

JALOTERÄSRIKASTAMON PÖLYTALON PUTKISTOJEN SUUNNITTELU JA KÄYTTÖÖNOTTO

Tapojärvi Oy

Isokangas Niklas

Opinnäytetyö
Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2022

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Niklas Isokangas	Vuosi	2022
Ohjaajat	DI Jani Sipola Ins. (YAMK) Piia Ailinpieti		
Toimeksiantaja	Tapojärvi Oy Tommi-Pekka Sorvisto		
Työn nimi	Jaloteräsrikastamon pölytalon putkistojen suunnittelu ja käyttöönotto		
Sivu- ja liitesivumäärä	31 + 1		

Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella tarvittavat putkistot prosessipuhallinkäyttöisen suodatinyksikön eli pölytalon käyttöönottoa varten. Opinnäytetyön tavoitteena oli saada pölytalo siihen tilaan, että se voidaan ottaa käyttöön. Pölytalon käyttötarkoituksena on prosessissa syntyvän pölyn talteenotto. Syy tälle oli se, että prosessissa syntyvä pöly levisi hallitsemattomasti. Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Tapojärvi Oy.

Opinnäytetyössä tutustuttiin käyttöönotettavaan laitteeseen sekä sen tulevaan ympäristöön. Tämän myötä pystyttiin mitoittamaan vaadittavien putkistojen määrät, jonka jälkeen niitä pystyttiin alkaa suunnittelemaan. Suunnitteluvaiheen jälkeen putkistoille alettiin kysellä tarjouksia tarvittavaa putkistoa valmistavilta yrityksiltä. Tarvittavien putkistojen saavuttua ne asennutettiin pölytalon toimintapaikalle. Lisäksi työssä tutustuttiin putkistosuunnitteluun sekä teollisuudessa käytettäviin prosessipuhaltimiin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin vaadittavat putkistot pölytalolle ja pölytalo otettiin käyttöön. Pölytalo otettiin käyttöön toimeksiantajan jaloteräsrikastamolle. Pölytalon käyttöönoton myötä jaloteräsrikastamon prosessissa syntyvän pölyn leviämistä voitiin alkaa hallita. Tämän seurauksena laitteen toiminta-alueella on siistimpää, koska prosessin käydessä siinä syntyvä pöly ei leviä enää niin hallitsemattomasti.

Avainsanat

putkisuunnittelu, keskipakoispuhallin, aksiaalipuhallin, suorakaidekanava

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Niklas Isokangas	Year	2022
Supervisor	Jani Sipola, M.Sc. (Tech) Piia Ailinpieti, MEng		
Commissioned by	Tapojärvi Oy		
Subject of thesis	Designing pipes for the dusthouse and deploying it for the stainless steel enrichment plant		
Number of pages	31 + 1		

The subject of this thesis was to design necessary pipes needed to deploy a dust filtering unit powered by a centrifugal fan. This assembly is also called a dusthouse. The object of this thesis was to get the dusthouse to a point where it can be deployed. Purpose of the dusthouse is to collect the dust their process creates. The reason for this was that the dust their production process creates was spreading uncontrollably. This thesis was commissioned by Tapojärvi Oy.

This thesis required to get to know the soon-to-be deployed equipment and its surroundings. Afterwards it was possible to start sizing the surroundings to determine how much piping was needed to be installed. After this it was time to design the pipes and start asking for selling offers from pipe manufacturers. Once the bought pipes arrived, it was time to get them installed to the dusthouse. In addition, this thesis required to get some background information about pipe designing and working principles of industrial fans.

As a result of the thesis, the necessary pipes for the dusthouse were acquired and the dusthouse was deployed. The dusthouse was deployed to the commissioners stainless steel enrichment plant. As a result of the deployment, it was possible to start controlling the spread of the dust created by the stainless steel concentrator. Also, as a result the surroundings of the concentrator got cleaner, because the dust was not spreading uncontrollably anymore.

Key words

pipe design, centrifugal fan, axial fan, rectangular duct

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 TAPOJÄRVI OY	7
3 PROSESSIPUHALTIMET JA PUTKISTOSUUNNITTELU	10
3.1 Prosessipuhaltimet	10
3.1.1 Keskipakoispuhaltimet	10
3.1.2 Aksiaalipuhaltimet	13
3.2 Putkistosuunnittelu	15
3.2.1 Kuormitukset	15
3.2.2 Kannakointi	15
3.2.3 Putkistojen muodot	16
4 PÖLYTALON TIETOJA JA PUHALTIMEN KÄYTTÖÖNOTTO	17
5 PUTKISTOJEN SUUNNITTELU JA MALLINTAMINEN	21
6 POHDINTA	27
LÄHTEET	29
LIITTEET	31

ALKUSANAT

Haluan kiittää Tapojärvi Oy:tä sekä erityisesti jaloteräsrikastamon käyttöpäällikköä Tommi Sorvistoa tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta. Suuret kiitokset myös opinnäytetyön ohjaajien roolissa olleille Jani Sipolalle ja Piia Ailinpietille ohjauksesta ja tuesta. Lisäksi haluan kiittää lähisukuani kaikesta saadusta kannuksesta opinnäytetyön aikana.

Torniossa 29.4.2022

Niklas Isokangas

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on toimeksiantajan hankkiman prosessipuhaltimen ja sen suodatinyksikön käyttöönotto. Opinnäytetyön toimeksiantaja on Tapojärvi Oy ja työ tehdään jaloteräsrikastamolle, joka sijaitsee Outokumpu Oy:n Tornion tehtailla. Työn yhteyshenkilönä toimeksiantajan puolelta toimii Tommi-Pekka Sorvisto, joka on jaloteräsrikastamon käyttöpäällikkö.

