpiteitä saa tehdä vain aluehallintoviraston luvalla. Maa-ainesten ottotoiminnan merkittävimmät pohjaveden laatua vaarantavat toiminnot ovat koneiden ja polttoainesäiliöiden öljyvuodot ja maannoksen häviäminen.

Vanhoilla hoitamattomilla soranottoalueilla pohjaveden pinta on usein lähellä maanpintaa. Pohjavedeksi suodautuvan vajoveden määrä kasvaa haihduttavan kasvillisuuden ja pintamaan puuttuessa. Pintamaan poistamisen seurauksena myös pohjaveden pinnankorkeuden vuodenaikaisvaihtelu lisääntyy ja maaperän kyky puhdistaa vettä on pienempi, kun suodattava kerros ohenee. Maannoskerroksen puuttuessa maaperän happamuus ja haitta-aineiden kulkeutuminen maahan lisääntyy. Maa-ainesten oton vaikutuksesta pohjaveden nitraatti-, sulfaatti-, magnesium-, kalsium-, kloridi- ja alumiinipitoisuudet sekä sähkönjohtavuus voivat kohota. Kallioainesten ottoalueilla räjähdysaineiden sisältämä typpi kohottaa nitraattipitoisuutta. Myös maa-ainestenottoalueiden pohjalla olevat lammet voivat muuttaa pohjaveden laatua. Ottoalueiden jälkihoito on tärkeää, jotta alueelle kuulumattomat ainekset, kuten jätteet ja ylijäämämassat eivät lisää pohjaveden laadulle aiheutuvaa riskiä.

10 Maa- ja metsätalous sekä viheralueet

Peltoviljelyn ja karjatalouden aiheuttamat vaikutukset riippuvat paikallisista maaperä- ja pohjavesiolosuhteista ja niitä on sen vuoksi aina tarkasteltava tapauskohtaisesti.

Pohjavesialueella tehtävät metsänhoitoon liittyvät ojitukset, lannoitukset ja tuhoeläinten torjunta saattavat aiheuttaa pohjaveden pilaantumista. Tästä johtuen pohjavesialueilla ei suositella lannoitusta tai kasvinsuojeluaineiden käyttöä. Pohjavesialueilla ei myöskään suositella tehtäväksi ojituksia. Jos ojitus on välttämätöntä, tulee siitä tehdä ilmoitus ELY-keskukselle. Ojitusilmoituksen käsittelyn yhteydessä arvioidaan mahdollinen vesiluvan tarve.

Suomen Metsäkeskus välittää ELY-keskukselle metsänkäyttöilmoituksen, jos toimenpiteet kohdistuvat pohjavesialueella sijaitsevalle kiinteistölle ja pitävät sisällään avohakkuita tai maanmuokkausta. ELY-keskukset tarkistavat metsänkäyttöilmoitukset ja antavat tarvittaessa lisäohjeistusta. Metsänhoidollisia toimenpiteitä ei voida kieltää, mutta voidaan esittää suosituksia ja tarvittaessa ojituksen osalta edellyttää vesilupaa. Lannoittamista ja torjunta-aineiden käyttöä pohjavesialueilla on rajoitettu.

Kaupunkiympäristössä useita viheralueita hoidetaan aktiivisesti mm. lannoittamalla sekä mahdollisesti kasvinsuojeluaineilla.

Kasvinsuojeluaineiden käyttöä säätelee ja rajoittaa laki kasvinsuojeluaineista (ent. torjunta-ainelaki) sekä useat maa- ja metsätalousministeriön päätökset ja asetukset. Vedenhankintaa varten tärkeillä ja soveltuvilla pohjavesialueilla ei saa käyttää Tukesin (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto) kasvinsuojeluainerekisterissä olevia valmisteita, joilla on pohjavesirajoitus. Valmisteen käyttökielto pohjavesialueella käy ilmi valmisteen myyntipäällyksestä. Rajoituksen tarkoituksena on ehkäistä maassa helposti kulkeutuvaa kasvinsuojeluainetta tai sen hajoamistuotetta joutumasta pohjaveteen ja sitä kautta juomaveteen.

