

Tuulikute mõju põhjavee lõpptarbijatele hindamine (tööversioon)

Kuna avalikult kättesaadavaid põhjaveealaseid juhendmaterjale tuulikute keskkonnamõjude hindamiseks on vähe, tugineb käesolev kokkuvõte peamiselt Põhja-lirimaa juhistele, millele on viidanud ka tuuleparkide keskkonnamõju strateegilise hindamise koostajad. Lisaks on arvestatud teaduspublikatsioonides ja Euroopa Liidu veepoliitika raamdirektiivis rakendatavat riskipõhist mõjuhindamise lähenemist, mida Eesti Geoloogiateenistus kasutab hüdroteoloogiliste tööde läbiviimisel.

Riskipõhise lähenemise kohaselt hinnatakse mõju mitte abstraktsele põhjaveele üldiselt, vaid konkreetsetele muutustele põhjaveesüsteemis, mis võivad mõjutada lõpptarbijate seisundit. Risk tuleneb mõju tõenäosuse ja selle tagajärje olulisuse koosmõjust. Seetõttu hinnatakse tuulikute rajamisega kaasnevaid muutusi süsteemselt, võttes arvesse mõju ulatust, kestust ja tagajärgi.

Lõpptarbijateks loetakse puurkaeve, salvkaeve, allikaid, märgalasid, vooluveekogusid ja põhjaveest sõltuvaid maismaaökosüsteeme (nt madalsood) jms.

Tuulikute mõjud põhjavee hulga ja voolule

Tuulikute mõju põhjavee lõpptarbijatele läbi põhjaveesüsteemi muutuse võib toimuda tuulikute ehitusfaasis, kasutusfaasis ning lammutusfaasis. Mõjude puhul tuleb eristada mõju põhjavee hulga ja põhjavee kvaliteedile.

Tuulikute ehitusfaasis võivad põhjavee hulka ja voolu mõjutada järgmised tegurid (mitte lõplik loetelu):

- põhjavee ajutine väljapumpamine vundamendi süvendite rajamiseks, mis võib kohati alandada põhjaveetaset ja ajutiselt muuta vee liikumise suunda;
- vaivundamentide rajamine, mis võib luua pinnaveele otsevoolu põhjaveekihtidesse ja muuta lokaalselt (ehituslal ja selle lähiümbruses) maapinnalähedase põhjavee toitumistingimusi;
- maapinna kujundamine ja kuivendustööd (nt kraavide rajamine), mis võivad muuta põhjavee toitumist ja vooluteid;
- metsaraie arendusalal, mis vähendab sademete imbumist ja suurendab pinnavee äravoolu, mõjutades seeläbi lokaalselt põhjavee toitumist (ehituslal ja selle lähiümbruses).

Tuulikute kasutuse ja lammutamisfaasis võivad tuulikute ja juurdepääsuteede jätkuvalt mõjutada põhjavee toitumist ja vooluteid.

Mõjud põhjavee kvaliteedile

Tuulikute ehitusfaasis võivad põhjavee kvaliteeti mõjutada (mitte lõplik loetelu):

- kaevetööd saastunud pinnasel, mille tulemusel võivad reostusained leostuda põhjaveekihtidesse;
- kütuse, õli ja ehitusmaterjalide (näiteks betoonist leostuv sulfaat) lekked, mis kujutavad endast lokaalset reostusriski.

Tuulikute kasutusfaasis võib hooldustööde ja seadmete kasutamise käigus lekkida kütust või õli, põhjustades potentsiaalse reostusohu.

Tuulikute lammutamisfaasis võib rajatiste eemaldamiseks kasutatav tehnika põhjustada kütuse või õli lekkimist, mille tagajärjel võib põhjavesi saastuda.

Põhjaveekeskkonna hindamise eesmärk ja põhimõtted

Põhjaveekeskkonna hindamise eesmärk on selgitada, kas ja millises ulatuses võivad tuulepargi rajamise või käitamisega kaasnevad tegevused mõjutada kohalikke põhjavee lõpptarbijad (puurkaevud, salvkaevud, allikad, märgalad ja muud põhjaveest sõltuvad ökosüsteemid).

