

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2022

Samuli Müller

Vaihtoehtoisten pelletin varastokuljettimien kartoitus



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2022 | 30 sivua

Samuli Müller

Vaihtoehtoisten pelletin varastokuljettimien kartoitus

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää 9,9 MW pellettikattilan varastokuljettimiksi sopivia kuljetinmuotoja ja antaa Nevel Oy:lle kartoitus tarjotuista kuljetinvaihtoehdoista. Nykyisellä ruuvikuljettimella pelletin kuljettaminen varastosiilolta välisiilolle ei ole luotettavaa ruuvin toistuvan, vääntymisestä johtuvan, katkeamisen vuoksi.

Kuljetinvaihtoehtojen kartoittamiseen tiedusteltiin yrityksiltä eri kuljetinvaihtoehtoja ja hinta-arvioita kokonaisille järjestelmille avaimet käteen -periaatteella. Kuljettimien hintoja verrattiin vuotuisen pellettikattilan energiantuotantoon ja arvioitiin kuljetin hankinnan kannattavuutta, sekä mahdollisia käytössä ilmeneviä ongelmia eri kuljetinmuodoissa.

Kannattavimmiksi ratkaisuiksi taloudellisesti ja käyttövarmuudellisesti todettiin sellaiset kuljetinratkaisut, jotka koostuvat vain yhdestä kuljettimesta.

Useammasta kuljettimesta koostuva kokonaisuus lisäisi kunnossapidon tarvetta ja sähkönkulutusta, joka vaikuttaa lisäävästi käyttökustannuksiin. Näiden johtopäätösten pohjalta kartoituksessa suositeltiin kola- tai putkikolakuljetinta.

Asiasanat:

Kuljetin, pelletti, varasto, tarkastelu, kartoitus.

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical engineering

2022 | 30 pages

Samuli Müller

Survey of alternative conveyors for a pellet storage

The subject of the thesis is to survey available conveyors for transporting pellet from a storage silo to a 9,9 MW pellet boiler and give recommendations of a more reliable conveyor than the current screw conveyor. The current conveyor is unreliable because of repeated rupture of the screw caused by grinded pellet twisting the screw's shaft. The survey is made for a district heating company Nevel Oy.

Inquires were sent to different companies for a recommendations of a possible working alternative conveyor solutions and estimated prices for a complete system with installation included. The prices of the systems are counted for increase in price per MW in a year. The profitability and reliability of the received offers are evaluated based on available literature of the conveyor features.

The conclusion of the survey is that a tube chain conveyor or a chain conveyor is recommended solution for the transporting of pellet. The conclusion is based on the reliability of these conveyors compared to other offered systems. It was also concluded that the electricity usage of the systems is a major factor in choosing of the system. Rising electricity prices may cause the profitability of the system to suffer if the conveyor's electricity usage is high.

Keywords:

Conveyor, survey, wood pellet, storage

Sisältö

1 Johdanto	6
1.1 Työn tarkoitus ja tausta	6
1.2 Toimeksiantajan esittely	7
1.3 Tavoite	7
2 Tarkastelun kohde	9
3 Pelletin tuotanto, käyttö ja varastointi	11
3.1 Tuotanto	11
3.2 Käyttö	12
3.3 Varastointi	13
4 Kuljetinratkaisuja	14
5 Pelletin syöttö	18
5.1 Sulkusyötin	20
5.2 Levyluistiventtiili	20
5.3 Täry	21
6 Tarjoukset ja kustannukset	22
7 Johtopäätökset	27
Lähteet	29

Kuvat

Kuva 1. Ruuvikuljetin.	8
Kuva 2. Varastosiilo.	8
Kuva 3. Varastokuljettimen ja välisiilon yhtymäkohta.	9
Kuva 4. Ruuvin katkennut kaira.	10
Kuva 5. Pelletin valmistus (Bioenergia ry 2022).	11
Kuva 6. Pelletti (Bioenergianeuvoja 2022).	12
Kuva 7. Pellettisäkki (Bioecopellet 2022).	13
Kuva 8. Siirtoruuvi (SFS 4200 2022, 29).	14
Kuva 9. Akseliton spiraalikuljetin (Kapotek 2022).	15
Kuva 10. Kolakuljetin (SFS 4200 2022, 15).	16
Kuva 11. Putkikolakuljetin (Schrage 2022).	16
Kuva 12. Elevaattori (SFS 4200 2022, 32).	17
Kuva 13. Varastosiilon ja kuljettimen välisen mekaaninen säätöpelti ja levyluistiventtiili.	18
Kuva 14. Tukkeutunut kuljettimen kouru.	18
Kuva 15. Pellettisiilon tukipalkki.	19
Kuva 16. Sulkusyötin (Wamgroup 2022).	20
Kuva 17. Levyluistiventtiili (Wamgroup 2022).	21
Kuva 18. Ulkoinen sähköinen moottoritäristin (Wamgroup 2022).	21

Taulukot

Taulukko 1. Sähkönkulutus kustannukset.	23
Taulukko 2. Tarjoukset.	24

1 Johdanto

1.1 Työn tarkoitus ja tausta

Suomessa yleisin lämmitysmuoto on polttolaitoksissa tuotettava kaukolämpö ja se tuotetaan pääasiallisesti paikallisesti lähellä asiakasta. Kaukolämpö tuotetaan polttolaitoksilla ja sen yhteydessä voidaan tuottaa myös sähköä höyryturbiinilla. Yhdessä kaukolämpöverkossa on useita lämpölaitoksia, jotta lämmöntuotanto voidaan taata vaihtelevilla lämpökuormilla ja laitosten vika- tai huoltokatkoilla. Polttolaitoksilla käytettäviä polttoaineita ovat puu ja puupelletti, muut biomassat, turve, öljy, jäte, kivihiili tai maakaasu. (Energiateollisuus 2022)

Vuoden 2022 syksyllä raskas- ja kevytpolttoöljyn hinnalla tulee kannattavammasi käyttää pellettiä kaukolämmön tuotannossa öljyn sijaan. Pelletin ja öljyn hinta vaihtelevat markkinoiden ja saatavuuden mukaan ja pelletin kannattavuus saattaa heikentyä. Pelletti on imagoltaan öljyä luontoystävällisempää ja vähäpäästöisempää. Öljyn polton korvaaminen pelletillä on etu yrityksille imagollisesti ja taloudellisesti. Tästä johtuen pellettikattilan toiminta pyritään kehittämään toimintavarmaksi ja ensisijaiseksi vara- ja huippukuormayksiköksi.