Kasvinsuojelu- ja torjunta-aineiden käyttöä valvotaan tehokkaasti ja niiden tulee olla Elintarviketurvallisuusviraston tai muun kemikaalilain mukaan toimivaltaisen viranomaisen hyväksymiä ennen niiden pääsyä markkinoille ja käyttöön. Aikaisemmin aineiden käyttö on

kuitenkin ollut runsaampaa ja valvonta sekä tietämys ympäristöriskeistä puutteellista. Suuri osa torjunta-aineista hajoaa varsin hitaasti, joten ympäristöön jouduttuaan ne ovat verrattain pysyviä. Monet torjunta-aineet ovat lisäksi vesiliukoisia ja siten helposti kulkeutuvia.

11 Hautausmaat

Hautausmaiden vaikutukset pohjaveteen liittyvät sekä itse hautaustoimintaan että alueella tehtäviin puutarhahoidollisiin töihin. Muutoksia laatutekijöissä aiheuttavat mm. hautausmaiden rakentaminen, ojitukset, vesijohdot, maantäyttö, nurmetukset, istutukset, lannoitukset, mahdollinen torjunta-aineiden käyttö sekä itse hautaaminen.

Hautausmaiden on todettu laskevan alueen pohjaveden pH:ta. Lisäksi sähkönjohtavuus, typpiyhdisteiden määrä ja humuspitoisuus nousevat ja kemiallinen ja biologinen hapenkulutus kasvaa. Pohjavesi myös altistuu mikrobeille ja vesissä on todettu rasvahappoja. Nämä vaikutukset ovat yleensä paikallisia ja laimenevat suurissa pohjavesimäärissä.

12 Sähköasemat, muuntoasemat, kytkinlaitokset, sähkövarastot, muuntamot

Sähköasemat voidaan luokitella muuntoasemiin ja kytkinlaitoksiin. Sähköasemien koko vaihtelee muutamista sadoista neliömetreistä hehtaareihin. Sähköasemien, muuntoasemien, kytkinlaitosten ja muuntamoiden pohjavesiriskin aiheuttaa pääasiassa niiden sisältämä öljy, joka useimmiten on raakaöljystä jalostettua mineraaliöljyä. Sähköasemilla ja muuntoasemilla voi olla kymmeniä-satojatuhansia kuutioita öljyä lähinnä jäähdystystä varten.

Sähkövarastot ovat suuren mittaluokan sähkön varastointijärjestelmiä, joita tarvitaan varsinkin tuuli- ja aurinkovoimalaitosten tuottaman sähkön varastointiin ja jakamiseen kuluttajille. Sähkövarastolla tarkoitetaan elektrokemiallista sähköakkaa, jossa sähkö varastoidaan akkumateriaaleihin kemialliseksi energiaksi. Akut voivat olla litiumakkuja tai rautafosfaattiakkuja. Sähkövarasto koostuu usean kymmenen suuren merikontin kokoisista moduuleista, joita voidaan tarvittaessa lisätä. Sähkövarastoissa käytettävät litiumakut ovat herkkiä korkeille lämpötiloille. Akkuvastot voivat olla kooltaan myös edellä kuvattuja pienempiä ja koostua esim. yhdestä merikontista.

Muuntamot ovat joko puistomuuntamoja, joissa on altaat öljyvuotojen varalla, tai pylvä-/rakennusmuuntamoja. Tavoitteena on vaihtaa pohjavesialueella sijaitsevat pylväsmuuntajat puistomuuntajiksi pohjavesialueilla.

Pohjavesialueella sijaitsevien sähkövarastojen, muuntoasemien ja kytkinlaitosten aiheuttama suurin riski on niiden rikkoontuminen tai tulipalo, jolloin öljytuotteet ja kemikaalit sekä maametallit voivat päästä pohjaveteen ja levitä laajalle alueelle sammutusvesien tai muiden sammutusaineiden mukana. Riskiä voidaan vähentää asianmukaisin suojarakentein.

