

## Polttokennojen tehokkuuden ja käyttöiän maksimointi optimaalisella kosteutuksella



*"Vaisalan kosteusanturit ovat aktiivisessa käytössä tutkimustyössämme. Reaktiivisten kaasujen kosteuden tunteminen on tärkeää sekä matalan että korkean lämpötilan polttokennoissa."*

Mikko Kotisaari,  
Tutkija, polttokennot, VTT

Vedyn tuotanto on suuri ja kasvava ala. Vetytaloudella uskotaan olevan suuri rooli tulevaisuuden vähähiilisessä taloudessa, jossa fossiiliset polttoaineet menettävät vähitellen asemansa ensisijaisena energialähteenämme, mikä vähentää globaalia lämpenemistä. Yksi vedyn suurimmista hyödyistä on sen soveltuvuus monenlaisiin polttokennosovelluksiin.

Polttokennotekniikkaa käyttävät sovellukset voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: siirrettävä sähköntuotanto (mobiililaitteet ja kannettaville varavirtalähteet), kiinteästi asennettu sähköntuotanto (hajautettu sähköntuotanto, varavirtalähteet ja verkkoon liitetyt voimalaitokset) ja liikenne (autot, julkinen liikenne ja raskaat koneet). Polttokennojen markkinat kiinnostavat muun muassa autoalaa, jolla tehdään paljon polttokennotekniikan edistämiseen tähtäävää tutkimusta.

### Toimintaperiaate

Polttokennot muuntavat kemiallisen energian sähköenergiaksi suoraan ilman polttoprosessia. Polttokennon toimintaperiaate perustuu pelkistymis-hapettumisreaktioihin. Energiaa vapautuu vedyn ja hapen välisissä reaktioissa. Tämän suoran prosessin hyötynä on sen yli 50 prosentin hyötysuhde, joka voi nousta jopa 85 prosenttiin, jos myös sivutuotteena syntyvä lämpöenergia otetaan talteen. Sähköntuotannossa millään polttoprosessilla ei päästä näin hyvään hyötysuhteeseen. Muita

hyötyjä ovat päästöttömyys käyttöpaikalla sekä hiljainen toiminta.

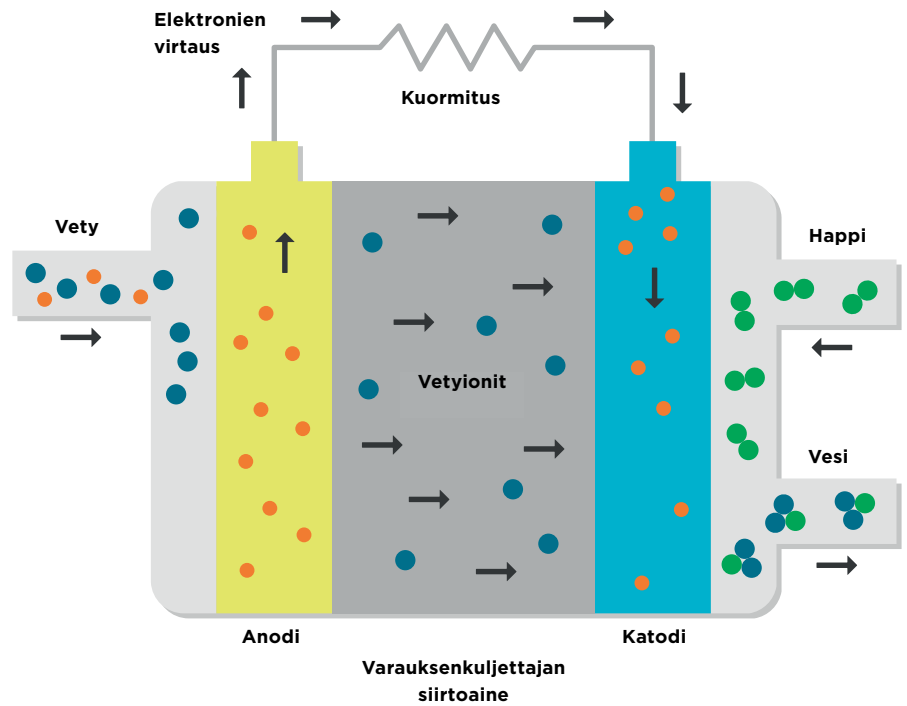
Kullakin polttokennotekniikalla on omat vahvuutensa ja heikkoutensa. Kolme tärkeintä markkinoilla tällä hetkellä olevaa tekniikkaa eroavat toisistaan sen mukaan, käytetäänkö protoninsiirtoon polymeerielektrolyyttikalvoa (Polymer Electrolyte Membrane, PEM), kiinteää oksidia (Solid Oxide, SO) vai sulaa karbonaattia (Molten Carbonate, MC). Näistä PEM-tekniikka on käyttökohteidensa suhteen monipuolisin, sillä matalan