Hindamine viiakse läbi järgmiste sammudena:

1. Lähteseisundi kirjeldamine – kogutakse olemasolevad geoloogilised ja hüdrogeoloogilised andmed (pinnakatte ehitus, põhjaveekihtide kaitstus, voolusuunad, olemasolevad lõpptarbijad).
2. Hüdrogeoloogilise mudeli koostamine, mis kirjeldab põhjavee liikumist ja seoseid arenduse ning lõpptarbijate vahel ning sellest tulenevaid võimalikke mõjusid.
3. Arendustegevuste ja survetegurite määramine – näiteks vundamendi aukude rajamine, vaivundamentide rajamine, põhjavee pumpamine kuivenduseks, teede ja kraavide rajamine, kemikaalide kasutus ehituses (betoon, õlid jms).
4. Olulisuse ja tundlikkuse hindamine, võrreldes arendustegevusi kohalike hüdrogeoloogiliste tingimustega, et selgitada, kui kiiresti ja millise tõenäosusega võivad mõjud lõpptarbijateni levida.
5. Seire- ja leevendusvajaduse määramine vastavalt tundlikkuse ja olulisuse kombinatsioonile – mida tundlikum ja olulisem süsteem, seda põhjalikum peab olema seire ja ettevaatusmeetmed.

Hindamise tulemusena koostatakse:

- kaart kõigist põhjavee lõpptarbijatest arenduse ja selle ümbruse ulatuses;
- hinnang iga kaardistatud lõpptarbijatundlikkuse ja olulisuse kohta;
- tundlikkuse ja riskitsoonide kaart, mis näitab arenduse võimalikku mõjuala ning aitab määrata seire ja kaitsemeetmete vajaduse.

Põhjaveekeskkonna hindamise lõpp-produktiks on lõpptarbijapõhine riskihinnang ja ruumiline tundlikkuse kaart, mille alusel on võimalik hinnata, keda või mida arendus tegelikult võib mõjutada ning millises ulatuses.

Põhjaveesüsteemi olulisus ja tundlikkus

Kohaliku süsteemi tähtsust hinnatakse võttes arvesse selle olulisust ja seoseid lõpptarbijatega, nagu näiteks salvkaevude, puurkaevude, märgalade, allikatega ja muude põhjaveest sõltuvate ökosüsteemidega. Hinnang peab arvestama ka kumulatiivseid mõjusid, mis võivad kaasneda teiste arenduste või looduslike muutustega (nt kliimamuutus, veerežiimi ümberkorraldused muude lähipiirkonnas planeeritud arenduste puhul jms).

Tuulepargi rajamine võib mõjutada põhjaveesüsteemi eeskätt maapinna muutmise, pinnavee äravoolu reguleerimise, kuivenduse ja ehitusaegsete pinnasetööde kaudu. Mõju ulatus ja

olulisus sõltuvad sellest, kuivõrd oluline on hinnatav põhjavee voolusüsteem lõpptarbijate seisukohalt ning kui tundlik see on muutuste suhtes.

Olulisuse määramine

Olulisust hinnatakse järgmistel alustel:

- veevarustuse tähtsus – kas arendus paikneb põhjaveekihi toite- või äravoolualal, mille vett kasutatakse joogiveeallikana (puurkaevud, salvkaevud, veehaarded). Mõjutataval põhjaveel on sageli strateegiline tähtsus kuna see võib olla ainuke piirkonna veevarustuse allikas;
- ökoloogiline seotus – kas põhjavesi toidab märgalasid, allikaid, jõgesid või muid põhjaveest sõltuvaid ökosüsteeme;
- regionaalne roll – kas mõju jääb lokaalseks või ulatub suuremale alale;
- koosmõju teiste arendustega – kas piirkonnas on teisi tuuleparke, karjääre või tegevusi, mis võivad koosmõjus mõjutada põhjavee voolusuundi või kvaliteeti.

Olulisust hinnatakse kvalitatiivselt (kõrge–keskmine–madal), tuginedes arenduseelse seisundi andmetele ja olemasolevatele registritele (VEKA, Geoloogia Fond, põhjaveeseire).

Tundlikkuse määramine

Põhjaveesüsteemi tundlikkuse hindamise eesmärk on selgitada, kui kiiresti ja millise tõenäosusega võivad tuulepargi rajamise ja käitamisega kaasnevad mõjud levida läbi põhjaveesüsteemi kohalike lõpptarbijateni, nagu puurkaevud, salvkaevud, allikad ja märgalad. Tundlikkus kirjeldab mõju leviku potentsiaali – mitte põhjavee seisundi muutust, vaid seda, kui tõenäoliselt võib arendus mõjutada lõpptarbijate veekogust, voolusuunda või kvaliteeti.