Sähköasemia, muuntoasemia tai sähkövarastoja ei tule sijoittaa pohjavesialueelle.

13 Aurinkopaneelit, aurinkopaneelipuistot/aurinkovoimalat

Aurinkoenergiահankkeet on Suomessa yleensä toteutettu varsin pienessä mittakaavassa ja olemassa olevien rakennusten yhteyteen. Auringosta tuotetaan yleensä joko sähköä, jolloin kyse on aurinkopaneeleista tai lämpöä, jolloin puhutaan aurinkokeräimistä. Näiden rinnalle on kuitenkin tulossa myös yhä isomman mittakaavan hankkeita, kuten teollisen kokoluokan aurinkovoimaloita. Aurinkovoimalalla tarkoitetaan järjestelmiä, joista sähkö syötetään

verkkoon. Teollisia aurinkovoimaloita pienempiä järjestelmiä (10– n. 1000 kW) ovat sellaisia, joissa sähköä/lämpöä tuotetaan pääasiassa omaan kulutukseen kerrostaloissa, teollisuus-, kauppa- tai toimistorakennuksissa sekä kotitalouskäyttöön (alle 10 kW), joissa sähköä/lämpöä tuotetaan pääasiassa omaan kulutukseen omakotitaloissa.

Aurinkopaneelikentistä ja niiden yhteydessä olevista sähkövarastoista aiheutuvat pohjavesiriskit voivat olla niiden rakentamisen tai käytön aikaisia. Aurinkopaneelikentän rakentaminen vaatii laajan ja tasaisen maa-alueen, joten esimerkiksi harjualueilla joudutaan maaperän korkeuseroja tasaamaan maansiirtotöillä, jotka aiheuttavat riskin alueen pohjaveden laadulle, kun muodostuvaa pohjavettä suodattavat maakerrokset ohenevat. Puiden ja pintamaiden poisto muuttaa pohjaveden imeytymisolosuhteita aiheuttaen pohjaveden pinnankorkeuden vaihteluita ja pohjavedenlaadun muutoksia. Paneelikentille rakennettavat tiet ja rakentamisen aikainen raskas työmaaliikenne aiheuttavat myös riskin pohjaveden laadulle, kuten myös aurinkopaneelien perustukset ja kaapeloinnit, mikäli pohjavettä suojaava maakerros on ohut. Lisäksi mahdollinen paineellinen pohjavesi pitää huomioida jo suunnitteluvaiheessa. Aurinkopaneelikentät vaativat laajalti maa-alaa, minkä vuoksi niiden rakentaminen saattaa rajoittaa myös esimerkiksi vedenottoaivojen ja muiden vedenhankintaan liittyvien rakenteiden rakentamista.

Aurinkopaneelikenttien käytön aikaiset pohjavesiriskit voivat muodostua esimerkiksi paneelien kennoissa käytettävistä maametalleista, öljyistä ja kemikaaleista. Lisäksi paneelikentillä käytetään jonkin verran torjunta-aineita, jäänesto- ja ruosteenestokemikaaleja. Kennojen rikkoontumisen tai tulipalon sattuesssa näitä aineita voi päästä pohjaveteen ja levitä laajalle alueelle sammutusvesien tai muiden sammutusaineiden mukana. Tulipalon sattuesssa aurinkopaneelit voivat sirpaloitua ja levitä erittäin laajalle alueelle savun mukana. Tulipalossa aurinkopaneelien alumiiniseoksesta tehdyt kehykset saattavat sulaa jo ennen kuin paneeli lakkaa tuottamasta virtaa.

Pelastustoiminnan kannalta laaja-alaisen voimalakentän sijoituksessa tulisi huomioida lähestymisreitit voimalakentälle useammasta suunnasta, pelastustien mitoituksen täyttävät ajoväylät voimalakentälle sekä mahdollisuus kiertää kenttä ja paneeliryhmät ympäri raskaalla ajoneuvokalustolla. Laajoilla paneelikentillä tulisi olla sammutusauton pelastustien mitoituksen täyttävät ajoväylät vesitykkikantaman (esim. noin 25-30 m) etäisyydelle paneeleista. Suurten aurinkovoimaloiden suunnittelun yhteydessä tulisi huomioida riittävä sammutusveden saanti. Erityisjärjestelyistä tulee sopia pelastusviranomaisen kanssa.