käyttölämpötilansa (<100 °C) ansiosta se sopii sekä pieniin että suuriin polttokennoihin. Kiinteään oksidiin perustuvissa polttokennoissa käytetään korkeita lämpötiloja, joten ne sopivat parhaiten laajamittaisiin sovelluksiin, kuten hajautettuun sähköntuotantoon. PEM-polttokennot käyttävät puhdasta vetyä, kun taas SO-polttokennoissa voidaan käyttää maakaasua tai muita hiilivetyjä, joista vety erotetaan reformointiprosessissa. SO-polttokennojen korkea käyttölämpötila helpottaa reformointivaiheen integrointia polttokennolaitteeseen.

PEM-polttokennon toimintaperiaate esitetään kuvassa 1. Vetypolttoaine jaetaan protoneiksi (vetyioneiksi) ja elektroneiksi anodilla, jolta elektronit kuljetetaan katodille ulkoisen piirin kautta. Tämä synnyttää sähkövirran. Positiivisen varauksen kantajat (vetyatomien ytimet) kuljetetaan katodin kostean kalvon läpi, jolloin ne reagoivat hapen kanssa muodostaen vettä. Tämä reaktio tuottaa sähköä ja lämpöä.

## Polttokennon tehokkuuden maksimointi

Monet erilaiset häviölähteet rajoittavat polttokennon tehokkuutta. Näitä ovat muun muassa katalyysireaktion ja katalyyttien kunnan sanelemat aktivointihäviöt, siirtoaineessa protonien siirron aikana syntyvät virtalämpöhäviöt, rajallisen massansiirtonopeuden aiheuttamat pitoisuushäviöt sekä sisäiset virrat, jotka syntyvät, kun polttoaine diffundoituu kalvon läpi ilman reaktiota. Häviöiden taustalla olevat mekanismit liittyvät veden ja lämpötilan hallintaan kennossa. Jos lämpötilaa ja kosteutta ei pystytä säätämään, katalyyttien ja protoninsiirtoaineen ikääntyminen kasvattaa häviöitä,



*Kuva 1: PEM-polttokennon toimintaperiaate. Vetypolttoaine reagoi anodilla katalyytin vaikutuksesta muodostaen elektroneja ja vetyatomien ytimiä. Nämä ytimet siirretään katodille varauksenkuljetusaineen läpi. Siirron aikana ne reagoivat hapen kanssa muodostaen vettä. Elektronit kulkevat ulkoisen piirin kautta, jolloin syntyy sähkövirta.*

heikentää tehokkuutta ja johtaa lopulta kennon tuhoutumiseen.

Pienet PEM-kennot eivät yleensä vaadi kosteutusta, mutta suurissa kennoissa, joissa liikkuu suurempia virtoja, polymeerikalvon reaktantti täytyy ehkä kosteuttaa, jotta se ei pääse kuivumaan kuormitettuna. Protonivaihtokapasiteetti on suoraan verrannollinen polymeerin kosteuteen, ja kuiva polymeeri rajoittaa reaktion nopeutta ja aiheuttaa häviöitä kennossa.

Toinen kuivaan polymeeriin liittyvä näkökohta on sen käyttöikä, joka on yksi suurimmista ongelmista polttokennoja suunniteltaessa. Jos muodostunutta vettä ei toisaalta poisteta riittävän hyvin kennon katodipuolelta, liika vesi heikentää kennon toimintaa. Kosteuden mittaaminen polttoainevirrasta auttaa hallitsemaan

kosteusprosessia, arviamaan veden ainetaset ja ylläpitämään oikeaa kalvon kosteutta.