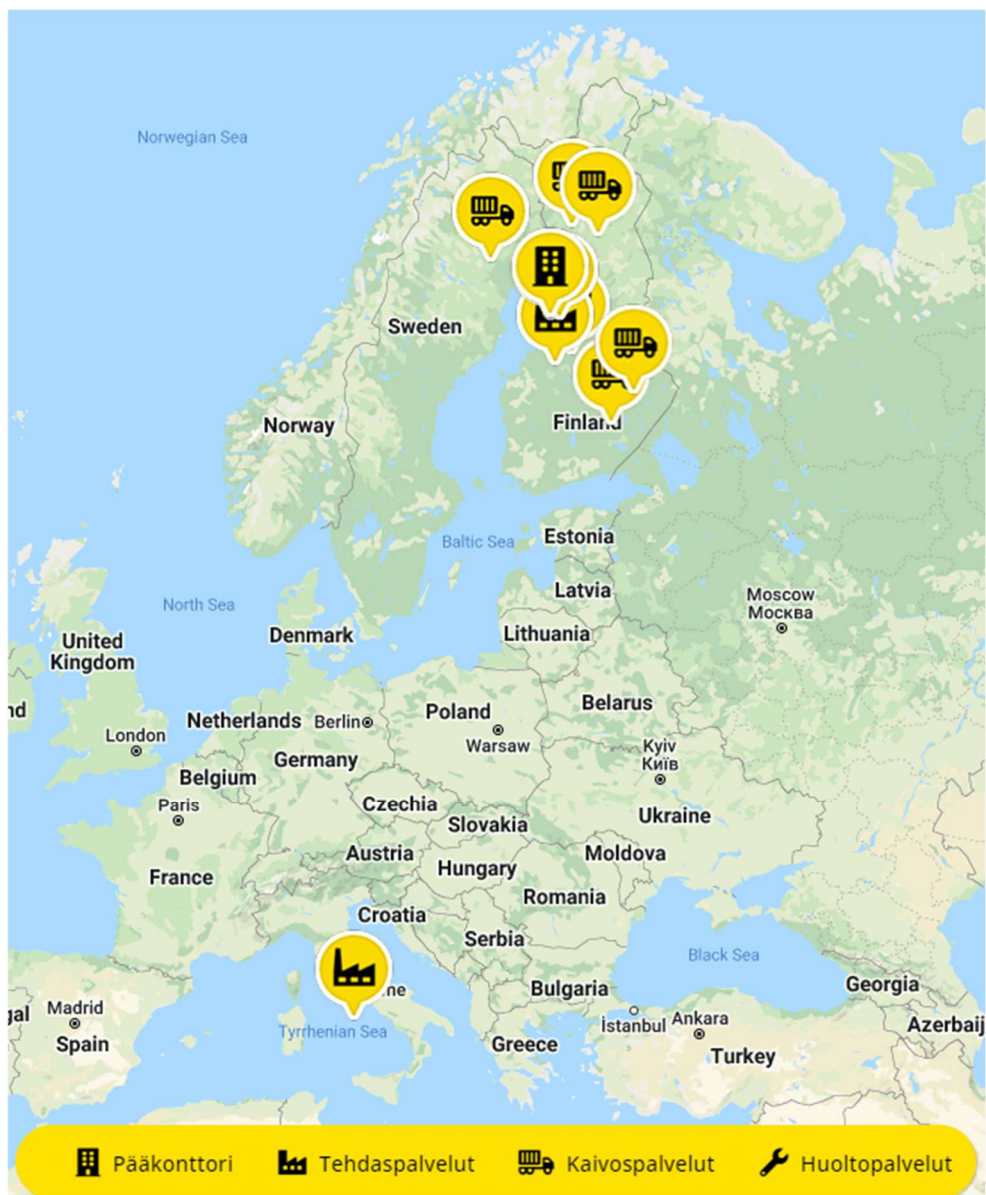
Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella tarvittavat putkistot prosessipuhaltimen ja pölytalon käyttöönottoa varten. Pölytalo pitää sisällään suodatinyksikön ja suodatinyksikön käyttöä varten tarvittavan prosessipuhaltimen. Prosessipuhaltimen ja sen suodatinyksikön käyttötarkoitus on prosessissa syntyvän pölyn leviämisen hallinta. Opinnäytetyötä lähdettiin viemään eteenpäin tutustumalla prosessilaitteeseen sekä sen ympäristöön. Näiden tietojen pohjalta voitiin alkaa suunnitella käyttöönotettavan pölytalon vaatimia putkistoja.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada pölytalo siihen tilaan, että se voidaan ottaa käyttöön. Pölytalon käyttöönoton myötä prosessissa syntyvän pölyn leviämistä voidaan alkaa rajoittamaan, sillä se kerää ne tiettyyn paikkaan. Tämä edellyttää sitä, että käyttöönottoa varten vaadittava putkisto mitoitetaan, suunnitellaan, tilataan ja asennutetaan toimipaikalle.

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikutti sen kiinnostavuus, hyödyllisyys, sekä maantieteellinen paikka. Aihe vaikutti kiinnostavalta, koska siinä pääsi itse vähän pohtimaan ja suunnittelemaan tarvittavia komponentteja. Lisäksi opinnäytetyön hyödyllisyyden osasin arvioida kokemuksesta, sillä tiesin millaiset olosuhteet kyseisen laitteiston toimintapaikalla ovat.

2 TAPOJÄRVI OY

Tapojärvi on pohjoissuomalainen perheyritys, jonka ydinosuamista on kiertotalous sekä kaivos- ja tehdaspalvelut. Tapojärvi työllistää melkein 800 huippuosajaa, jotka työskentelevät Suomessa, Ruotsissa ja Italiassa (Kuvio 1). Tapojärvellä on yhteensä 13 eri toimipistettä. Yrityksen toiminta on kuitenkin keskittynyt Suomeen ja Pohjois-Ruotsiin. Yrityksen konserniin kuuluvat muun muassa Tapojärvi Italia S.r.l, Tapojärvi Sverige AB ja Hannukainen Mining Oy. (Tapojärvi Oy 2022c.)



Kuvio 1. Tapojärvi Oy:n toimipisteet (Tapojärvi Oy 2022c)

Tapojärven toiminta alkoi vuonna 1955, kun Esko Tapojärvi allekirjoitti kauppapaperit Pobedasta ja aloitti yritystoimintansa huomattuaan kuljetuspalveluiden puutteellisuuden. Yritys tuotti aluksi taksipalveluita, mutta 1960-luvulle siirryttäessä solmittiin ensimmäinen kuljetussopimus Muonion Kihlangin koulun oppilaiden kuljettamisesta. Sopimuksen voimaantulo päivänä Kihlangin koulu syttyi palamaan ja yrityksen ensimmäinen tehtävä oli viedä opettaja sairaalaan. (Tapojärvi Oy 2022a.)

Vastoinkäymisistä huolimatta yrittäminen jatkui, ja pian saatiinkin ajettavaksi koko Länsi-Lapin maitokuljetukset Valiolle Kittilän Kaukoseen. Lisäksi yritys ajoi soraa rakenteilla oleville Lapin teille. Vuonna 1966 Esko Tapojärvi siirtyi Helsinkiin Tauno Valon alaisuuteen kuljettamaan soraa Hyrylän hävittäjiin. (Tapojärvi Oy 2022a.)

Yritys aloitti kaivostoimintansa vuonna 1972, kun Esko Tapojärveä pyydettiin tuuraamaan toista yritystä maanalaisen louheen kuljettamisessa Rautavaaran kaivoksessa, Kolarissa. Tuuraus oli loppujen lopuksi pitkäaikainen, sillä sitä kesti 16 vuotta. Tämän aikana yrityksen henkilökunnan ja kaluston oli kasvettava, ja tilaajien tarpeiden mukaan oli myös alettava kehittää muita palveluita. Tämän pestin aikana Esko Tapojärven omistama toiminimi muutettiin Maansiirtoliike Tapojärvi Ky:ksi. (Tapojärvi Oy 2022a.)

Kaivoksen sulkeutumisen jälkeen yritys alkoi urakoida Outokummulle Kemin kaivoksessa vuonna 1985. Kolme vuotta myöhemmin työt alkoivat myös Outokummun Tornion terästehtaalla, jolloin yritys alkoi lastaamaan kuonaa ja Outokummun toiveesta myös tutkia kuonankäsittelytapoja yhdessä SKJ:n kanssa. (Tapojärvi Oy 2022a.)

Pian 1990-luvulle siirtyessä Tapojärven tehdaspalvelut laajenivat myös Raaheen ja vuosikymmenen puolivälissä yrityksessä tehtiin sukupolvenvaihdos, jonka myötä Esko Tapojärven poikien omistama Veljekset Tapojärvi Oy sulautettiin yhtiöön. Vuonna 1999 Tapojärvi ja SKJ-yhtiöt alkoivat toimia Torniossa ferrokromirikastamolla, jonka SKJ-yhtiöt rakensivat. Tapojärven vastuulla oli rikastamon alkupää. (Tapojärvi Oy 2022a.)

