

Betonielementtitehtaan energiankäyttö

14.6.2024

Betonielementtiteollisuudessa pyritään voimakkaasti pienentämään sen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Lyhyen tähtäimen ratkaisut perustuvat ennen kaikkea masuunikuonan käytön lisäämiseen resepteissä. Tämä hidastaa betonin kovettumista ja muottikiertoa. Sitä pyritään kompensoimaan lisäämällä lämmitystä. Lämmitys lisää energian tarvetta ja kallistuneen energian hinnan takia tarvitaan kustannuksia hillitseviä teknisiä ratkaisuja.

Ympäristöolot

Betonielementtitehtaassa tarvitaan runsaasti lämmitysenergiaa. Ensinnäkin hallitila joudutaan pitämään riittävän lämpöisenä, että työskentely siellä sujuu parhaalla mahdollisella tavalla eikä tuore betoni pääse jäähtymään. Haalaritöissä sopiva työskentelylämpötila lienee +15 °C vaiheilla. Se on toki tuttua jo kaikesta muustakin teollisesta toiminnasta. Elementtitehtaiden selvästi tunnistettavana ongelmana on se, että valmiita tuotteita siirretään usein ulos hallista ja raaka-aineita siirretään sisälle isojen hallinovien kautta ratanostureilla. Ovia joudutaan työpäivän aikana pitämään auki yhteensä melko pitkiäkin aikoja ja hallinosturien läpikulkuratojen kohdalla on helposti merkittäviä ilmavuotokohtia. Lämmin ilma karkaa oviaukon yläreunasta pihalle ja kylmä korvausilma hiipii lattiatasosta sisään aiheuttaen melkoisen vedon, joka kylmentää varsinkin hallin alaosan nopeasti ja lattian lähellähän elementit valetaan. Lämmitysenergian kulutus muodostuu merkittävästi suuremmaksi kuin pelkästään suljetussa tilassa.

Käytettävät raaka-aineet varastoidaan yleensä ulkoilman lämpötilaa vastaavissa olosuhteissa. Kun valu tehdään tavallisesti betonimassalla, jonka lämpötila on lähtökohtaisesti +20 °C vaiheilla, niin talvisaikaan

joudutaan käyttämään runsaasti energiaa raaka-aineiden lämmittämiseen. Ensisijaisesti lämmitetään betonimassassa käytettävää vettä ja toissijaisesti runkokiviainesta. Sementtiä ei yleensä lämmitetä.

Betonin kovettuminen ja purkulujuus

Valun jälkeen betoni kovettuu jossakin aikataulussa. Julkisivu- ja runkoelementeillä pyritään yleensä yhden vuorokauden muottikiertoon. Ontelo- ja kuorilaattojen tuotannossa pyritään usein vuorotyöhön, jossa muottikierto on kaksi kertaa vuorokaudessa ja huippusesonkien aikana prosessi on joskus saatu viritetyksi jopa kolmeen muottikiertoon vuorokaudessa, mutta se on jo hyvin vaativa suoritus. Oleellista työssä on se, että betoni on saavuttanut riittävän turvallisen purkulujuuden, jotta onnettomuuksilta ja kolhuilta vältytään.

Purkulujuuden saavuttamiseen vaikutetaan sideaineiden valinnalla ja massan lämmityksellä. Lämmityksen lisäys on melko selkeä tapa, kunhan otetaan huomioon lujuuskato eli loppulujuuden aleneminen eikä käytetä liian suurta lämmitystä. Sideaineita onkin sitten moneen lähtöön. Yleissääntönä voidaan todeta, että mitä hienommaksi sideaine on jauhettu, sitä enemmän siinä on reagoivaa pinta-alaa. Kun kaikki tämä pinta-ala reagoi samanaikaisesti, niin kovettumisen nopeus on verrannollinen pinta-alan suuruuteen, eli hienommaksi jauhetuilla sideaineilla päästään nopeampaan kovettumiseen. Suurempi reagoiva pinta-ala tuottaa myös korkeamman loppulujuuden, sekä äkillisemmän ja isomman kemiallisen lämmönkehityksen. Jauhatuksessa kuluva energia on myös isompi, mitä pienemmäksi sideaine jauhetaan. Kaiken kaikkiaan mitä hienompi sideaine, sitä nopeampi kovettuminen. Sideaineen kemiallisella koostumuksella on tietenkin oma merkityksensä lujuuteen. Tanskalaisperäinen valkosementti tuottaa enemmän lujuutta, kuin kotimainen tavallinen sementti.