Paneelikentän mahdollisen aluskasvillisuuden osalta tulisi huomioida, että se voi lisätä palon leviämisen riskiä. Palamaton alusta on suositeltavin. Palavan aluskasvillisuuden poisto tulisi huomioida riittävän laajalla alueella myös paneelikentän ympärillä maastopalovaaran ehkäisemiseksi. Kasvittomuus ja sen myötä maannoskerroksen hidas muodostuminen puolestaan aiheuttaa riskiä pohjaveden laadulle.

Runsaiden sateiden aikana pintavalunta lisää paneelikentillä eroosiota, joka hidastaa alueen kasvittumista. Runsaat vesimäärät myös tiivistävät maaperää heikentäen pohjaveden muodostumista alueella.

Aurinkovoimalat eivät ole YVA-lain (2017/252) liitteen 1 hankeluettelossa, mutta aurinkovoimala voi olla YVA-velvollinen, jos sen katsotaan todennäköisesti aiheuttavan laadultaan ja laajuudeltaan merkittäviä ympäristövaikutuksia. Lisäksi tulee huomioida ympäristönsuojelulain pohjaveden pilaamiskielto (17 § 527/2014) sekä vedenottamoiden suoja-alue määräykset.

Suomessa ei vielä ole yhtenäistä valtakunnallista ohjeistoa aurinkoenergiajärjestelmien rakentamiseen. Kuten muissakin rakennushankkeissa, aurinkoenergiahankeiden velvollisuudet ja vastuut määräytyvät 1.1.2025 alkaen Rakentamislain (ent. Maankäyttö- ja

rakennuslaki) mukaisesti. Aurinkovoimaa voidaan käsitellä kaikilla alueidenkäytön suunnittelun tasoilla eli maakunta-, yleis- ja asemakaavassa.

Laajat kaupalliset aurinkopaneelikentät/aurinkovoimalat eivät sovellu pohjavesialueelle, eivät varsinkaan pohjaveden muodostumisalueelle. Kiinteistökohtaisia aurinkopaneeleita voidaan sijoittaa pohjavesialueille.

Aurinkopaneelikenttien/aurinkovoimaloiden sijoittaminen pohjavesialueelle edellyttää hankekohtaista hydrogeologista tarkastelua ja vesilain mukaisen lupatarpeen arviointia.

14 Tuulivoimalat / tuulivoimapuistot

Tuulivoimapuisto muodostuu tuulivoimaloista perustuksineen, tuulivoimaloiden välisistä huoltoteistä, tuulivoimaloiden välisistä keskijännitekaapeleista, puistomuuntamoista, alueverkkoon liitettävistä ilmajohdoista, hankealueen kytkinasemasta sekä hankealueelle tai sen läheisyyteen rakennettavasta sähköasemasta.

Kunkin tuulivoimalan ympäriltä on rakennus- ja asennustöitä varten raivattava puustoa noin 1,5 - 2 hehtaarin kokoiselta alueelta/voimala. Tuulivoimapuiston rakentamisen aikana tarvitaan lisäksi väliaikaista varastointi-, pysäköinti- ja työmaaparakkialueita. Vaikutuksen merkittävyys liittyy paljolti perustamistapaan, kaivettavien massojen määrään ja kaivantojen kuivanapitoon. Tuulivoimalan perustamissyvyys on tyypillisesti noin 3–5 metriä ja perustusten halkaisija on noin 25–30 metriä. Tapauskohtaisesti voimalan perustaminen voi vaatia pohjaveden alentamista, jotta saavutetaan rakennusteknisesti järkevä anturakoko ja perustamissyvyys. Haitallisten vaikutusten todennäköisyys ja merkittävyys riippuvat siitä, miten lähellä pohjavedenpinta on maanpinnan tasoa ja siitä, onko pohjavesi paineellista vai ei. Pohjaveden pintaa saatetaan joutua alentamaan ainakin rakentamisen aikana. Rakentamisaika on keskimäärin 1-2 vuotta.