Tälle vuosituhannele siirtyessä yhtiön nimi muutettiin Tapojärvi Oy:ksi. Muutama vuosi myöhemmin Tapojärvi osti SKJ-yhtiöiden osuuden ferrokromirikastamosta ja lähti parantamaan ferrokromin talteenottoa yhdessä Outokumpu Oyj:n kanssa. Tämän myötä vuonna 2007 yritys alkoi suunnitella jaloteräskuonien käsittelyä ja rakensi pari vuotta myöhemmin toisen rikastamon, jossa käsitellään ruostumattoman teräksen tuotannosta syntyvää kuonaa. Lisäksi kyseisellä vuosikymmenellä kaivospalvelut lisääntyivät, ja yhtiö aloitti kaivosurakointinsa muun muassa Kittilän kultakaivoksessa. (Tapojärvi Oy 2022a.)

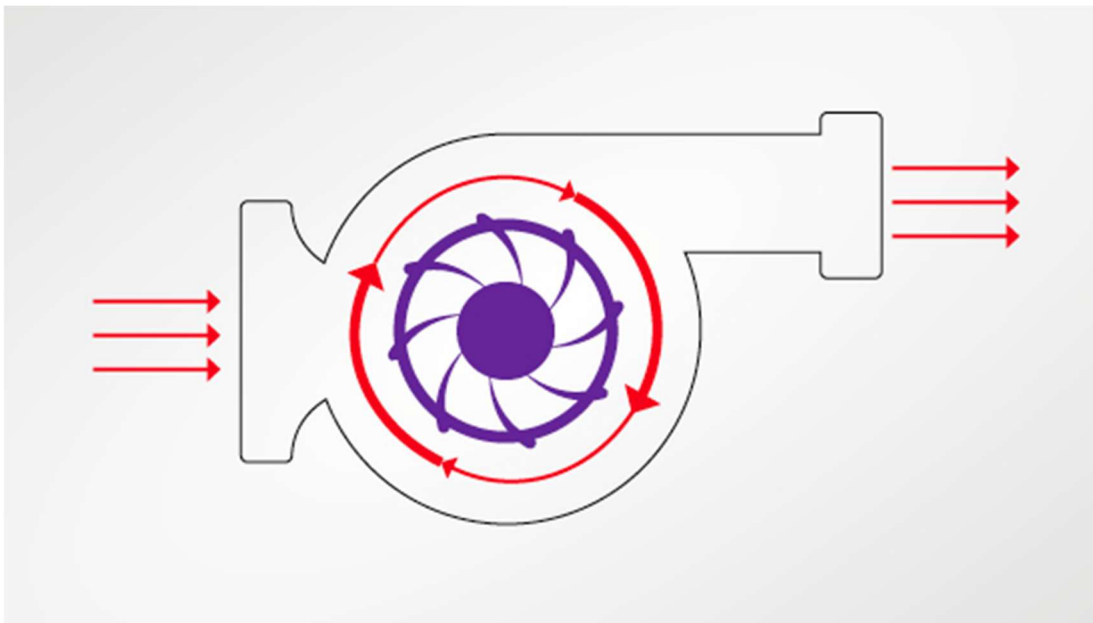
3 PROSESSIPUHALTIMET JA PUTKISTOSUUNNITTELU

3.1 Prosessipuhaltimet

Yleisimmät kaksi teollisuudessa käytettävää prosessipuhallintyyppiä ovat keskipakoispuhallin ja aksiaalipuhallin. Prosessipuhaltimia käytetään yleisesti ilman, kaasun tai muiden partikkeleiden poistoon (AirPro 2022).

3.1.1 Keskipakoispuhaltimet

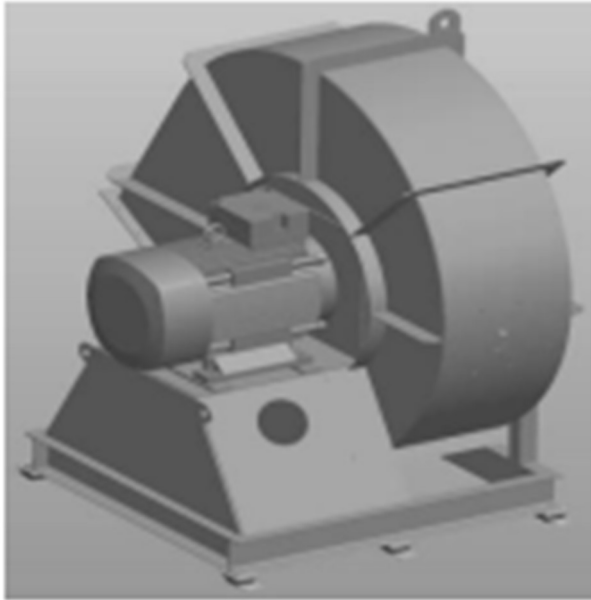
Keskipakoispuhaltimen siipipyörä luo matalapaineisen alueen sen keskipisteeseen ja korkeapaineisen alueen siiven reunoille. Matalapaineinen alue puhaltimen keskellä luo tyhjiön, joka vetää poistettavaa materiaalia siipipyörän keskiöön (Kuvio 2). Keskiöstä ilma virtaa puhaltimen siiven ulkoreunoihin, josta se virtaa haluttuun suuntaan ulos puhaltimesta. (AirPro 2022.)



Kuvio 2. Siipipyörän virtaussuunta (RS Components Ltd 2022)

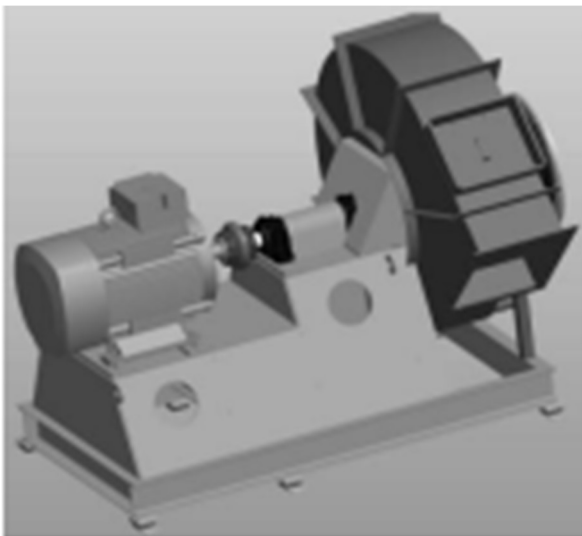
Keskipakoispuhaltimet luokitellaan niiden puhaltimen siipipyörätyypin ja käyttötyypin sekä pyörimissuunnan ja puhallussuunnan mukaan. Käyttötyyppejä on kolme erilaista: suorakäyttöinen, kytkinkäyttöinen ja hihnäkäyttöinen. (DCS OY n.d.)

Yhdessä mallissa siipipyörä on asennettu suoraan moottorin akselille (Kuvio 3). Tätä kyseistä mallia kutsutaan myös suoraikäyttöiseksi puhaltimeksi. (DCS OY n.d.)



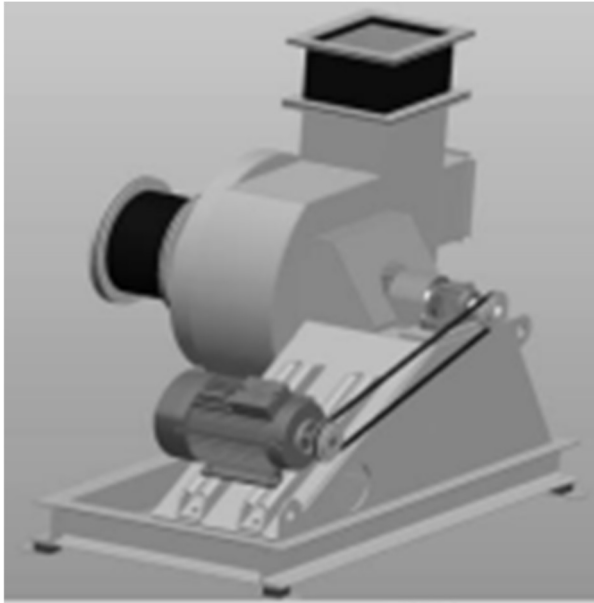
Kuvio 3. Suoraikäyttöinen keskipakoispuhallin (DCS OY n.d)

Kytinkäyttöisessä puhaltimessa siipipyörän ja moottorin akselit on yhdistetty kytkimellä (Kuvio 4). Tässä prosessipuhallin mallissa siipipyörän akseli on erikseen laakeroitu. (DCS OY n.d.)