Työn tarkoituksena on tehdä kuljetintarkastelu Nevel Oy:n Lepistönkadun pellettikattilan varastosiilon kuljettimelle. Työssä selvitetään sopivien kuljetinratkaisujen kustannusarvioita tarjouspyynnöillä yrityksiltä ja kartoitetaan eri kuljettimien käyttövarmuutta, joiden perusteella suositellaan toimivia ratkaisuja kuljettimeksi. Tarkasteluun valittiin kuljettimet saatujen tarjouksien ja ehdotusten perusteella tarjouksia tarjonneiden yritysten asiantuntijoilta ja tarkasteltiin niiden sopivuutta kyseisessä kohteessa.

Työssä esitellään Nevel Oy yrityksenä, Forssan kaukolämpöverkon Neveln pääasialliset lämmöntuotantolaitokset, yleistietoa pelletistä ja sen varastoinnista, sekä tietoa tarkastelluista kuljetinmuodoista. Kuljetinratkaisuista esitetään ominaisuuksia ja mahdollisia ongelmakohtia käytössä, sekä

huomioidaan pelletin ominaisuuksien aiheuttamat haasteet kuljetuksessa. Kustannukset lasketaan vuoden tuotannon lisäkustannuksena, eli lisäkustannus €/MWh vuodelle. Kustannusten ja kuljettimien toiminnan perusteella tehdään vertailua kuljetinmuotojen kesken ja esitetään yhteenvedossa teoreettisesti toimivimmat ja kustannustehokkaimmat ratkaisut.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Nevel Oy on kaukolämpöliiketoimintaa harjoittava yhtiö. Se irroitettiin Vapo Oy:sta tytäryhtiöksi vuonna 2019. Vapo myi Nevel Oy:n vuonna 2021 ranskalaiselle sijoitusyhtiölle Ardianille. Nevel Oy tarjoaa teollisuudelle ja kiinteistölle infrastruktuuriratkaisuja, kuten kaukolämpöä, sähköä, sekä höyryä ja operoi yli 130 energiatuotantolaitosta ja 40 kaukolämpöverkkoa Suomessa, Ruotsissa ja Virossa. Suomessa Nevel Oy tuottaa kaukolämpöä 16 eri kunnassa. Nevel Oy:n Suomen suurimmat sähkön ja lämmöntuotantolaitokset ovat Forssa 66 MW, Haapavesi 28,4 MW, Lieksa 31,5 MW, Salo 40 MW ja Sotkamo 27 MW. Nevelillä työskentelee 150 asiantuntijaa ja yhtiön vuosittainen liikevaihto on noin 100 miljoonaa euroa. Nevelin tavoitteena on kehittää vihreää siirtymää ja kiertotaloutta. Nevel luopui pääasiallisesti turpeen poltosta vuonna 2022 ja käyttää sitä vain varapolttoaineena. (Nevel Oy 2022).

1.3 Tavoite

Työn tavoitteena on selvittää vaihtoehtoisia kuljetinratkaisuja pelletin varastokuljettimeksi. Nykyisenä varastokuljettimena on kourullinen ruuvikuljetin (kuva 1). Ruuvikuljetin on yleisesti hyvä ja toimintavarma kuljetinratkaisu pelletin kuljetukseen.



Kuva 1. Ruuvikuljetin.

Kohteena olevan pellettikattilan varastokuljetin on siilon (kuva 2) pohjan matalan sijainnin takia jyrkässä asennuskulmassa, mikä aiheuttaa pelletin valumisen ja pakkaantumisen ruuvikuljettimen kourun pohjalle ja vahinkoa kuljettimelle.



Kuva 2. Varastosiilo.

Tavoitteena on hakea vaihtoehtoisia kuljetinratkaisuja ruuvikuljettimen ja pyytää kuljetinratkaisuille tarjouksia ja hinta-arvioita. Saatujen tarjousten perusteella arvioidaan kunkin kuljetinratkaisun investoinnin kannattavuutta ja kuljettimen toimintavarmuutta käyttökohteessa.

2 Tarkastelun kohde

Tarkastelun kohteena on Nevel Oy:n Forssan Lepistönkadun lämpölaitoksen pellettikattilan varastokuljetin. Laitos on ollut toiminnassa vuodesta 1991 kahdella 12 MW raskaspolttoöljy käyttöisellä öljykattilalla ja vuonna 2006 lisätyllä 9,9 MW:n pellettikattilalla. Lämpölaitos toimii vara- ja huippukuormalaitoksena öljykattiloiden vuotuisella alle 500 h/a käyttöajalla ja pellettikattilan n. 1300 h/a käyttöajalla. Pääasiallisena lämmöntuottajana Lepistönkadun lämpölaitoksella käytetään pellettikattilaa. Lepistönkadun lämpölaitoksen öljykattiloita operoidaan etänä Neveln Vantaan Tikkurilan keskusvalvomosta ja pellettikattilaa manuaalisesti paikanpäältä.

9,9 MW:n nimellistehosta huolimatta pellettikattilaa ajetaan n. 3 MW:n teholla. Tämä johtuu kattilan rakenteellisesta suunnitteluvirheestä. Kattilan arinan pohja sulaa liian isoilla kuormilla, jolloin arinan pohjalle muodostuu ahjoilmiö. Ilmiön epäiltynä aiheuttajana on vääränlainen palamisilman syöttö arinan pohjasta. Ylä- ja alaosiioon jaettu arinan pohjan primääri-ilmansyöttöä ei pystytä muuttamaan erikseen niin, että yläosan ilmansyöttöä saisi vähennettyä. Arinan yläosa saa liikaa ilmaa suhteessa arinan alaosaan, joka johtaa yläosan ahjoilmiöön. Primääri-ilmansyöttö on automaatio-ohjattu laskennalla.

Kattilan varastokuljettimen, joka kuljettaa pellettiä varastosiilosta kattilan välisiiloon (kuva 3), ruuvi on katkennut jauhaantuneen pelletin aiheuttamasta väännöstä ruuvin kairaun.



Kuva 3. Varastokuljettimen ja välisiilon yhtymäkohta.

Kuljettimena on 229,7 mm halkaisijaltaan oleva ja 9000 mm pitkä ruuvikuljetin ilman välituentaa. Katkennut ruuvikuljetin kuvassa 4.



Kuva 4. Ruuvin katkennut kaira.