Tuulivoimaloissa käytetään öljyä, jäähdytysnesteitä ja voiteluaineita. Tuulipuiston toiminta-aikaan liittyy riski voimaloiden öljy- ja kemikaalipäästöistä. Päästöriskin kuuluu voimalan vaurioituminen siten, että öljyä pääsee maaperään tai huoltotoimintaan liittyvä öljyvuoto. Voimalat on suunniteltu siten, että vuodot jäävät rakenteiden sisään. Toiminta-aikana vaikutukset pohjaveteen ovat epätodennäköisiä. Tulipalot saattavat aiheuttaa suuren riskin pohjavesialueella.

Tuulivoimalan rakentaminen vaatii aina joko rakennusluvan tai toimenpideluvan.

Tuulivoimahanke vaatii YVA-lain mukaisen menettelyn soveltamista aina, kun yksittäisten laitosten lukumäärä on vähintään 10 kappaletta tai kokonaisteho vähintään 45 megawattia. Hankekokonaisuuteen katsotaan kuuluvan myös rakentamiseen, käyttöön ja huoltoon tarvittavat rakenteet. Arviointimenettelyä sovelletaan lisäksi yksittäistapauksessa myös pienempään kuin 10 tuulivoimalan tai kokonaisteholtaan alle 45 MW:n hankkeeseen, mikäli sen ympäristövaikutukset olisivat todennäköisesti merkittävästi haitallisia.

Uudenmaan maakuntakaavassa 2050 ei ole osoitettu tuulivoimalle aluevarausmerkintöjä Nurmijärven alueelle.

Tuulivoimalat eivät sovellu pohjavesialueelle, eivätkä varsinkaan pohjaveden muodostumisalueelle.

15 Rakentaminen

Pohjavesialueella rakentamista ohjaa kunnan rakennusjärjestys, joka on oikeudellisesti sitova.

Rakentamisen vaikutukset pohjaveden laatuun, määrään ja virtausolosuhteisiin tulisi huomioida jo kaavoitusvaiheessa, jotta pohjavettä vaarantavat toiminnot voitaisiin jo kaavoittaessa ohjata pohjavesialueiden ulkopuolelle.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on selvitettävä rakennuspaikan pohjaolosuhteet rakennushankkeen suunnittelun yhteydessä rakennuspaikalla tehtävällä pohjatutkimuksella. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on selvitettävä, onko rakennuspaikan maaperä pilaantunut, jos alueella harjoitettu aikaisempi toiminta tai jokin muu syy on saattanut pilata maaperää tai maaperästä voi vapautua haitallisia aineita ja johtua edelleen pohjaveteen.

Jos on odotettavissa, että rakentaminen voi aiheuttaa haitallisia muutoksia pohjaveden virtauksessa tai pohjavedessä, on rakennushankkeeseen ryhtyvän selvitettävä muutosten vaikutukset. Haitallisten vaikutusten välttämiseksi on rakentamisen sekä tarvittaessa rakennuksen käytön aikana seurattava vaikutuksia rakennushankkeeseen ryhtyvän laatiman tarkkailuohjelman mukaisesti ja rakennettava tarvittaessa tarkkailumittausjärjestelmä.

Luotettavan pohjaveden pinnankorkeuden puuttuessa maankäytön suunnitelmista on rakennushankkeeseen ryhtyvän selvitettävä pohjaveden pinnankorkeus rakennuspaikalla. Rakennuslupahakemuksessa tai rakentamista koskevissa suunnitelmissa on esitettävä luotettavalla tavalla mitattu tai arvioitu pohjaveden ja mahdollisen orsiveden pinnan ylin taso rakennuspaikalla. Asiakirjoissa on esitettävä pinnankorkeuden määrittämisessä käytetyt tietolähteet.