Tundlikkuse hindamine põhineb hüdrogeoloogiliste tingimuste ja arendusega seotud survetegurite võrdlusel. Mõjusid eristatakse kolme põhitüübi alusel:

1. **Kvantitatiivsed mõjud** – põhjavee taseme või voolusuuna muutused, mis võivad mõjutada kaeve ja veega seotud ökosüsteeme.
2. **Kvalitatiivsed mõjud** – reostusainete või ehitusaegsete saasteainete võimalik levik, mis võib halvendada põhjavee kvaliteeti.
3. **Hüdraulilise ühenduse muutused** – pinnavee ja põhjavee vastastikuse tasakaalu nihkumine, mis võib muuta toite- ja äravoolualade ulatust.

Tundlikkus sõltub nii inimtegevusest tulenevatest surveteguritest (ehitustööd, kuivendus, pinnase tihendamine) kui ka looduslikest hüdrogeoloogilistest omadustest, nagu pinnakatte paksus ja läbilaskvus, põhjavee sügavus, hüdrauliline gradient ning ühendus pinnavee või märgaladega. Kõrge tundlikkus on iseloomulik aladele, kus pinnakate on õhuke, põhjavesi paikneb maapinnale lähedal ja hüdrauliline ühendus lõpptarbijatega on otsene (nt lähedal asuvatel majapidamistel palju maapinnalt esimest põhjaveekihti avavaid madalaid salv- ja/või puurkaeve). Madal tundlikkus on omane aladele, kus lõpptarbijate poolt kasutatav põhjavesi on sügaval või pinnakate on vett halvasti läbilaskev või looduslikud barjäärid aeglustavad võimaliku mõju levikut.

Tundlikkus määratakse põhjavee liikumise ja hüdrauliliste ühenduste tervikpildi alusel, kasutades piirkonna hüdrogeoloogilise mudeli kirjeldust. Mudel näitab, kuidas põhjavesi

liigub arenduspiirkonnas, kus toimub toitumine ja äravool, millised kihid ja ühendusteed võivad võimaldada mõju levikut ning millised lõpptarbijad jäävad samasse voolusuunda.

Tundlikkuse tase määratakse kvalitatiivselt kolmes klassis:

- **Kõrge tundlikkus** – mõju levik on kiire ja otsene; vajalik on kvantitatiivne hindamine ja tihe seire.
- **Keskmine tundlikkus** – mõju levik on võimalik, kuid aeglane või osaliselt leevendatud looduslike tegurite poolt; piisab kvalitatiivsest hinnangust koos perioodilise seirega.
- **Madal tundlikkus** – mõju levik on ebatõenäoline või väga aeglane; rakendatakse üldist järelvalvet ja visuaalset kontrolli.

Tundlikkuse analüüs on otseselt seotud seire- ja leevendusmeetmete kavandamisega. Mida tundlikum on hüdrogeoloogiline süsteem ja mida lähemal asuvad põhjavee lõpptarbijad, seda rangemad peavad olema riskilävennid ja seda tihedam seire. Selline lähenemine tagab, et hindamine on füüsiliselt põhjendatud ja praktiliselt rakendatav, sidudes tundlikkuse hinnangu otseselt keskkonnariskide juhtimise ja põhjavee kaitsega.

Kui analüüs näitab kõrget tundlikkust, on vajalik kvantitatiivne hindamine, et täpsustada mõju ulatust ja kestust.

Kvalitatiivne hindamine sobib esmaste riskide kaardistamiseks ja on piisav juhul, kui tuulepargi mõju põhjavee tarbijatele ei ole oluline ning tuulepark paikneb vähetundlikul alal. Hinnang põhineb geoloogiliste kaartide, olemasolevate seireandmete, analoogiliste situatsioonide ja eksperthinnangute põhjal koostatud kontseptuaalsel mudelil, mis selgitab, kuidas põhjavee lõpptarbijad on seotud planeeritava taristuga.