Reaktion tehokkuutta voidaan parantaa viemällä suuria määriä reaktiivisia kaasuja katalyyttisille pinoille. Anodin lähtöpuolelta tuleva kostea, reagoimaton polttoaine voidaan kierrättää takaisin anodin tulon kosteuttamaan polttoainevirtaa. Tämä uudelleenkierto voi aiheuttaa kontaminanttien kerääntymistä, mikä on erityisen haitallista PEM-polttokennojen tapauksessa.

Polttoainevirran kosteuden säätelyn lisäksi anodi- ja katodivirroista tehtyjä kosteusmittauksia voidaan käyttää epäpuhtauksien mittaauksissa. Kun tunnetaan kokonaispaine sekä vedyn ja veden osapaineet, voidaan arvioida epäpuhtauksien osapaine kierrossa.

## Lämmitetyt mittapäät auttavat ratkaisemaan mittausten haasteet kosteissa ympäristöissä

Polttokennosovellusten kosteusmittaukset tehdään erittäin kosteissa olosuhteissa, joissa suhteellinen kosteus on tyypillisesti yli 80 prosenttia. Kosteusmittausten tekeminen lähellä kondensaatiopistettä on haastavaa, sillä kondensaatio voi kyllästyä suhteellisen kosteuden anturin. Anturin kuivuminen ja elpyminen voi kestää kauan. Tänä aikana mittaustulokset eivät ole käytettävissä eikä polttoainevirran kosteutta voida säätää.

Vaisalan mittapäiden lämmitystekniikka tuo ratkaisun tähän haasteeseen, sillä suhteellinen kosteus voidaan laskea kondensoitumistason alapuolelle lämmittämällä anturielementtiä niin, että sen lämpötila on ympäristön lämpötilaa korkeampi. Kun kosteusanturin

lähelle sijoitetaan lämpötila-anturi, voidaan mitata myös todellista prosessin lämpötilaa. Yhdistämällä nämä kaksi arvoa voidaan laskea kostean prosessin suhteellinen kosteus ja estää samalla kondensaatio-ongelma.

Teknologian tutkimuskeskus VTT tutkii sekä matalan lämpötilan (PEM) että korkean lämpötilan (SO) polttokennoja. VTT käyttää polttokennotutkimuksissaan Vaisalan HMT310F-, HMT337- ja HMP7-kosteusmittalaitteita sekä GMP343-hiilidioksidilähettä.

”Vaisalan kosteusanturit ovat aktiivisessa käytössä tutkimustyössämme. Reaktiivisten kaasujen kosteuden tunteminen on tärkeää sekä matalan että korkean lämpötilan polttokennoissa”, sanoo VTT:n polttokennotutkija Mikko Kotisaari.

Lue lisää osoitteesta [www.vaisala.fi/polttokenno](http://www.vaisala.fi/polttokenno).



Vaisala HUMICAP® -kosteus- ja -lämpötilalähetin HMT337



Vaisala HUMICAP® -kosteus- ja lämpötilamittapäät HMP7

# VAISALA

Ota meihin yhteyttä osoitteessa [www.vaisala.fi/contactus](http://www.vaisala.fi/contactus)



Skannaamalla koodin saat lisätietoja aiheesta

Ref. B211405FI-C ©Vaisala 2019

Tämä materiaali on tekijänoikeussuojan alainen, ja Vaisala sekä sen yksittäiset yhteistyökumppanit pidättävät kaikki tekijänoikeudet siihen. Kaikki oikeudet pidätetään. Logot ja/tai tuotenimet ovat Vaisalan tai sen yksittäisten kumppanien tavaramerkkejä. Tässä esitteessä olevien tietojen kaiken muotoinen kopiointi, siirto, jakelu tai tallentaminen ilman Vaisalalta saatua kirjallista lupaa on ehdottomasti kielletty. Kaikkia tietoja – myös teknisiä – voidaan muuttaa ilman erillistä ilmoitusta.

[www.vaisala.fi](http://www.vaisala.fi)