Pohjaveden määrä ja laatu voivat vaarantua myös rakentamiseen liittyvien toimenpiteiden johdosta mm. paalutuksen vaikutuksesta tai työnaikaisesta ja pysyvästä pohjavedenpinnan alentamisesta johtuen. Paalutuksen myötä on riski haitta-aineiden kulkeutumisesta pohjavesimuodostumaan ja itsessään paalutus saattaa nostaa merkittävästi esim. pohjaveden pH:ta. Lisäksi pohjavedenpinnan alentamisen myötä saattaa aiheutua painumia.

Rakennettaessa pohjavesialueilla ja erityisesti savipeitteisillä alueilla tulisi ennen rakentamistoimenpiteitä laatia rakentamistapaselvitys ja asiantuntijalausunto rakentamisen pohjavesivaikutuksista sekä selvittää pohjaveden pinnan asema sekä mahdollinen paineellinen tai arteesinen pohjaveden esiintyminen rakennettavalla alueella.

Pohjaveden alentamista koskevassa pohjavesiselvityksessä tulee esittää pohjaveden pinnan alentamisen vaikutukset ympäristön rakenteisiin, kasvillisuuteen ja kunnallistekniikkaan. Ympäristön rakenteista tulee huomioida erityisesti rakennusten perustamiseen käytetyt puupaalut tai muut puiset rakenteet. Pohjaveden alentamista koskevassa pohjavesiselvityksessä tulee esittää pohjaveden alentamiseen tarvittava aika, vesien johtaminen työmaa-alueelta sekä hydraulisen murtuman mahdollisuus kaivannossa. Koheesiomaalajeissa tulee arvioida myös pohjaveden pinnan alentamisen pitkäaikaiset vaikutukset.

Pohjaveden pinnan tilapäinen alentaminenkin pohjavesialueella voi edellyttää vesilain mukaisen luvan. Lupatarve tulee ratkaistavaksi pohjavesiselvityksessä esitettyjen tietojen perusteella. Pysyvään alentamiseen tarvitaan aina vesilain mukainen lupa.

Pohjaveden määrä ja laatu voivat vaarantua myös rakentamiseen liittyvien toimenpiteiden johdosta mm. paalutuksen vaikutuksesta tai työnaikaisesta ja pysyvästä pohjavedenpinnan alentamisesta johtuen. Paalutuksen myötä on riski haitta-aineiden kulkeutumisesta

pohjavesimuodostumaan ja itsessään paalutus saattaa nostaa merkittävästi pohjaveden pH:ta. Lisäksi pohjavedenpinnan alentamisen myötä saattaa aiheutua painumia. Rakennettaessa pohjavesialueilla ja erityisesti savipeitteisillä alueilla tulisi ennen rakentamistoimenpiteitä laatia asiantuntijalausunto pohjavesivaikutuksista.

Maakaasuputkiston pohjaveden aiheuttamat riskit liittyvät lähinnä linjan rakentamiseen. Kaivutöiden seurauksena pohjaveden sameus ja väriluku saattavat nousta hetkellisesti. Lisäksi kaivantoihin voi suotautua pohjavettä, mikäli pohjaveden pinta on lähellä maanpintaa. Paineellisen pohjaveden alueella vettä pidättävän tiiviin maakerroksen puhkaisu saattaa aiheuttaa runsastakin pohjaveden purkautumista.

Myös kaukolämpöverkon osalta pohjavesiriskit liittyvät sekä rakentamisen aikaisiin toimenpiteisiin että putkiston käyttöön. Kaukolämpöverkostoon joudutaan lisäämään korroosionestoaineita, jotka saattavat aiheuttaa riskin pohjavedelle. Korroosionestoaineen lisäksi kaukolämpöverkkoon syötettävän veden pH:ta nostetaan tarvittaessa vesiliölle haitallisella lipeällä (natriumhydroksidi). Väriaineita lisätään veteen vuotojen havaitsemiseksi, tosin ne ovat ihmiselle ja ympäristölle vaarattomia.