Kuvio 4. Kytinkäyttöinen keskipakoispuhallin (DCS OY n.d)

Hihnakäyttöisessä keskipakoispuhaltimessa voimansiirto on toteutettu käyttäen kiilahihnaa, jolla voima siirretään siipipyörän akselille (Kuvio 5) (DCS OY n.d). Käyttöön otettavassa pölytalossa on kyseisellä voimansiirtomallilla varustettu prosessipuhallin.

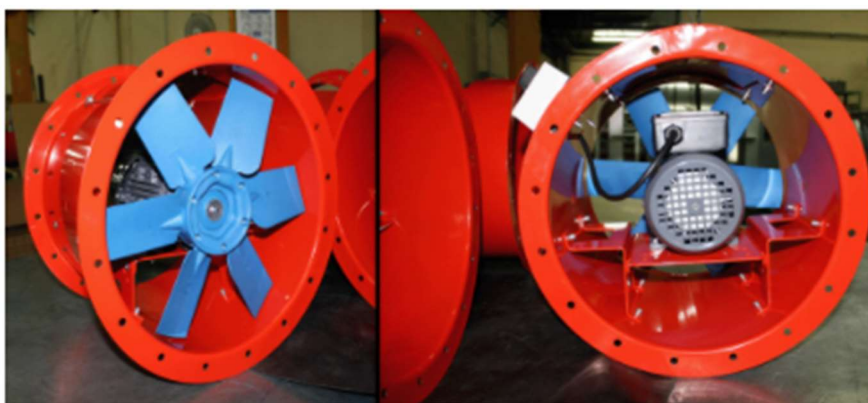


Kuvio 5. Hihnakäyttöinen keskipakoispuhallin (DCS OY n.d)

3.1.2 Aksiaalipuhaltimet

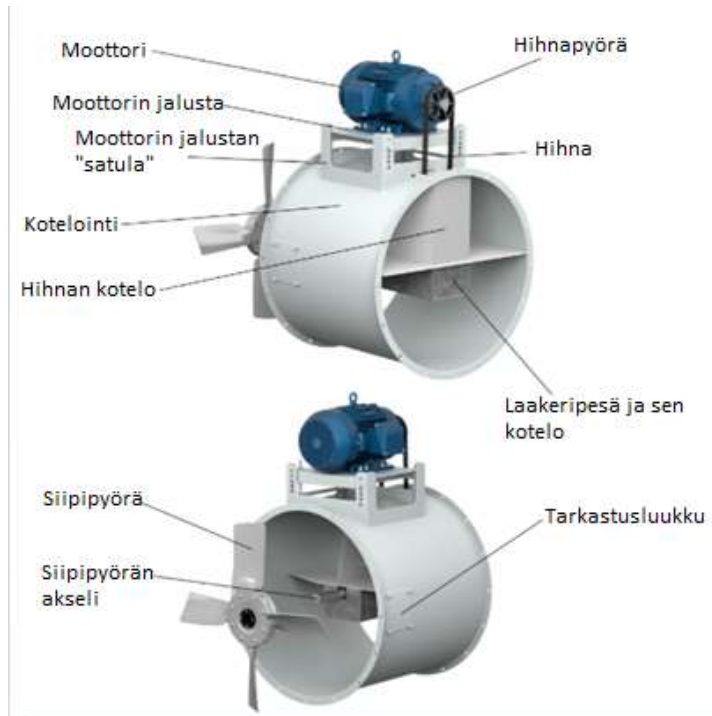
Aksiaalipuhaltimessa ilman virtaussuunta on yhdensuuntainen roottorin akselin kanssa, eli puhaltimen siivet pakottavat ilmavirran lineaarisesti akselille. Aksiaalipuhaltimet luovat suuria virtausnopeuksia ja niillä pystytään liikuttamaan suuria ilmamääriä kustannustehokkaasti. Tämä johtuu siitä, että aksiaalipuhaltimen toiminta synnyttää matalapaineisia ilmanliikkeitä ja tämän myötä vaatii vähemmän tehoa toimiakseen. Verrattuna muihin puhaltimiin, ne voivat vähentää virrankulutusta jopa 40 %. (Techflow 2022.)

Aksiaalipuhaltimet sopivat parhaiten käyttöolosuhteisiin, joissa on alhainen ilmavastus ja suuri virtaus. Aksiaalipuhaltimien suurin eroavaisuus on siipipyörässä, jossa siipien lukumäärä voi vaihdella 2–20 siiven välillä, käyttötarkoituksesta riippuen. Lisäksi puhaltimen siivet voivat olla eteenpäin kaartuvia, suoria tai taaksepäin kaartuvia. Taaksepäin kaartuvilla siivillä saadaan suurempi tehokkuus, mutta ne eivät puhdistu itsestään hyvin. Eteenpäin kaartuvilla siivillä tehokkuus on pienempi, mutta sen siivet puhdistuvat paremmin itsestään. Joissakin aksiaalipuhaltimissa siipipyörä kytketään suoraan sähkömoottorin akseliin. Tästä johtuen kyseisten puhaltimien koteloinnissa myös sähkömoottori jää kotelon sisälle. Tällaisten kokoonpanojen koteloinnit on suunniteltu yhdensuuntaiseksi siipipyörän luoman ilmavirtauksen kanssa (Kuva 1.) (Techflow 2022.)



Kuva 1. Koteloitu aksiaalipuhallin (Casals 2022)

Aksiaalipuhallin voidaan myös koteloida siten, että moottori jätetään kotelon ulkopuolelle. Tällöin voimansiirtoa varten siipipyörä joudutaan liittämään moottorin akselille hihnapyörällä ja hihnalla (Kuvio 6). (Aerovent 2022.)



Kuvio 6. Hihnakäyttöinen aksiaalipuhallin ja sen komponentit (Aerovent 2022)

3.2 Putkistosuunnittelu

Putkistojen suunnittelussa on useita seikkoja, jotka tulee ottaa huomioon. Näitä ovat muun muassa kuormitukset, aineen vahvuus, toleranssit ja liitosten lujuuskertoimet. Lisäksi putkisuunnittelussa on useita laskennallisia kaavoja ja ohjeita, joita on käytettävä kaikissa tilanteissa. Tapauskohtaisesti näiden laskentaohjeiden soveltamisalaa rajoittavat rakenteelliset ominaisuudet, jotka on huomioitava jokaiselle kuormitukselle, rakenneosalle, materiaaliominaisuudelle sekä vaurioitumistavalle. (SFS-EN 13480-3. 2021, 4–14.)

3.2.1 Kuormitukset

Kaikkiin putkistoihin vaikuttaa niiden käyttöiän aikana useita kuormituksia. Näitä kuormituksia ovat sisäinen paine, ulkoinen paine, lämpötila, putkiston paino, putkiston sisällön paino, ilmastolliset kuormat, värähtelyt, sisällön dynaamiset vaikutukset, maaperän ja rakennusten liikkeet sekä maanjäristykset. Nämä seikat on huomioitava putkiston ja sen kannakkeiden suunnittelussa. Mikäli putkistoon vaikuttaa useampi lämpötilan ja paineen yhdistelmä, käytetään suurinta lasketuista seinämänpaksuuksista. (SFS-EN 13480-3. 2021, 15.)