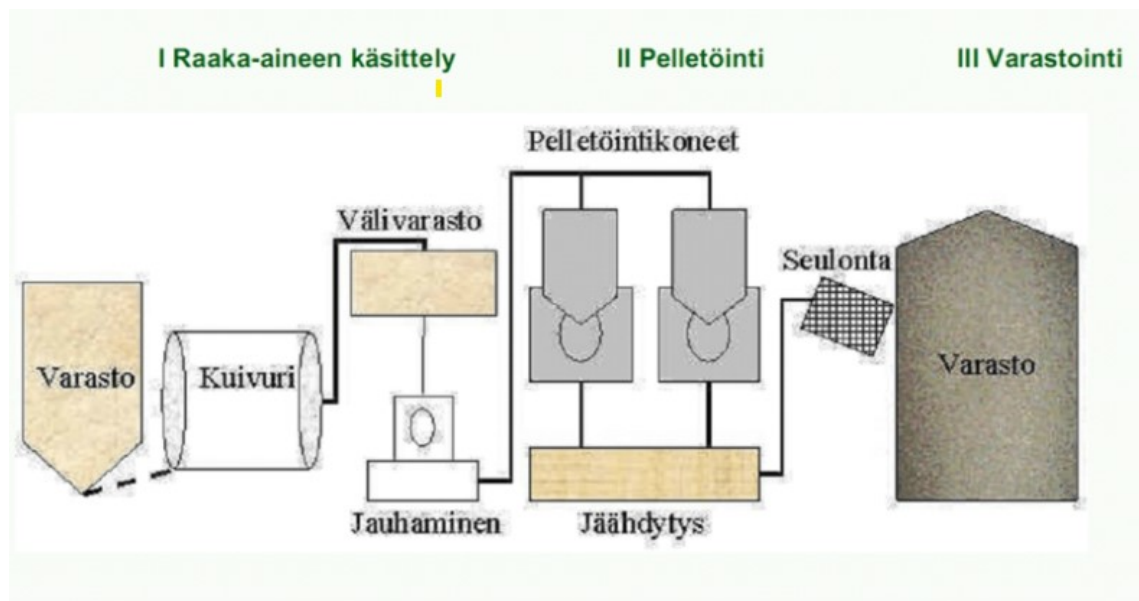
Kuljetin on asennettu paikoilleen vuonna 2020 kesäkuussa ja korjattu hitsaamalla toistamiseen vuonna 2022, jotta pellettikattila saadaan väliaikaisesti toimintaan ja vältetään öljyn poltolta. 2022 kesällä kuljetinta paranneltiin asentamalla levyluistiventtiili ohjamaan syötettävän aineen massavirtaa. Levyluistiventtiili esitellään työn myöhemmässä vaiheessa. Pellettikattila kuluttaa pellettiä noin 16 000 kg päivässä sen nykyisellä n. 3 MW käyttöteholla.

Työssä selvitetään eri kuljetinkokonaisuuksien investointi kustannuksia pyytämällä tarjouksia ja suosituksia yritysten asiantuntijoilta. Pellettikattilan vuotuinen energiantuotanto on 3900 MWh/a. Tarkastelussa otetaan huomioon kuljettimien hinnat asennuksineen suhteessa vuotuisen energiantuotantoon, sekä verrataan eri tarjouksien kannattavuutta ja käyttövarmuutta.

3 Pelletin tuotanto, käyttö ja varastointi

3.1 Tuotanto

Puupelletit valmistetaan yleensä teollisuuden puujätteestä, kuten sahanpurusta, kutterilastusta, hiontapölystä tai muusta kuorettomasta materiaalista. Pelletit ovat noin 10–30 mm pitkiä ja 6–12 mm halkaisijaltaan olevia sylinterimäisiä puristettuja palasia. Raaka-aine puhdistetaan epäpuhtauksista, kuten kivistä, metallista ja muovista, jonka jälkeen hienonnettu puuainees puristetaan puumatriisin läpi. Puristuksen aikana puupelletin lämpötila nousee, jonka johdosta sen sisältämä ligniini saa puuaineksen sitoutumaan yhteen ja luo pelletin kestävän rakenteen. Pelletöinnin jälkeen pelletti jäähdytetään, seulotaan ja varastoidaan. Valmistuksen ihanteellinen kosteus on 10 – 15 % ja kosteampi raaka-aine kuivataan ennen jalostusta kuivurissa. Pelletin valmistuksen vaiheet näkyvät kuvassa 5. (Bioenergia ry 2022).



Kuva 5. Pelletin valmistus (Bioenergia ry 2022).

3.2 Käyttö

Pelletin tarkoitus on pitää muotonsa mahdollisimman hyvin, sillä jauhaantunut pelletti aiheuttaa yleensä ongelmia käytössä. Pelletin pöly on herkästi syttyvää ja räjähdysherkkää, jonka vuoksi pelletti tulee kuljettaa ja varastoida pölysuojatusti. Pelletin muoto näkyy kuvassa 6.



Kuva 6. Pelletti (Bioenergianeuvoja 2022).

Kiinteän muotonsa johdosta pellettiä on helppo siirtää ja sen paloa on helppo hallita. Pellettiä käytetään niin teollisuuden lämmön ja sähkön tuotannossa, kuin asuinkiinteistöjen, maatalouden ja teollisuuden kiinteistöjen lämmitykseen. Pelletti poltetaan arinassa tai sille tarkoitettussa pellettitakassa, joista palamisen tuottama lämpö siirtyy lämmönvaihtimen kautta veteen. Kaukolämmön tuotannossa arinan tuottama lämpö johdetaan kaukolämpöveeseen ja pienpellettilämmityksissä vesi johdetaan pattereihin tai lattiaputkistoihin. Pelletin energiasisältö on yleensä noin 4,7 kWh/kg. (Motiva 2022, Pelletit)

3.3 Varastointi

Pelletti varastoidaan yleensä siiloihin (kuva 2) tai säkkeihin (kuva 7). Varastoinnilla pyritään suojaamaan pellettiä kosteudelta ja hallitsemaan sen tuottamaa pölyä. Vesi saa pelletin rakenteen hajoamaan ja kastuessaan turpoaa moninkertaiseksi, joka aiheuttaa ongelmia sen siirrossa ja poltossa. Siilojen on oltava pölytiivitä ja ne valmistetaan 1,5-3mm galvanoidusta pellistä. Siiloina käytetään vaaka- tai pystysiiloja ja siilon mallin määrittää yleensä tila ja sen koon tarve. (Motiva 2022, Pelletin säilytys ja siirto)

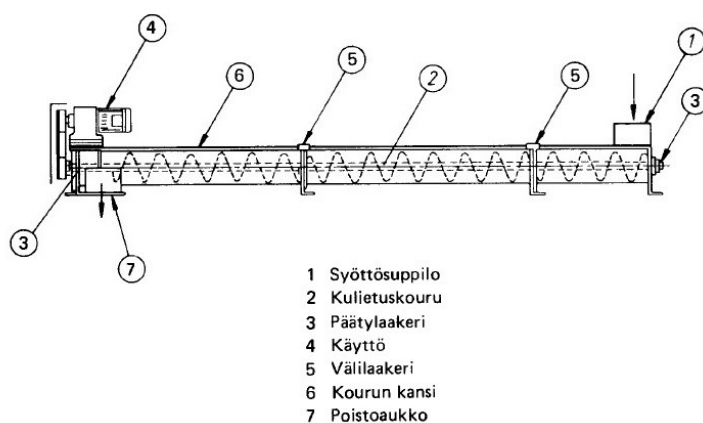


Kuva 7. Pellettisäkki (Bioecopellet 2022).