Kvantitatiivne hindamine on vajalik, kui arendus võib mõjutada:

- joogiveehaardeid (üksikmajapidamised, ühisveevärk);
- põhjaveest sõltuvaid ökosüsteeme (märgalad, allikad);
- turbaalasid, kus kuivendus võib muuta hüdroloogilist tasakaalu;
- piirkondi, kus rajatakse ulatuslik teedevõrk ja kuivendussüsteemid, mis võivad mõjutada põhjavee lõpptarbijaid.

Kvantitatiivne analüüs tugineb mõõtmistele, lihtsamatele analüütilistele arvutustele või modelleerimisele ning võimaldab hinnata muutuste suurust põhjavee tasemetes, voolusuundades ja kvaliteedis.

Seire ja leevendusmeetmed

Seire- ja leevendusmeetmete eesmärk on tagada, et tuulepargi rajamine ja käitamine ei põhjustaks põhjaveesüsteemi seisundi halvenemist ega kahjustaks põhjaveest sõltuvaid ökosüsteeme või veevarustuse allikaid.

Nende ulatus sõltub eelnevast analüüsist – mida tundlikum on süsteem ja olulisemad lõpptarbijad, seda põhjalikum peab olema seire ning rangemad riskilävennid.

Seireprogramm on riskipõhine ja proportsionaalne, lähtudes kontseptuaalsest mudelist ning olulisuse ja tundlikkuse tulemustest. Selle eesmärk on:

- jälgida põhjavee koguse, kvaliteedi ja voolusüsteemi muutusi arenduse käigus ja järel;

- kinnitada või ümber lükata kontseptuaalse mudeli prognoosid;
- hinnata leevendusmeetmete tõhusust;
- tagada põhjavee kestlik kasutus ja mittehalvendamise põhimõtte täitmine.

Leevendusmeetmed põhinevad vältimise–vähendamise–leevendamise hierarhial:

- *Vältimine* – rajatised paigutatakse nii, et arendus ei paikneks liiga lähedal lõpptarbijatele;
- *Vähendamine* – ehitusfaasis rakendatakse veekaitselisi töövõtteid (sademevee ja setete ohjamine, kütuste ja kemikaalide ohutu ladustamine, ajutise kuivenduse piiramine, kaevatööd kuival ajal, turbaalade veerežiimi säilitamine);
- *Leevendamine* – mõju ilmnemisel rakendatakse parandusmeetmeid (nt kaevude asendamine, äravoolu korrigeerimine, kahjustatud alade taastamine).

Seire ja leevendus moodustavad pideva juhtimistsükli, kus kontseptuaalne mudel loob eeldused, seire kogub andmeid, tegeliku seisundi erinevuse korral täpsustatakse mudelit ja kohandatakse meetmeid. Selline tsükliline lähenemine võimaldab arendajal kohandada tegevust vastavalt tegelikele tingimustele kogu tuulepargi elutsükli jooksul.

Seire ja leevendusmeetmete proportsionaalsuse põhimõte

Seire ja leevenduse ulatus sõltub:

- hinnatud tundlikkusest (madal, keskmine, kõrge);
- põhjaveesüsteemi olulisusest (kohalik, regionaalne, strateegiline);
- mõju ulatusest ja kestusest.

Madal tundlikkus ja väike olulisus eeldavad üldist tasemeseiret ja tööjärelvalvet.

Keskmise tundlikkuse korral rakendatakse regulaarset põhjaveetasemete ja põhjavee kvaliteedi seiret.

Kõrge tundlikkuse ja suure olulisuse korral on vajalik tihe seire, kvantitatiivne hindamine, riskilävenditega kohalduv juhtimine ning lisakaitsemeetmed.

Selline astmeline, riskipõhine lähenemine tagab, et seire on metoodiliselt põhjendatud, proportsionaalne ja tõhus.

Seiretulemuste kasutamine ja aruandlus

Seireandmed koondatakse regulaarsetesse aruannetesse, milles:

- võrreldakse tulemusi arenduseelse seisundiga;
- hinnatakse vastavust kontseptuaalse mudeli prognoosidele;
- kirjeldatakse kõrvalekaldeid ja rakendatud meetmeid;
- antakse sisend loatingimuste täitmise kontrolliks ja edasiste planeeringute täpsustamiseks.

Seire tulemuste ja kontseptuaalse mudeli kooskasutamine loob teadmispõhise tagasisideahela, mis aitab vältida põhjavee seisundi halvenemist ja toetab keskkonnajuhtimise läbipaistvust.