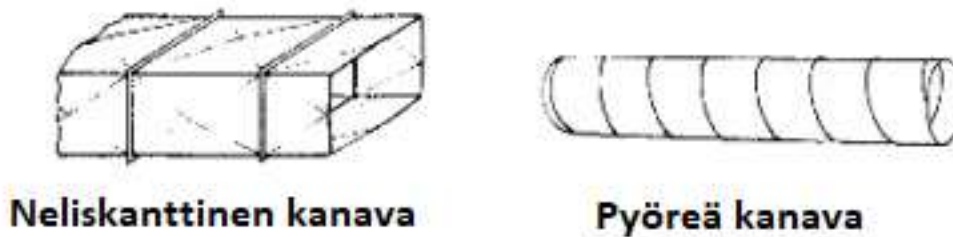
3.2.2 Kannakointi

Putkien ja kanavien kannakoinnin on kestettävä niiden painon lisäksi venttiilien, eristeiden, ulkoisten kuormitusten sekä niiden sisällä virtaavien aineiden paino. Kannakoinnin tulee myös kestä lämpöliikkeen ja sisällön virtauksien aiheuttamat rasitukset. Lisäksi kannakkeiden tulee estää kanavien sivuttaisliike sekä säilyttää kanavistojen keskinäinen etäisyys. (Rakennustieto 2004, 2.)

Suorakaiteen muotoisten ilmanvaihtokanavien kannakointivälien on oltava 2,0–2,5 m. Kannakkeiden yleinen valmistusmateriaali on sinkitty teräs, mutta materiaalina voidaan myös käyttää esimerkiksi haponkestävää terästä. Mikäli kanava ja kannakkeet eivät ole tehty samasta materiaalista, tulee kanavan ja kannakkeen väliin asentaa kumi- tai muovieriste. Eristeellä saadaan estettyä epäjalomman metallin kulumisen sekä syöpyminen. (Rakennustieto 2004, 17.)

3.2.3 Putkistojen muodot

Ilmanvaihdossa käytettävät putkistot ovat yleensä pyöreitä tai suorakaiteen muotoisia (Kuvio 7). Molemmilla putkistojen muodoilla on omat heikkoudet ja vahvuudet, joista löytyy useita käytännön esimerkkejä. (Bhatia n.d, 16.)



Kuvio 7. Yleisimmät putkistojen muodot (Bhatia n.d, 16)

Pyöreä kanavisto on kaikista tehokkain ilmanvaihdossa, koska se luo vähiten vastusta ilman liikehännälle. Tämä johtuu siitä, että pyöreässä kanavassa on suurin poikkileikkausala ja pienin kosketuspinta-ala. Tämä tarkoittaa sitä, että sen valmistamiseen käytetään vähemmän materiaalia kuin suorakaiteen muotoiseen kanavaan. Kustannustehokkuuden lisäksi pyöreällä kanavalla saadaan kuitenkin käsiteltyä samoja ilmamääriä. Pyöreällä kanavistolla on kuitenkin heikkoutensa, jotka esiintyvät erityisesti sisätiloissa. Tämä johtuu siitä, että pyöreä putkisto tarvitsee enemmän tilaa korkeussuunnassa. Suorakaiteen muotoisella kanavalla korkeus voidaan korvata leveydellä, jolloin voidaan säilyttää tarvittava pinta-ala ilman virtaukselle. (Bhatia n.d, 17.)

Suorakaiteen muotoiset kanavat sopivat paremmin rakennuksiin. Tämä johtuu siitä, että ne sopivat hyvin kattojen yläpuolelle ja seinien sisälle. Lisäksi niiden asentaminen rakennepalkkien väliin on helpompaa. Jos suorakaidekanavaa on käytettävä tilan puutteen vuoksi, sen leveyden ja korkeuden välistä eroa ei kannata päästää kovin suureksi. Mitä lähempänä suorakaiteen sivujen mitat ovat toisiaan, sitä tehokkaammin ilma kulkee kanavistossa. Suorakaidekanavan sivujen pituuksien eron kasvaessa myös kanavan valmistuskustannukset sekä linjan painehäviö kasvaa. (Bhatia n.d, 18.)

4 PÖLYTALON TIETOJA JA PUHALTIMEN KÄYTTÖÖNOTTO

Pölytalo pitää sisällään suodatinyksikön ja suodatinyksikön käyttöä varten tarvittavan prosessipuhaltimen. Käyttöön otettava prosessipuhallin on Koja Oy:n valmistama keskipakoispuhallin, joka kuuluu Ecofan® 3. sarjaan (Kuva 2). Kyseessä olevan puhaltimen voimansiirto moottorilta siipipyörään tapahtuu hihnakäytöllä. Puhaltimen jalustaan on yhdistetty sähkökaappi, joka pitää sisällään moottorin käyttöä varten tarvittavia toimilaitteita.



Kuva 2. Käyttöön otettava puhallin (Tapojärvi 2022b)

Puhaltimen lisäksi kokoonpanoon kuuluu ”pölytalo” eli suodatinyksikkö, jonka kautta imettävä materiaali jää suodattimiin. Suodatinyksikön sisällä on myös suodattimien puhdistusyksikkö, joka avustaa suodattimiin jääneen tavaran päätymistä ruuville. Suodatinyksikön ansiosta taivaalle menee vain puhdasta ilmaa. Suodatinyksikkö on kaksiosainen.

Suodatinyksikön pohjaosassa on sähkömoottorilla toimiva ruuvi, joka kuljettaa suodattimiin jääneen tavarän pois yksiköstä (Kuva 3). Suodattimiin jäänyt tavara menee ruuvin avulla sen alle sijoitettuun astiaan.



Kuva 3. Pölytalon pohjassa oleva ruuvi (Tapojärvi 2022b)

Yksikön toinen osa pitää sisällään suodattimet, joista suodatettava materiaali va-
luu ruuville (Kuva 4). Toisen osan katto on kokonaan irrotettavissa, sillä pölytalon
suodattimet vaihdetaan sitä kautta.



Kuva 4. Pölytalon toinen osa, jossa suodattimet sijaitsevat (Tapojärvi 2022b)

Yksikkö kasattiin päällekkäin, eli kokonaisuus on korkea. Tästä johtuen pölytalon katolle on portaat, joiden avulla pääsee katsomaan suodatinyksikön sisälle. Kokonaisuus on esitettyä alla olevassa kuvassa (Kuva 5).



Kuva 5. Pölytalo kokonaisuudessaan (Tapojärvi 2022b)

Laitteenvalmistajalta saadussa puhaltimen asennus-, käyttö-, ja huolto-ohje dokumentissa on tarkat ohjeet puhaltimen käyttöönottoa varten (Liite 1). Mikäli jokin ohjeissa määritellyistä tarkastuksista on tekemättä tai hyväksymättä, puhallinta ei saisi käynnistää.

Ennen käyttöönottoa tuli selvittää puhaltimessa käytettävien laakereiden voiteluvälit, mitkä löytyivät myös laitteenvalmistajalta saadusta dokumentista. Dokumentissa oli laakerikohtaisesti jälkivoiteluvälit ja määrät pyörimisnopeuksien mukaan. Laitteessa olevan laakerin voitelumäärät ja voiteluvälit on esitetty alla olevassa taulukossa (Taulukko 1).