4 Kuljetinratkaisuja

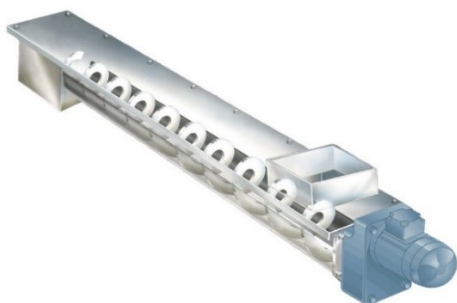
Tässä luvussa esitetään saatujen tarjousten kuljetinratkaisuja. Kuljetinratkaisut ovat suosituksia pelletin kuljettamiselle jyrkässä asennuskulmassa. Kuljetinratkaisuista esitetään perustoimintaperiaatteet ja rakenteet.

Nykyinen kohteena olevan pelletin varastokuljetin on ruuvikuljetin (kuva 8) ja se toimii työntämällä tai vetämällä pyörivällä ruuvilla kuljetettavaa tavaraa suljetussa putkessa tai kourussa. Ruuvikuljettimilla kuljetetaan yleensä rae- tai jauhemaisia materiaaleja. Materiaalin kuljettamisen lisäksi ruuvikuljettimia käytetään purkaimina, sekoittimina ja annostelijoina. Ruuvikuljettimien pituus on yleensä metristä joihinkin kymmeneen metriin ja asennuskulmat yleensä alle 45 astetta. Pitkät ruuvikuljettimet rakennetaan pätkistä, jotka saattavat aiheuttaa tukoksia ja ruuhkia välilaakeroinnin kohdalle. Aineen valuvuudesta riippuen ruuvin pyörintänopeutta tulee jyrkässä asennuskulmassa kuitenkin kasvattaa reilusti ja aineen valumasta saattaa aiheutua ongelmia ruuvin toiminnassa kuljetuksessa. Ruuvikuljettimen etuna pelletin kuljetuksessa on sen pölyttömyys ja siirrettävän materiaalin hyvä eristys johtuen suljetusta kotelosta. Ruuvikuljettimia käytetään mm. voimalaitoksilla, rehu-, elintarvike-, prosessi-, ja kemianteollisuudessa.



Kuva 8. Siirtoruuvi (SFS 4200 2022, 29).

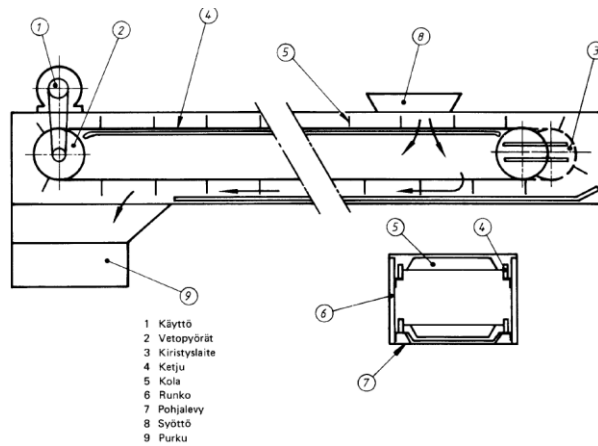
Akselittomat spiraaliruuvit (kuva 9) valmistetaan yhdestä tai useasta teräslatasta ilman keskiakselia. Spiraali makaa kaukalon pohjassa olevan muovisen tai teräksisen kulutusvuorauksen päällä (Kapotek 2022). Akselittomuus tekee mahdolliseksi suuremman tilavuuskapasiteetin perinteiseen ruuvikuljettimeen verrattuna ja hankalempien aineiden käsittelystä helpompaa, kuten tarttuvien ja vaihtelevien ainekokojen omaavien aineiden kuljetuksesta. Spiraalikuljettimien asennuskulma on parempi kuin perinteisten akselillisten ruuvikuljettimien ja ne voidaan asentaa vaakaan tai pystysuoraan. Akselittoman spiraalikuljettimen maksimi pituus vaihtelee kymmenistä metreistä jopa 60 metriin asennuskulmasta riippuen.



Kuva 9. Akseliton spiraalikuljetin (Kapotek 2022).

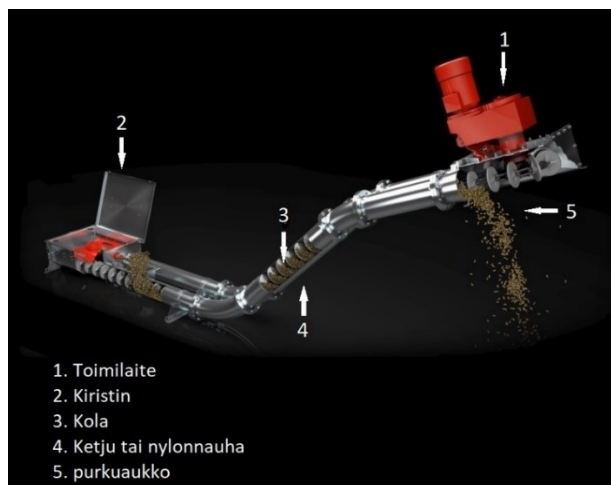
Kolakuljettimien (kuva 10) toiminta perustuu ketjun ja niihin kiinnitettyjen kolien vetämiseen. Kolakuljetinta käytetään jauhe- ja raemaisten materiaalien siirtoon ja soveltuu hyvin myös pienen kappaleekoon aineiden siirtoon, kuten hake, hiekka tai tuhka. Kuljettimen tiiviin rakenteen ansiosta se soveltuu hyvin pölyävän materiaalin siirtoon, mutta ei kuitenkaan sovellu tarttuvien tai paakkuuntuvien materiaalien siirtoon tukkeutumisvaaran vuoksi. Kolakuljettimia käytetään yleensä myös voimalaitosten vastaanottoasemilla biopolttoaineseosten kuljettamiseen, kuten puru, kuori ja rankahakkeen kuljetukseen. Kolakuljettimien pituus on yleensä metristä muutamaan kymmeneen metriin ja nousukulma voi olla jopa 40 astetta kuljetettavan tavarán valuvuudesta riippuen. Nousukulmaa pystyy kuitenkin kasvattamaan siihen tarkoitetuilla erilaisilla kolarakenteilla. Kolakuljettimen käyttökoneisto asennetaan yleensä kuljettimen vetopäähän. Pölyävän materiaalin

kuljetuksessa, kuten pelletin, tulee kuljettimen sähkömoottorissa ottaa huomioon sähkömoottorin suojausluokka tulipalovaaran takia.