Vähähiiliset betonilaadut ja purkulujuus

Suomessa ja EU:n alueella pyritään voimakkaasti ohjaamaan teollisuuden tuotantoa vähähiiliseen suuntaan. Sementtitehtaat ovat kehittäneet vähähiilisyyttä varten uusia sementtilaatuja, jotka sisältävät eri suuruisia määriä terästeollisuuden sivuvirtana syntyvää masuunikuonaa. Niillä sementtilaaduilla voidaan saavuttaa vastaavat loppulujuusominaisuudet, ja jopa paremmatkin, kuin tavallisella Portland-sementillä. Niiden ongelmana ovat kuitenkin mm hitaampi kovettumisaika, muuttunut kuivumisaika ja erilainen lämmöntuotto, mikä pakottaa tarkistamaan kaikki valmistussuunnitelmat. Elementtitehtailla tämä vaikuttaa erityisesti tuotannon kannalta kriittiseen elementtien purkulujuuteen ja koko tehtaan energiankulutukseen.

Vähähiilisyysvaatimuksen vuoksi tehtaat ovat käytännössä pakotettuja ottamaan käyttöön uusia vähähiilisempiä sementtilaatuja ja esittämään tilaajalle koko lopputuotetta koskevia vähähiilisyyslaskelmia, joissa otetaan huomioon sekä raaka-aineiden valmistukseen, että lopputuotteen valmistukseen kuluneen energian määrä. Tilaajat tulevat edellyttämään tietyn hiilisisällön alittavia tuotteita. Samaan aikaan, kun lämmityksen tarve kasvaa, energian, erityisesti sähkön, hinta on noussut huimasti. Hinnan laskua ei ole näköpiirissä, koska jatkossa SSAB:n terästehdas siirtyy hiilivapaaseen tuotantoon, joka toimii sähköllä ja käyttää sitä suuria määriä. Ruotsista ei siis ole apua sähköpulaan, ja sähköstä tulee olemaan puutetta siis jatkossakin, ainakin ajoittaisina huippuhetkinä.

Keinot purkulujuuden saavuttamiseen

Pelkällä reseptien muutoksella elementtien purkulujuuksiin tuskin tullaan jatkossa yltämään. Vähähiilisten betonien purkulujuuden saavuttaminen tähänastisessa tuotantorytmissä edellyttää käytännössä elementtien tehokkaampaa lämmittämistä. Lämmitysjärjestelmiä pitää siis rakentaa lisää tai ainakin tehostaa vanhojen käyttöä. Lisäenergian käyttö lämmitykseen ja samanaikainen kohonnut energian hintataso aiheuttavat sen, että tuotannon kannattavuuslaskelmia on syytä tarkastella uudelleen. Uudet ratkaisut energiajärjestelmissä ovat mahdollisesti hyvinkin tarpeellisia, jos aiotaan pärjätä kilpailussa. Sen vuoksi seuraavassa tarkastellaan muutamaa uutta teknistä mahdollisuutta.

Uudet energiajärjestelmät hillitsevät energiakuluja

Useimmat betonielementtitehtaat sijaitsevat kaupunkien tai kuntien kaavoittamilla teollisuusalueilla. Siispä naapurien tonteilla toimii todennäköisesti myös jotakin energiaa vaativaa teollisuutta. Näiden naapurien kanssa on järkevää lyöttäytyä yhteen uusien lämpöjärjestelmien hyödyntämiseksi.

Perinteellisen kaukolämmön ja pientalokohtaisen maalämmön väliin jää markkina geotermistä lämpöä hyödyntävälle matalalämpöiselle aluelämpöverkolle. Siinä käytetään keskisyviä lämpökaivoja, syvyydeltään 1000–2000 m. Uudistuotannossa tällainen alueratkaisu tulee kannattavaksi, jos energian tarve on yli 1000 MWh vuodessa. Teknologia skaalautuu parhaiten suureen kokonaisuuteen. Maalämpö vähentää energiahinnan vaihtelun riskiä, kunhan sähkönhankinta on järjestyksessä.

Rakennuksessa lämmityspatterien tulee olla alhaisemmalla lämmöllä toimivaan maalämpöön soveltuvia. Porattavan kohdan alla pitää olla eheä kallio, joka ei sijaitse pohjavesialueilla tai luonnonsuojelualueilla, eikä alla voi olla monelle kaupungille tyypillistä tunneliverkostoa. Perinteisellä maalämpökaivolla päästään 50 vuoden käyttöikään, mutta aluelämpökaivolla päästään 100 vuoden käyttöikään. Näitä ratkaisuja toteuttaa esimerkiksi Helsinkiläinen QHeat.

Jos edellistä mahdollisuutta ei ole, ja tehdas sijaitsee väljemmällä, maaseutumaisemmalla alueella, voidaan harkita aurinkolämpöjärjestelmää ja suurta vesiakkua. Aurinkolämpöjärjestelmä tuottaa energia noin 8 kuukautena vuodesta. Jos tähän järjestelmään kytketään hyvin suuri vesivaraaja, niin aurinkoisina päivinä syntynyttä energiaa voidaan hyödyntää sähkön sesonkihuippuja tasaamaan. Tuota suurta vesivaraajaa voidaan hyödyntää myös vuoden pimeänä aikana suoran sähkölämmityksen kysyntähuippujen tasaamiseen, millä voidaan säästää merkittäviä summia, jos säiliö vain on tarpeeksi suuri.