Taulukko 1. Laakereiden rasvausmäärät ja voiteluvälit (Koja 2014)

Laakerityyppi Jälkivoitelumäärä/g r/min	SKF 22224EK 62.3 grammaa jälkivoiteluväli/h
300	9000
400	6400
500	4900
600	3900
700	3200
800	2600
900	2200
1000	1900
1100	1600
1200	1400
1300	1200
1400	1000
1500	930
1600	800
1700	690
1800	590
1900	500
2000	

5 PUTKISTOJEN SUUNNITTELU JA MALLINTAMINEN

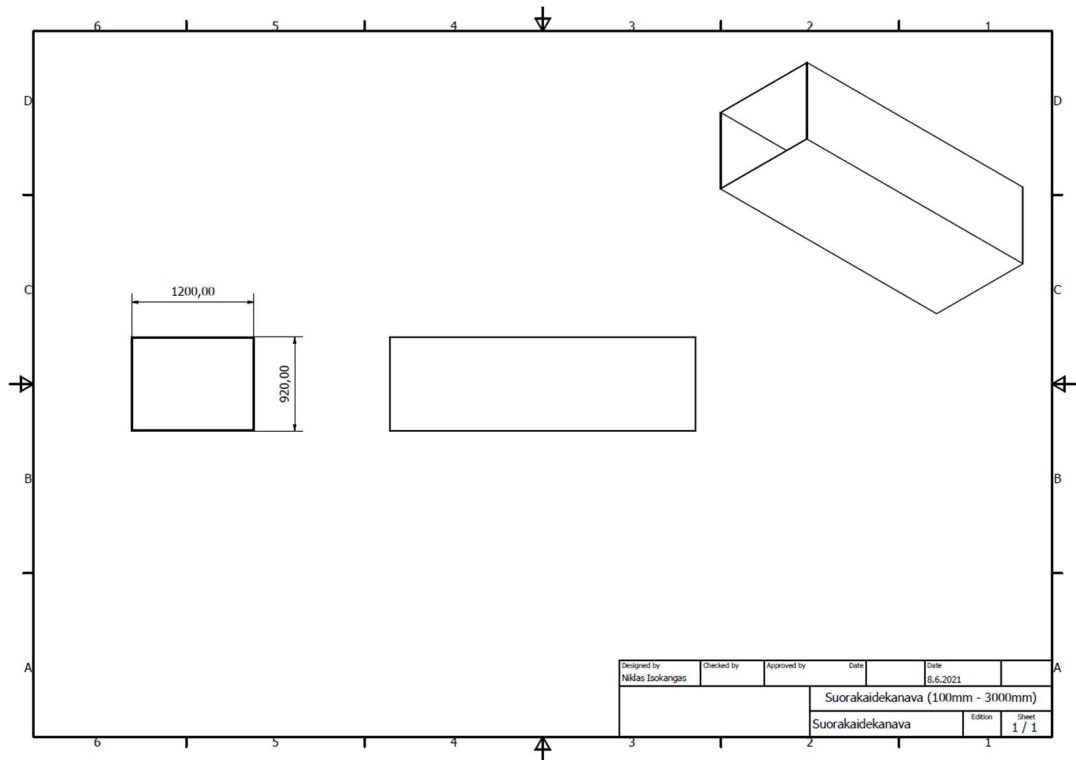
Opinnäytetyössä suunniteltiin pölynpoistoa varten vaadittava putkisto pölytalolta jaloteräsrikastamon seularakennukseen. Suunnittelun alkuvaiheessa käytiin mitoittamassa pölytalon ja puhaltimen välisiä mittoja, jotta saatiin selville tarvittavat mitat putkistolle. Etäisyydet saatiin mitattua käyttäen käsikäyttöistä lasermittalaitetta (Kuva 6).



Kuva 6. Käsikäyttöinen laseretäisyysmittalaite (Motonet 2022)

Etäisyyksien mittaaminen pyrittiin saamaan 10 cm tarkkuuteen, koska suunniteltavan putkiston käyttötarkoituksen vuoksi etäisyyksien ei tarvinnut olla tarkempia. Mittaamista hankaloitti se, että mittaukset suoritettiin talvella lumisissa olosuhteissa. Etäisyyksien mitoituksessa osa etäisyyksistä piti tehdä useammassa osassa, jolla välttyttiin telineiden kasaamiselta. Useammassa osassa tehdyt mittaukset laskettiin yhteen, että saatiin selville todelliset välimatkat. Vaadittavien mittausten myötä saatiin selville, kuinka paljon putkistoa tulnaisiin tarvitsemaan metrimääräisesti.

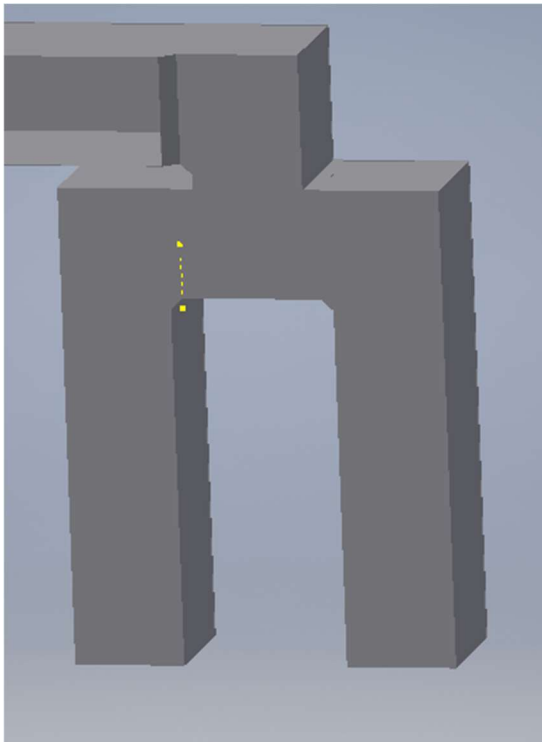
Toimeksiantaja ehdotti putkistomalliksi suorakaidekanavaa, jota käytetään yleisesti ilmanvaihtokanavissa. Putkistomalliksi prosessipuhaltimelta seularakennukseen valittiin suorakaidekanava, koska prosessipuhaltimen imupuolen lähtölaippa oli suorakaiteen muotoinen. Muodon valintaan vaikutti myös imettävä materiaali ja sen myötä tuotantokustannukset, sillä pölynpoisto ei vaatinut vahvaa ainevahvuutta. Suorakaidekanavan valmistajat tekevät alle 1,25 mm ainevahvuuteen asti kanavat kanttaamalla, jonka jälkeen vahvempaa kanavaa tulisi hitsata (Lahti, 2021). Kanavan mitoiksi valittiin 1200 mm x 920 mm, koska nämä olivat puhaltimen imupuolen lähtölaipan mitat, sekä materiaalivahvuudeksi valittiin 1,0 mm. Tekninen piirustus suorakaidekanavasta esitetty alla olevassa kuvassa (Kuvio 8).