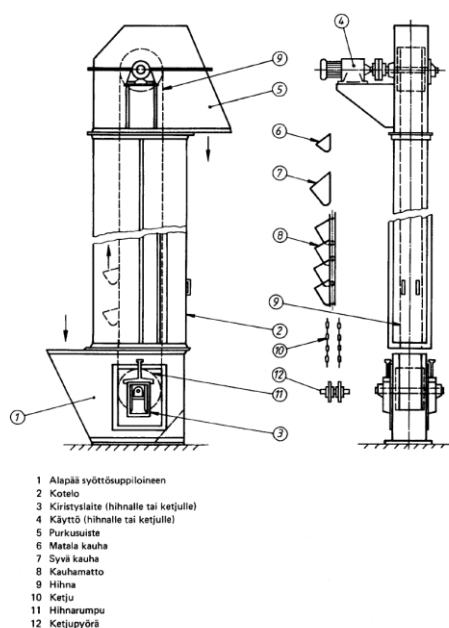
Kuva 10. Kolakuljetin (SFS 4200 2022, 15).

Putkikolakuljettimia (Kuva 11.) käytetään pienirakeisten ja jauhemaisten materiaalien siirtoon. Kuljettimen toiminta perustuu putkissa kulkeviin, ketjuun tai nylonnauhaan kiinnitettyihin koliin. Kuljettimen käyttöyksikkö pyörittää ketjua putkessa, jossa kuljettimen kolat vetävät kuljetettavaa ainetta purkuaukole. Putkikolakuljettimet ovat täysin pölytiivisiä ja ne sopivat mm. kuluttaville, helposti tarttuville ja räjähdysherkille materiaaleille. Kuljettimen maksimi pituus jopa 60 metriä ja materiaali pystyy kuljettamaan vaaka-, vino- ja pystysuunnassa. Kuvassa 10. havainnekuva putkikolakuljettimesta.



Kuva 11. Putkikolakuljetin (Schrage 2022).

Elevaattoreita (Kuva 12) käytetään materiaalien pystysuuntaiseen kuljettamiseen ja ne yleensä yhdistetään muiden kuljettimien kanssa. Elevaattorit toimivat hihnaan tai ketjuihin kiinnitetyillä kauhoilla, jotka nostavat materiaalin ylös. Elevaattori purkaa materiaalia keskipakoisvoimalla tai kauhan selän kautta tiputtamalla. Kauhojen valmistusmateriaalina käytetään joko terästä tai muovia, ja niitä löytyy pohjallisina, pohjattomina ja rei'itettyinä. Materiaalin liian hitaan ilman syrjäyttämisen takia saatetaan käyttää pohjattomia tai rei'itettyjä kauhoja. Kauhojen malli riippuu siirrettävän materiaalin ominaisuuksista ja raekoosta.



Kuva 12. Elevaattori (SFS 4200 2022, 32).

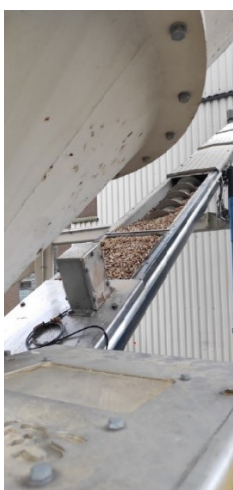
5 Pelletin syöttö

Nykyisessä järjestelmässä varastosiilon pohjassa on rajakytkimillä toimiva, ajastettu levyluistiventtiili (kuva 13).



Kuva 13. Varastosiilon ja kuljettimen välisen mekaaninen säätöpelti ja levyluistiventtiili.

Venttiilin avauduttua pelletti valuu siilosta ruuvien päälle. Pelletin hallitsematon purkautuminen aiheuttaa ruuvien kourun liiallisen täytön (kuva 14), jonka vuoksi kuljetin ylitäytyy.



Kuva 14. Tukkeutunut kuljettimen kouru.

Liiallinen täyttöaste ja jauhaantuneen pelletin kasaantuminen kourun pohjaan aiheuttaa ruuviin vääntöä ja väsyttää sen rakennetta. Metallin väsyminen aiheuttaa lopulta ruuvien kairan katkeamisen. Ylitäytön estämiseksi siilon alle on suunniteltu asennettavaksi sulkusyötin, joka mahdollistaa pelletin hallitun ja tasaisen purkamisen. Sulkusyöttimen asennus nykyiselle ruuvikuljettimelle ei pidetä mahdollisena ratkaisuna, koska pellettsiilon tukipalkki tulisi siirtää (kuva 15).



Kuva 15. Pellettsiilon tukipalkki.

5.1 Sulkusyötin

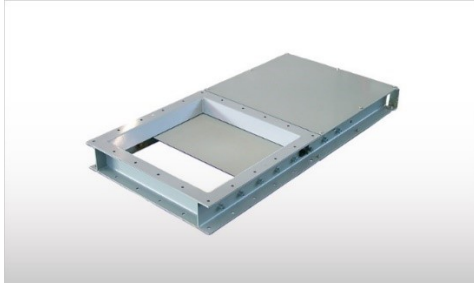
Sulkusyöttimet ovat suunniteltu materiaalien paineettomaan purkamiseen ja syöttöön toiseen järjestelmään (VKK group, 2022). Sulkusyöttimiä käyttämällä saavutetaan jauhe- ja raemaisen materiaalin hallittu syöttö. Materiaali syötetään yläkautta pyörivälle roottorille, joka kuljettaa materiaalin syöttimen alapuoliselle aukolle. Sulkusyöttimillä pystytään eristämään eri linjoja keskenään ja siksi soveltuu hyvin esimerkiksi polttolaitosten kattiloiden polttoainesyöttöön estämään takapalon mahdollisuutta. Takapalossa kattilan palo pääsee nousemaan polttoainesyöttöä pitkin ylöspäin. Takapalon mahdollisuus poistuu, kun sulkusyötin eristää syöttävän polttoainelinjan kattilaan menevästä linjasta. Kuvassa 16 esimerkki polttolaitosten kattiloiden polttoainesyötön kiinteälapaisesta sulkusyöttimestä.