16 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksen vaikutus voidaan nähdä säiden ääri-ilmiöiden lisääntymisenä. Kokonaissadanta lisääntyy ja rankkasateet ovat entistä yleisempiä sekä kesä-, että talvikuukausina. Myös sateettomien, kuivien kausien määrä ja pituus kasvavat ja poikkeuksellisen korkeat tai matalat lämpötilat aiheuttavat tulvia ja kuivuutta. Lämpimät ja kuivat kesät yleistyvät ja talvet voivat olla todella kylmiä ja runsaslumisia tai leutoja ja vähälumisia. Yleisesti ottaen ilmastonmuutos heikentää sääilmiöiden ennakoitavuutta.

Kesäkauden haihdunnan määrän lisääntyminen sekä kasvukauden pidentyminen (kasvien haihdunta) vaikuttavat alentavasti pohjaveden pinnankorkeuksiin. Pohjavedenpinnan lasku voi lisätä rantaimetytävän pintaveden määrää pohjavesimuodostumassa, mikä aiheuttaa pohjaveteen laatuongelmia (TOC nousee, kemiallinen hapenkulutus nousee, happi laskee → rauta- ja mangaani nousee). Pohjavedenpinnan lasku vaikuttaa haitallisesti myös pohjavedestä suoraan riippuvaisiin ekosysteemeihin (huomioitava erityisesti E-luokan pohjavesialueilla), kun pohjaveden pinta laskee niiden ulottumattomiin.

Pidentyneet kuivuusjaksot aiheuttavat ongelmia pohjavesivarojen varassa oleville vesilaitoksille raakavedenlaadun heiketessä ja kasvattaessa veden käsittelytarvetta. Pohjavedenpintojen aleneminen aiheuttaa kaivojen veden riittävyysongelmia, jos kaivon siiviläosuudet on rakennettu liian korkealle tai liian lyhyelle osuudelle. Pohjavedenpinnan alenemisen myötä lisääntynyt rantaimetytminen voi heikentää lähellä rantaa sijaitsevien kaivojen vedenlaatua. Maaperän kuivuminen voi aiheuttaa maaperään painumia, jotka voivat aiheuttaa putkirikkoja. Äärimmilleen kuivunut maaperä imee vettä sateen alussa heikommin, mikä lisää pintavaluntaa vähentäen entuudestaan sadeveden imeytymistä pohjavedeksi. Veden kyllästämisen vyöhykkeen kuivuminen voi myös aktivoida happamia sulfaattimaita ja pohjaveden virtausolosuhteiden muuttumisen myötä haitallisten aineiden esiintymät pohjavedessä voivat levitä aiempaa laajemmalle alueelle.

Sateiset ja pidemmät syysjaksot hidastavat routakerroksen muodostumista pidentäen pohjavesivaraston täydentymisaikaa. Talvisin toistuvat lumien sulamisjaksot lisäävät pohjavesivarastojen täydentymistä erityisesti Etelä- ja Keski-Suomessa. Talven lyheneminen taas johtaa yleisesti nykyistä ylempiin pohjavedenkorkeuksiin talvella ja alkukevällä.

Märät talvet, tulvat ja rankkasateet kasvattavat rantaimetytymisen mahdollisuutta ja siten pintavesien pääsyä vedenottokaivoihin, mikäli kaivojen sijoituksessa ei ole riskiä huomioitu. Rantaimetytminen lisää raakaveden käsittelytarvetta. Kaivonpaikkaa suunniteltaessa on huomioitava riittävä etäisyys rantaviivasta ja myös rantaimetyslaitoksilla riittävä

imeytymisaika (etäisyys). Sateisena talvena, kun maaperä ei routaannu, voivat myrskytuhot lisääntyä aiheuttaen häiriöitä vedenjakelussa.

17 Kyberturvallisuus ja varautuminen

Kyberturvallisuus ja varautuminen ovat tulleet viime vuosina kasvavassa määrin olennaiseksi osaksi vesihuoltolaitosten toimintaa, johtuen mm. teknologian ja digitalisaation kehitymisestä, toimintojen verkottumisesta ja maailman yleisestä turvallisuustilanteesta, jotka tuovat jatkuvasti kehittyviä haasteita vesihuoltolaitosten toimintavarmuudelle.