Kuvio 8. Suorakaidekanava ja sen mitat

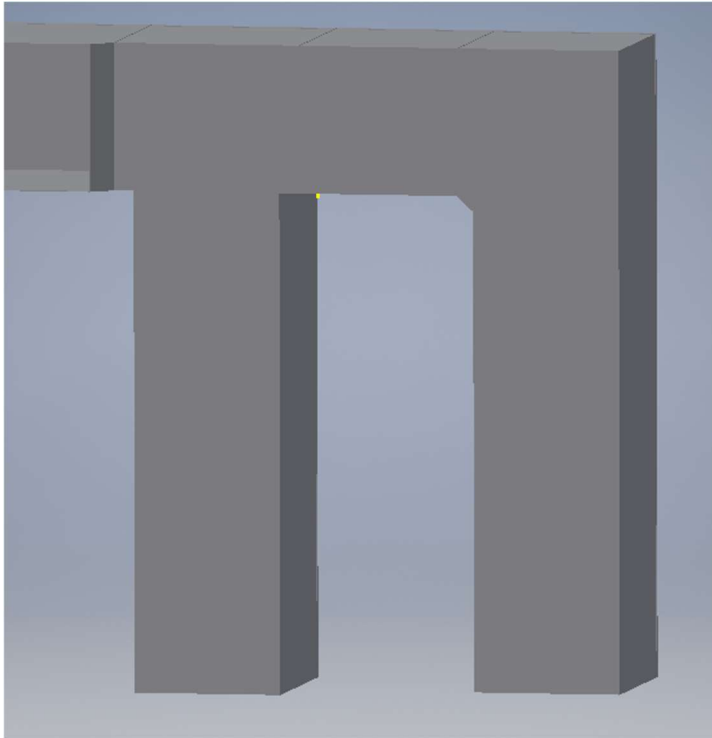
Putkiston suunnitteluun käytettiin Autodesk Inventor CAD-ohjelmistoa. Putkisto suunniteltiin menemään kohteeseen mahdollisimman suoraan, jotta putkilinjaan ei tulisi kovin paljon mutkia, mitkä pöly voi tukkia. Lisäksi putkiston osaan, joka on katolla, sijoitettiin ylimääräinen t-haara. Tämän kyseisen t-haaran ajateltiin käyvän putkiston sisäpuolen tarkasteluun, mikäli linjaan syntyy esim. tukoksia. T-haaran avonainen puoli tulpattiin.

Toimeksiantaja halusi, että putkistossa olisi kaksi haaraa, joista puhallin imee pölyä. Haarojen sijoituskohdiksi valittiin seulan ensimmäinen ja toinen vyöhyke. Ensimmäisessä putkistomallissa pöly pyrittiin keräämään seulan eri vyöhykkeiltä tasisella imuteholla, mutta tarkemman miettimisen myötä ideasta luovuttiin (Kuvio 9). Tämä johtui siitä, että putkiston asentamisesta olisi tullut huomattavasti vaikeampaa.



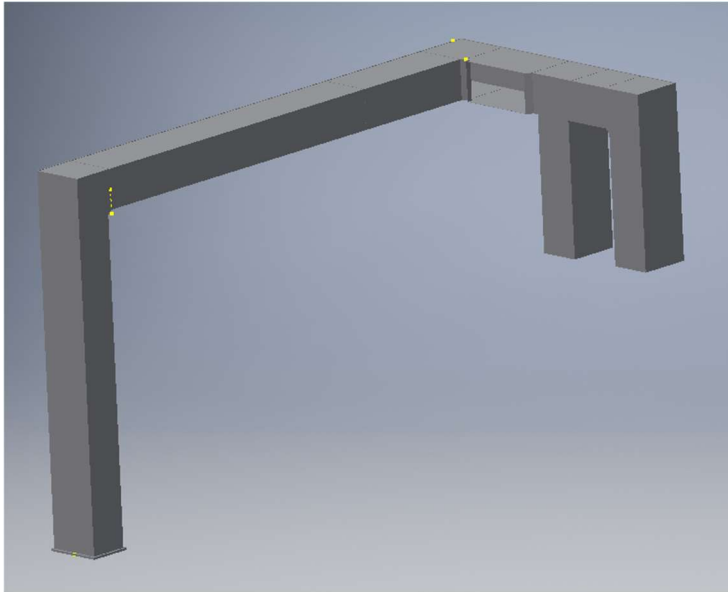
Kuvio 9. Ensimmäinen putkistomalli seulan vyöhykkeille

Toisessa mallissa pölynpoistokanavaa muutettiin siten, että vyöhykkeille haarautuva t-haara poistettiin (Kuvio 10). Tällä muutoksella kanava saatiin sellaiseksi, että se voidaan asentaa suoraan katolta seulalle. Lisäksi tällä muutoksella saatiin poistettua kanavasta kaksi mutkaa, jotka ovat tukkiutumiseriski. Tämä malli valittiin käyttöönotettavaksi.



Kuvio 10. Käyttöön valittu putkistomalli seulan vyöhykkeille

Sopivan putkistomallin (Kuvio 11) suunnittelun jälkeen alettiin kysellä suorakaidekanavan valmistajilta tarjouksia kanavalle. Tarjouskyselyjen aikana heräsi kysymys siitä, että miten suunniteltu kanava tulee kestävään Tornion sääolosuhteissa, sillä kanavistolla ei ole minkäänlaista sääsuojaa. Tästä syystä tilatulle putkistolle ostettiin lisäksi sisäinen tuenta, minkä avulla putkisto ei esimerkiksi romahda talvella putkiston päälle kertyvän lumen vuoksi.



Kuvio 11. Putkilinja kokonaisuudessaan

Tarvittaville putkistoille kyseltiin tarjouksia useilta yrityksiltä, jotka valmistavat suorakaidekanavaa. Yhteydenotot yritysten välillä käytiin sähköpostitse, jotta lopulliset tarjoukset saatiin suoraan toimeksiantajan yhteyshenkilölle. Tarjouspyyntöjä lähetettiin neljälle yritykselle, joista kaksi antoivat tarjouksen. Miellyttävimmän tarjouksen saannin myötä toimeksiantaja teki hankintapäätöksen ja tilasi tarvittavat suorakaidekanavat sekä niiden kasaamiseen vaadittavat liitokset ja muut tarvikkeet (Kuva 7).



Kuva 7. Tilattuja suorakaidekanavia

Putkistojen saapumisen jälkeen ne käytiin paikan päällä numeroimassa, jotta aliorakoitsijoiden oli helpompi kasata ne oikeassa järjestyksessä. Tämän toimenpiteen yhteydessä putkiston kokoonpanon CAD-kuva tulostettiin ja osat numeroitiin myös siihen.

Putkistojen asennuksen ja kannakoinnin suoritti aliorakoitsijat, jotka toimeksiantaja oli tilannut suorittamaan työn. Asennuksen yhteydessä seularakennuksen kattoon tehtiin kaksi reikää putkistojen läpivientejä varten. Asennus tapahtui CAD-kuvan mukaisesti. Putkiston kannakkeet kiinnitettiin seularakennuksen kattoon, prosessipuhaltimen suodatinyksikköön sekä puhaltimen ja seularakennuksen välissä olevaan betoniseinämään. Putkiston kasauksen ja prosessipuhaltimen suodatinyksikköön liittämisen jälkeen pölytalo oli tältä osin käyttövalmis.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada pölytalo siihen tilaan, että se voidaan ottaa käyttöön. Tämä edellytti sitä, että minun tuli mitoittaa sekä suunnitella putkistot pölytalolta toimeksiantajan jaloteräsrikastamon seularakennukseen. Lisäksi minun vastuullani oli kysellä tarjouspyyntöjä tarvittaville materiaaleille. Opinnäytetyötä tehdessä minun tuli myös vähän perehtyä putkistosuunnitteluun liittyvään teoriaan sekä prosessipuhaltimiin.