Kuva 16. Sulkusyötin (Wamgroup 2022).

5.2 Levyluistiventtiili

Levyluistiventtiilejä käytetään materiaalien virtauksen estämiseen. Levyluistiventtiilit sopivat esimerkiksi hiekan, soran, hiilen tai kokonaisien jyvien erotteluun. Levyluistiventtiilejä käytetään sovelluksissa, jossa materiaalin valumista halutaan hallita. Venttiilien käyttökohteita ovat mm. Suppiloiden, tankkien ja mekaanisten kuljettimien purkuaukot ja syöttöyhteet. Venttiilit voivat olla sähkö ja mekaanisella ohjauksella toimivia. Kuvassa 17 teräksestä valmistettu levyluistiventtiili. (Wamgroup. 2022).



Kuva 17. Levyluistiventtiili (Wamgroup 2022).

5.3 Täry

Täryjä käytetään kiinteiden aineiden holvautumien ja tukkeumien vapauttamiseen esimerkiksi siiloissa tai suppiloissa. Täryjä voidaan käyttää osana ohjattua sekvenssiä, jolloin tärytys tapahtuu tietyssä kohdassa käynnissäolevaa sekvenssiä, tai aika- ja manuaaliohjattuna. Aikaohjauksessa täry käynnistyy aina asetetuin aikavälein ja manuaaliohjauksessa täry käynnistetään manuaalisesti käsi- tai etäohjauksella päälle ja pois tyylisesti. Kuvan 18 tärytin toimii pyörittämällä laitteen eri päissä olevia epäkeskisiä painoja, josta aiheutuva keskipakoisvoiman värinä välittyy kiinnitettyyn olevaan kohteeseen.



Kuva 18. Ulkoinen sähköinen moottoritärustin (Wamgroup 2022).

6 Tarjoukset ja kustannukset

Tarjouksia saatiin viideltä eri yritykseltä, jotka suosittelivat kolakuljetinta sulkusyöttimellä, putkikolakuljetinta, akselitonta spiraalikuljetinta ja ruuvikuljetinta elevaattorilla. Tarjouksien lisäksi suositeltiin myös pelkän täryttimen asennusta varastosiilon kartioon, syöttöaukon läheisyyteen. Aikaohjatulla täryttimellä mahdollistettaisiin siilon syöttöaukon koon pienennys ja täryttimen avulla pienestä syöttöaukosta johtuva holvautuminen saataisiin estettyä. Täryllä voitaisiin teoriassa välttää sulkusyöttimen tarve, mutta tämä selviäisi vasta käytännön kokeilun myötä.

Käyttökustannukset

Sähkönkulutuksesta johtuvat kustannukset vaikuttavat kuljettimen lopullisiin investointikustannuksiin ja tämä otetaan huomioon 5 vuoden käyttöajalle. Kuljettimien sähkönkulutuksen laskemiseen tarvittavat moottoritiedot eivät ole sisällytettyinä kaikissa saaduissa tarjouksissa ja sähkönkulutuksesta johtuvan kustannukset lasketaan vain niille kuljetinratkaisuille, joille on annettu jo tarjousvaiheessa moottoritiedot. Useammassa tarjouksessa tarvittava moottorin virrankulutus tulisi ilmi vasta varsinaisessa suunnitteluvaiheessa.

Varastokuljetin ei ole jatkuvasti päällä, vaan toimii välisiilon ylä- ja alarajan ohjauksella, eli kuljetin käynnistyy kun välisiilo saavuttaa alarajan ja sammuu kun välisiilon yläraja saavutetaan. Pellettikattilan päivittäinen pelletinkulutus on noin 16 000 kg, jolloin 1000 kg/h pelletin syöttökapasiteetilla varastokuljettimen käyttöasteeksi saadaan noin 67%. Päivittäinen käyntiaika arvioidaan olevan keskimäärin 16 tuntia aiemmin mainitulla käyttöasteella ja vuotuisen käyttöajan 871 tuntia. Kuljettimien sähkönkulutuksen kustannuksen lasketaan 1.11-17.11.2022 pörssisähkön keskihinnalla, joka on noin 17,25 s/kWh ja sähkösiirron hinta Forssassa 3,28 s/kWh, jolloin sähkön hinnaksi kokonaishinnaksi muodostuu 20,53 s/kWh. Sähköveroja ja liittymämaksuja ei

oteta laskennassa huomioon. Taulukossa 1. on laskettu sähkönkulutuksen aiheuttaman kustannukset yhden vuoden ja 5 vuoden ajalle.

Kuljetin	Sähköteho (kW)	vuotuinen käyntiaika (h)	sähkön hinta	1v	5v
Putkikolakuljetin	0,75	871	0,2053 €	134,11 €	670,56 €
Akseliton spiraalikuljetin	3	871	0,2053 €	536,45 €	2 682,24 €

Taulukko 1. Sähkönkulutus kustannukset.

Hankinta kustannukset

Kaikki saadut tarjoukset eivät sisältäneet asennuskustannuksia, jonka johdosta kustannusarvioihin taulukossa 2 on otettu huomioon ilman asennuksia olevien tarjouksien kohdalla 12 000 €:n lisäkustannukset asennuksista.

Asennuskustannusarvio perustuu saatujen tarjouksien sisältämiin hintaerittelyihin. Todelliset asennuskustannukset ovat riippuvaisia asennuksen suorittavan yrityksen hinnastosta ja asennettavan kuljettimen asennusominaisuuksista. Tarjoukset, joihin ei sisälly asennuskustannuksia, pidetään investoinnin näkökulmasta riskialttiimpina tilaavalle yritykselle. Asennustöiden hankinta ulkopuoliselta urakoitsijalta voi aiheuttaa ongelmatilanteissa hankaluuksia korvauksien saamisessa ja takuu asioissa. Edellä mainitut asiat otettiin huomioon kartoituksen johtopäätöksissä.

Hankintakustannuksissa ollaan laskettu kuljettimien kokonaiskustannukset arvioitujen asennuskustannusten kanssa. Saatua kokonaiskustannus on jaettu vuotuiselle 3900 MW:n pellettikattilan energiantuotannolle ja laskettu investoinnin vaikutus MW:n hintaan vuoden aikavälillä.