Vesiakun sijasta voidaan käyttää muun muassa suurta hiekka-akkua. Veden ominaislämpö on yli viisinkertainen hiekkaan verrattuna, joten tulee heti mieleen, että vesiakku on ilman muuta taloudellisempi. Tämä olettama pätee kuitenkin vain kiehumispisteeseen, eli noin sataan asteeseen asti. Jotta akussa voitaisiin hyödyntää tätä korkeampia lämpötiloja, järjestelmän osat pitää mitoittaa paineastiatekniikan mukaisesti kaikkine sen vaatimuksineen. Järjestelmästä tulee sitä kautta hyvin kallis, ja mitä korkeammasta

lämpötilasta on kyse, sitä epätaloudellisempi. Hiekan suhteen asia on toisin. Hiekkaa voi suhteellisen yksinkertaisesti lämmittää jopa 1000 °C:en asti, eikä se aiheuta hankalia paineita. Akun materiaalit ja muut perustamiskustannukset ovat hyvin maltilliset. Hiekka materiaalina on hyvin tuttu betoniasemille, ja hyvällä onnella betonifirmalta voi jopa löytyä jokin käytetty säiliörakenne, joka on helppo eristää normaaleita rakennustekniikasta tuttuja menetelmiä käyttäen. Asianmukainen eristys varaston ja ympäristön välillä takaa pitkän varastointiajan, tunneista kuukausiin, minimaalisin lämpöhäviöin. Tällaisen idean on luonut tamperelainen Polar Night Energy Oy ja se on patentoinut siihen liittyvää lämmönsiirtoa. Järjestelmän ensimmäinen kaupallinen lämpövarasto on toteutettu Vatajankosken Energia Oy:lle Kankaanpäähän. Varaston täysimittainen käyttöönotto alkoi vuonna 2022. Sillä on 100 kW:n lämmitysteho ja 8 MWh:n kapasiteetti. Akun lämmittäminen ja lämmön purkaminen tapahtuu kuuman ilman kierrättämisen avulla. Kuuman ilman tuottamiseen voidaan käyttää esimerkiksi aurinkopaneeleita samalla tontilla, joten silloin säästetään myös nykyisin vallitsevat suuret sähkönsiirtomaksut ja ulkopuolelta ostettavan energian arvonlisävero. Myös tuulivoiman hyödyntäminen tässä yhteydessä on järkevää. Hyvänä puolena mainittakoon myös se, että tämä teknologia skaalautuu helposti pienestä mittakaavasta suureen. Vatajankosken ja Polar Night Energyn toteuttama maailman ensimmäinen kaupallinen hiekka-akku palkittiin NASDAQ Helsingin Pörssitalolla vuoden 2023 suomalaisena innovaationa.

Hieman vastaavaa investointia suurtehoiseen lämpöakkuun harkitaan Laihialla, mutta hiekan sijasta välittäjäaineena olisi hiilidioksidi CO_2. Siinä kaasumuotoista hiilidioksidia paineistettaisiin kompressorien avulla nestemäiseksi halvan sähkön aikaan. Prosessista vapautuu lämpöä, joka otettaisiin talteen ja sillä hiilidioksidi höyrystetään takaisin kaasumaiseksi ja annetaan sen paisua turbiinin läpi. Turbiini puolestaan pyörittää generaattoria, joka tuottaa sähköä. Laitos liitettäisiin Seinäjoen sähköasemalle lähes 32 km pituisella ilmassa kulkevalla voimalinjalla.

Jorma Tuomisto
TKI asiantuntija
Digitaaliset ja älykkäät teknologiat
SeAMK

Kirjoittaja on tehnyt pitkän työuran SeAMKin rakennustekniikan laboratoriossa muun muassa akkreditoidun betoninkoetuksen parissa ja betonitekniikan opetuksessa. Aiemmin hän on toiminut betonielementtiteollisuudessa tuotekehitysinsinöörinä. Tällä hetkellä hän työskentelee SeAMKissa rakentamisen kiertotaloutta tutkivassa KIMORA-hankkeessa yhteistyössä Tampereen Yliopiston kanssa. Hanke on Euroopan unionin osarahoittama.

Lisätietoa KIMORA-hankkeen verkkosivulla.

Lähteet

Vänskä, E. (2023). Hiilineutraalia lämpöä kuudelle kerrostalolle. *RIA 56(4), 24–27.* Lukusali 24/7 | Rakennusinsinöörit ja -arkkitehdit RIA ry | RIA

Polar Night Energy Oy. (i.a.). *Sand Battery*. https://polarnightenergy.fi/sand-battery

Vatajankoski. (i.a.). *Sähkön varastoiminen hiekkaan lämpönä*. www.vatajankoski.fi/innovaatiot/hiekka-akku/

Laihialle harkitaan suurinvestointia. (31.5.2024). *Ilkka-Pohjalainen*