Vesihuoltolaitokset ovat nykyisin aiempaa todennäköisempiä kohteita erilaisille kyberturvallisuushille. Varautuminen ja kyberturvallisuuden varmistaminen ovat erityisen tärkeitä juuri yhteiskunnan toiminnan kannalta välttämättömien toimintojen, kuten vesihuollon, kannalta. Pahimmillaan kyberhyökkäys voi aiheuttaa veteen laatuhäiriöitä tai lamaannuttaa kokonaan vedenjakelun ja jätevesien käsittelyn. Vesilaitosten toimintavarmuuden takaaminen poikkeusoloissa onkin ensiarvoisen tärkeä osa yhteiskunnan toimintakyvyn säilyttämistä. Nykyisin myös kyberriskien on oltava olennainen osa laitoksen riskienhallintaa, mitä se ei automaattisesti aiemmin ole ollut. On tärkeää varmistaa, että koko laitoksen henkilöstö ymmärtää potentiaaliset tietoturvariskit ja osaa toimia oikein hyökkäyksen tapahtuessa. Jatkuva valvonta ja riskinarvion päivittäminen sekä kyberharjoitukset ovat tärkeitä laitoksen toimintavarmuuden ylläpidossa.

Vesihuollon kyberturvallisuuden kehittäminen on avainasemassa kokonaisturvallisuuden ja jatkuvuudenhallinnan varmistamisessa, ja se edellyttää vesihuoltolaitoksilta monia teknisiä ja hallinnollisia toimenpiteitä sekä lisäksi henkilöstöön kohdistuvia toimia. Kyberturvallisuuteen liittyy keskeisenä teemana omaisuudenhallinta, joka on merkittävä tunnistettu kehitettävä osa-alue kansallisessa vesihuoltouudistuksessa.

Tämänhetkinen lainsäädäntö ei aseta selväsanaisia vaatimuksia kyberturvallisuuden suhteen ja tuleva NIS2-lainsäädäntö (EU-direktiivi) muuttaa tätä vain suurten laitosten kohdalla. EU-lainsäädäntö onkin tuonut kyberturvallisuutta koskevia vaatimuksia myös vesihuollolle. Riskienhallintaan ja varautumiseen liittyvää lainsäädäntöä on koottu liitteeseen 1.

Vesilaitokset voivat arvioida omaa kyberturvallisuuden tasoaan ja kehittämistarpeitaan ns. Kybermittarin avulla. Kybermittari-työkalu on Liikenne- ja viestintävirasto Traficomin Kyberturvallisuuskeskuksen kehittämä kansallinen kyberturvallisuuden arviointimalli, joka luo yhtenäisen lähestymistavan kyberturvallisuuden arviointiin ja kehittämiseen. Kybermittarissa kuvataan hyviä käytäntöjä, joiden avulla organisaatio pystyy huomioimaan kyberturvallisuuden toiminnassaan.

Vesihuoltolaitoksen riskienhallinnan välineinä toimivat WSP (water safety plan) ja SSP (sanitation safety plan) ja niitä tukevat Vesilaitosyhdistyksen laatimat varautumisen ohjeet. Moni laitos laatii riskienhallintasuunnitelman WSP:n ja SSP:n avulla. Työkalut ohjaavat vesihuoltolaitosta tunnistamaan vaarat ja arvioimaan niihin liittyvät riskit sekä valitsemaan toimenpiteet riskien vähentämiseksi.

Käytetyt lähteet:

Traficom. Kybermittari, kansallinen kyberturvallisuuden arviointimalli. Käyttöohje. 27.10.2020.

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Kyberturvallisuus vesihuollossa. Suomen vesihuoltolaitosten kyberturvallisuustilanne ja sen kartoittamisen keinot. Raportteja 62/2023.

Huoltovarmuusorganisaatio, vesihuoltopooli. Vesihuoltolaitoksen opas häiriötilanteisiin varautumiseen. 2016.