Laite	Hinta-arvio	Tarjous	Arvioitu sennus kustannus	kokonais kustannus	€/MWh vuodelle
Kolakuljetin + sulkusyötin + täry	35 900 €	A	Asennus sis. hinta-arvioon	35 900 €	9 €
Kolakuljetin	28 380 €	B	Asennus sis. hinta-arvioon	28 380 €	7 €
Spiraalikuljetin	34 600 €	C	12 000 €	46 600 €	12 €
Putkikolakuljetin	31 705 €	D	12 000 €	43 705 €	11 €
Ruuvi + elevaattori	10 000 €	E	12 000 €	22 000 €	6 €

Taulukko 2. Tarjoukset.

Kolakuljetin

Kolakuljettimen hankinnan aiheuttamat kustannukset MW:n hinnalle vuodessa on 7 – 9 €. Kolakuljetin on edullinen vaihtoehto hankintahinnaltaan varastokuljettimeksi hinta-arvioihin perustuen sekä täryttimellä ja sulkusyöttimellä varustettuna, että ilman. Kolakuljettimet eivät sovellu tahmeiden, kiinni tarttuvien ja paakkuuntuvien aineiden siirtoon (Kosti Koivisto, Kuljetintekniikka, s. 10). Pelletti on varsinkin jauhaantuessaan ja kastuessaan hyvin paakkuuntuvaa, jonka johdosta se aiheuttaa kuljettimen käyttöön ongelmia jos kuljettimeen pääsee kosteutta. Kolakuljetin vaatii sulkusyöttimen, koska hallitsematon pelletin valuminen saattaa aiheuttaa liian ison hetkellisen kuormituksen kuljettimelle. Pellettikattilan välisiilon syöttöaukko on noin 4,6 metrin korkeudessa ja pelletin varastosiilon tukipalkki on suoran reitin tiellä välisiilolle (kuva. 4), jonka takia kolakuljettimen kuljetuskulma nousee yli 40 asteen. Jyrkästä asennuskulmasta johtuen kuljettimeen voidaan joutua suunnittelemaan erikoisia kolarakenteita, joita ei välttämättä olla otettu huomioon kolakuljetinta varastokuljettimeksi suositeltaessa.

Spiraalikuljetin

Spiraalikuljetin on tarjouksista kallein 46 600 €:n hankintahinnallaan. Spiraalikuljetinkokonaisuuteen kuuluu kolme erillistä kuljetinta. Saadussa tarjouksessa kuljetin on mitoitettu kuljetuskapasiteetiltaan liian pieneksi, jolloin se ei sellaisenaan ole toimiva kuljetin kyseiseksi varastokuljettimeksi. Lopullinen spiraalikuljettimen hankintahinta tulee siis olemaan suurempi kuin annettu tarjous. Kuljetinkokonaisuus muodostuu vaakasuorasta spiraalikuljettimesta, johon pelletti valuu varastosiilosta. Ensimmäinen spiraalikuljetin syöttää pelletin pystysuorassa olevan kuljettimen seinästä sisään, joka kuljettaa pelletin kolmannelle vaakasuoraan asennetulle kuljettimelle. Kolmannesta kuljettimesta pelletti syötetään varastosiilolle. Kolmas kuljetin on korvattavissa alaviistoon asennetulla syöttöputkella, jos pystykuljettimen purkuaukko on tarpeeksi korkealla välisiilon syöttöaukkoon nähden. Pystykuljettimen ja syöttöaukon väliin voisi asentaa edellä mainitussa tapauksessa syöttöputken, jota pitkin pelletti valuisi painovoiman avulla välisiiloon. Pelletin syöttö on mahdollista toteuttaa joko täryttimellä sulkuaukkoa pienentämällä, jotta syöttömäärä saadaan laskettua tai sulkusyöttimellä annosteltua syöttöä käyttäen.

Ruuvi ja elevaattori

Ruuvi ja elevaattorin yhdistelmä on tarjotuista kuljetinratkaisuista halvin 22 000 €:n hankintakustannuksilla. Pelletin kuljettamiseen ratkaisu arvioidaan käyttövarmaksi, perustuen kuljetinruuvien ja elevaattorien hyvään pölytiivyyteen. Kuljetinratkaisussa pelletti valuu siilosta vaakasuoraan asennetulle ruuville, joka kuljettaa pelletin elevaattorille. Elevaattori kuljettaa pelletin pystysuoraan ylöspäin ja heittää pelletin keskipakovoimaa hyödyntäen alaviistoon asennettua putkea pitkin välisiilolle. Tarjous on laitetoimittajalta ja siihen ei sisälly kuljettimen asennusta, suunnittelua ja syöttölaitteistoa, jonka takia annettuun tarjoukseen tulee lisäkustannuksia hankittavista asennus- ja suunnittelutöistä, sekä lisälaitteistoista. Pelletin syöttölaitteistoksi ei tarvita kuljetinkokonaisuudessa sulkusyötintä, jos pelletin valuminen varastosiilosta

saadaan säädettyä tarpeeksi pieneksi ja tasaiseksi. Pelletin valumisen rajoittaminen siilon pohjasta aiheuttaa pelletin holvautumisen, mikä voi olla mahdollista estää hankkimalla kartion kylkeen täryttimen. Näin lisälaitteiston lisäkustannukset pysyisivät alhaisempina ja kokonaiskustannukset kilpailukykyisinä.

Putkikolakuljetin

Putkikolakuljetin hankintakustannuksiltaan kallis 43 705 €. Putkikolakuljettimen etuina on sen kevyen rakenteen mahdollistama joustava muotoilu ja rajoittamaton kuljetuskulma, jonka ansiosta varastosiilon tukirakenne ei tule kuljettimen tielle. Saatuun tarjoukseen ei sisälly asennustöitä, eikä pelletin syöttölaitteistoa ja kuljetin vaatii tarjouksen mukaan kuljetettavan aineen annostellun syötön, mistä johtuen laitteiston lisäksi tulee asentaa joko tärytin pienemmälle syöttöaukon koolle vähentämään pelletin syöttövauhtia ja estämään pelletin holvautumista tai sulkusyötin annostelevaan pelletin syöttöä. Putkikolakuljettin sopii pölyävän ja paakkuuntuvan aineen kuljettamiseen. Putkikolakuljettimen etuna on myös sen pieni sähkönkulutus.

7 Johtopäätökset

Minkään kuljetinratkaisun ongelmattomasta toimivuudesta ei ole takuita, sillä kuljetinratkaisut ovat kohteeseen räätälöityjä, joka voi johtaa odottamattomiin yksilöllisiin kuljetinkohtaisiin ongelmiin. Kuljettimien toimivuuden arviointi perustuu saatavilla oleviin tietolähteisiin ja yleiseen pohdintaan.

Kuljetinsuositus

Kola- ja putkikolakuljettimen ovat tarjotuista kuljetinratkaisuista suositellut kohteen pelletin varastokuljettimeksi. Muissa tarjotuissa kuljetinkokonaisuuksissa on useampi kuin yksi kuljetin, joka lisää käyttö-, huoltokustannuksia ja vähentää toimintavarmuutta. Putkikolakuljetin sopii tarjouksen antaneen yrityksen mukaan tarttuvan aineen kuljetukseen ja jauhaantuneen pelletin ei oleteta aiheuttavan ongelmia kuljettimelle. Jauhaantunut pelletti on potentiaalinen riski kolakuljettimessa, joita ei suositella tarttuvien aineiden kuljetuksessa. Putkikolakuljetin on käyttövarmuudeltaan parempi jos jauhaantumista tapahtuu aineen syötössä ja kosteus pääsee turvottamaan jauhaantunutta pellettiä. Putkikolakuljetin on arvioidulla kokonaishankintahinnallaan saaduissa tarjouksissa kolakuljetinta 15 325 euroa kalliimpi ja kolakuljetin on tästä syystä suositeltu kuljetin jos pelletin jauhaantuminen saadaan hillittyä. Kolakuljettimen sähkönkulutuksen kustannukset eivät ole laskettavissa saatujen tarjousten perusteella. Nykyisellä marraskuun 2022 sähkön keskihinnalla kustannusarvion erotuksen säästämiseksi viidessä vuodessa putkikolakuljettimella, tulisi kolakuljettimen käyttää 9,5 kW/h sähköä. Kolakuljetin on investointikustannuksiltaan putkikolakuljetinta kannattavampi ja siksi asennettavaksi suositellaan kolakuljetinta.

Perusteluja

Kuljetinkokonaisuuksien sähkönkulutus lisää investoinnin kokonaiskustannuksia kuljetinratkaisusta ja sähkön hinnasta riippuen jopa useita tuhansia euroja. Sähköhinnan vaihtelusta johtuen kuljetinratkaisun kokonaiskustannuksia ei ole mahdollista arvioida tarkasti, mutta paljon sähköä kuluttavat kuljetinratkaisut ovat alttiita investointihinnan korkealle nousulle. Tämä on investoivalle yritykselle riski ja siksi matalalla sähkönkulutuksella olevat kuljetinratkaisut ovat suositeltavia. Sähkönkulutuksen näkökulmasta putkikolakuljetin on suositeltava kuljetinratkaisu pelletin varastokuljettimeksi, vähäisen 0,75 kW:n moottoritehon ansiosta.

Sulkusyötin voi aiheuttaa pelletin jauhaantumista siilon purkuaukolla. Jauhaantunut pelletti tiivistyy ja paakkuuntuu helposti kuljettimien rakenteisiin, kuten nykyisen ruuvikuljettimen kourun pohjalle. Tästä johtuen kuljetinratkaisut, jotka eivät sovi tahmealle ja paakkuuntuvalle materiaalille, ovat alttiita ongelmille käytössä. Mahdollisen jauhaantumisen välttämiseksi suositellumpi ratkaisu pelletin hallitulle syötölle on rajoittaa varastosiilon purkuaukkoa ja ehkäistä holvautumiset täryttimellä. Tällä tavalla voidaan vähentää myös kuljetinkokonaisuuden sähkönkulutuksesta aiheituvia käyttökustannuksia.

Kuljetinkokonaisuudet joihin sisältyy useampi kuin yksi kuljetin, kuten kolmen spiraaliruuvikuljettimen kokonaisuus, ovat kunnossapidollisesti vaativimpia johtuen useammasta kulumasta laitteesta ja komponentista. Oletettu sähkönkulutus nousee useamman kuljettimen kokonaisuuksissa, joka nostaa kokonaiskuluja koko laitteen käyttöajan. Tästä syystä yhden kuljettimen kuljetinratkaisut ovat käyttökustannuksiltaan edullisempia, toimintavarmempia ja riski odottamattomille huoltokatkoille laskee.

Lähteet

Bioecopellet 2022. Pellettisäkki kuva. <https://bioecopellet.com/int/en/shop/pellets-a2-bb/>

Bioenergianeuvoja 2022. Puupelletti kuva. <https://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/>

Bionenergia ry 2022. Tietoa pelleteistä. <https://www.bioenergia.fi/tietopankki/pellettienergia/>

BMH 2022. Elevaattori. <https://www.bmh.fi/equipment/bucket-elevators/attachment/elevaattori/>

Energialiitto. Kaukolämmön tuotannon. 2022. https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolammon_tuotanto

Hartek 2022. Putkikolakuljetin esittely. <https://hartek.fi/schrage-putkikolakuljettimet>

Kapotek 2022. Akselittoman spiraalikuljettimen esittely. <https://www.kapotek.com/en/products/shaftless-spiral-conveyors>

Kapotek 2022. Putkikolakuljetin esittely. <https://www.kapotek.com/tuotteet/putkikolakuljettimet>

Kosti Koivisto. Y. 2018. Kuljetintekniikka. 2. Painos. Helsinki: BoD – Books on Demand.

Ma-Tech 2022. Kolakuljetin tietoa. <https://www.ma-tech.fi/en/conveyors/metal-apron-conveyors/>

Motiva 2022. Pelletti tietoa. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/pelletit_ja_brikitit/pelletit

Motiva 2022. Pelletin säilytys ja siirto. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/bioenergia/puulammitys_kiinteistoissa/pelletit_ja_brikitit/pelletin_sailytys_ja_siirto

Nevel Oy 2022. Toimeksiantajan esittely. <https://nevel.com/fi/yhtio/>

Schrage 2022. Putkikolakuljetin esittely. <https://www.schrage.de/en/>

Seipro 2022. Levyluistiventtiili esittely. <https://www.seipro.fi/tuotteet/sulkuventtiilit/>

Vapo Oy 2022. Vapo Oy/Nevel Oy myynti. <https://www.vapo.fi/blog/2021/01/28/nevelin-myynti-saatettiin-paatokseen>

Vattenfall 2022. Sähkön keskihinta.

<https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/porssisahko/tuntispot-hinnat-sahkoporssissa/>

Wamgroup 2022. Akselittoman spiraalikuljettimen esittely. <https://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/SSC/Akselittomat-ruuvikuljettimet>

Wamgroup 2022. Levyluistiventtiili esittely. <https://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/VG/Levyluistiventtiilit?s=601>

WAM-group 2022. Sulkusyöttimen esittely. <https://wamgroup.fi/fi-FI/WAMFI/Product/RVC/Sulkusyottimet>