Opinnäytetyön tekeminen oli haasteellista, mutta työn alussa ilmenneisiin tavoitteisiin päästiin. Haasteellista työn tekemisestä teki se, että opinnäytetyön suorittaminen venyi todella pitkäksi. Tämä johti siihen, että tehdyt asiat eivät enää oleet tuoreessa muistissa, kun aloin kirjoittamaan niistä. Työn tekeminen olisi myös ollut helpompaa, jos olisin ollut päivittäin tekemisissä toimeksiantajan kanssa. Sovittujen tavoitteiden lisäksi olisin halunnut olla vielä enemmän läsnä projektiin liittyvissä toimenpiteissä. Mutta tämä olisi mielestäni ollut mahdollista vain, jos olisin ollut toimeksiantajan työllistämänä.

Opinnäytetyön teoriaosuuden kirjoittaminen oli haastavaa, sillä samantapaisten suorakaidekanavistojen suunnittelusta oli niukasti tietoa. Tieteelliset kirjoitukset olivat hyvin pitkälti kirjoitettu muilla kuin suomen kielellä, mikä hankaloitti luetun asian ymmärtämistä ja siitä kirjoittamista. Prosessipuhaltimiin liittyvissä kirjoituksissa oli sama ongelma. Lisäksi kanaviston käyttötarkoituksen vuoksi suuri osa putkisuunnitteluun liittyvistä standardeista jäi huomiotta. Työssä esitetyt putkisuunnitteluun liittyvät teknilliset kirjoitukset eivät täysin vastaa työssä tehtyihin asioihin. Mutta mielestäni työhön piti kuitenkin kirjoittaa vähän taustaa suunnitteluun liittyen.

Tämän opinnäytetyön tekeminen oli kuitenkin palkitseva kokemus, sillä pääsin tekemään juuri niitä asioita mitä pääsen tulevaisuuden ammatissani mahdollisesti tekemään. Mielestäni oli mukava olla mukana suunnittelemassa jotain, mikä tulee oikeasti käyttöön. Lisäksi sain kokemusta tavarantoimittajien kanssa toimimisesta, mikä on todella yleistä esimiestehtävissä.

Opinnäytetyössä määritettyjen tavoitteiden lisäksi työtä pystyisi vielä jatkokehittämään. Esimerkiksi pölytalon käyttöönoton jälkeen putkiston toinen imukaula on poistettu käytöstä, koska puhallin alkoi polttamaan moottoria. Tämä oli harmillista, sillä puhaltimen teho oli riittävä imemään molemmista imukauloista. Lisäksi suodattimiin jäävän materiaalin talteenottoa ja mahdollista jatkokäsittelyä pystyisi kehittämään.

LÄHTEET

Aerovent Industrial Ventilation Systems. 2022. Axial Fans. Viitattu 14.3.2022. <https://www.aerovent.com/products/axial-fans/>

AirPro Fan & Blower Company. 2022. How a Centrifugal Fan Works. Viitattu 8.3. 2022. <https://airprofan.com/centrifugal-fans-blowers/>

Bhatia, A. n.d. HVAC – How to Size and Design Ducts. Viitattu 10.4.2022. <https://www.cedengineering.com/userfiles/HVAC%20-%20How%20to%20Size%20and%20Design%20Ducts%20R1.pdf>

Casals Ventilación Air Industrial. 2022. Special Applications. Viitattu 14.3.2022. <https://www.casals.com/en/products-applications/special-applications/>

Dust Control Systems Oy. n.d. Keskipakoispuhaltimen huolto- ja käyttöohje. Viitattu 7.3.2022. https://www.dcs.fi/uploads/D0kYo2jn/Keskipakoispuhaltin_huolto_ja_kytttoohje_3.7.pdf

Koja Oy. 2014. Ecofan®-prosessipuhallin 3-sovite asennus-, käyttö- ja huolto-ohje. Viitattu 23.3.2022. Sisäinen tiedosto.

Lahti, M. 2021. Suorakaidekanavat. Sähköposti niklas.isokangas@edu.lapinamk.fi 19.5.2021. Viitattu 8.3.2022.

Motonet. 2022. Bosch PLR 50C laseretäisyysmittalaite kosketusnäytöllä Bluetooth 78-9294. Viitattu 30.3.2022. <https://www.motonet.fi/fi/tuote/789294/Bosch-PLR-50C-laseretaisyysmittalaite-kosketusnaytolla-Bluetooth>

RS Components Ltd. 2022. How Does a Centrifugal Fan Work? Viitattu 8.3.2022. <https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=ideas-and-advice/centrifugal-fans-guide>

Rakennustieto Oy. 2004. RT 84-10818 (LVI 12-10370) Putkistojen ja kanavien kannakointi. Viitattu 11.4.2022. <https://docplayer.fi/68109375-Lvi-putkistojen-ja-kanavien-kannakointi-sisallysluettelo.html>

SFS-EN 13480-3:2017 + A1:2021 + A2:2020 + A3:2020 + A4:2021. Metalliset teollisuusputkistot. Osa 3: Suunnittelu ja laskenta. Helsinki: SFS.

Tapojärvi Oy. 2022a. Kuljetusyrityksestä kiertotalouden edelläkävijäksi. Viitattu 25.2.2022. <https://www.tapojarvi.com/tapojarvi/>

Tapojärvi Oy. 2022b. Tapojärvi Oy:n sisäiset materiaalit. Viitattu 20.4.2022.

Tapojärvi Oy. 2022c. Yhteystiedot. Viitattu 30.3.2022. <https://www.tapojarvi.com/yhteystiedot/>

Techflow Enterprises Pvt. Ltd. 2022. All About Axial Fans – Description, Features and Usage. Viitattu 13.3.2022. <https://techflow.net/all-about-axial-fans-features-usage.html#:~:text=The%20basic%20principle%20of%20operation,bigger%20volume%20of%20air%20flow>

LIITTEET

Liite 1. Prosessipuhaltimen käyttöönottoa edeltävät toimenpiteet

Liite 1. Prosessipuhaltimen käyttöönottoa edeltävät toimenpiteet



Puhallinta ei saa käynnistää, mikäli jokin seuraavista tarkastuksista on tekemättä tai hyväksymättä:

- 1 Puhallin on kiinnitetty alustaan, tärinäeristimiin ja kanaviin asennusohjeen mukaisesti ja kiinnitysruuvit on kiristetty.
- 2 Laakerit on voideltu (laakeripesissä on rasvaa tai öljyä). Jos laakeripesien sisälle on päässyt kosteutta esim. varastoinnin aikana, on laakeripesä avattava, puhdistettava ja voideltava uudelleen.
- 3 Laakeripesien kiinnitysruuvit on kiristetty.
- 4 Moottori on asennettu ja kiinnitysruuvit kiristetty sekä tarkastettu käyttöönottoa varten moottorin valmistajan ohjeiden mukaisesti.
- 5 Tarkista huoltotöiden jälkeen ja osina toimitetun puhaltimen siipipyörän lukitusruuvien kireys sekä siipipyörän ja imukartion välinen limitys ja rako ovat oikeat.
- 6 Siipipyörä pyörii vapaasti käsin pyörittämällä eikä siinä ei ole näkyviä vaurioita.
- 7 Kanavissa eikä puhaltimen kaavun sisällä ole vieraita esineitä eikä vettä.
- 8 Akselille asennetun jäähdytyskiekon kiinnitysruuvit on kiristetty.
- 9 Takista hihtojen kireys.
- 10 Kytkin on linjattu.
- 11 Kytkimen ruuvit on kiristetty.
- 12 Kaikki pulttiliitokset on kiristetty.
- 13 Puhdistetaan puhaltimen ympäristö, moottori ja puhallin ulkopuolelta.
- 14 Puhaltimen runko on maadoitettu. Lisäksi puhaltimen runko ja kanava on oltava keskenään maadoitettu, mikäli välissä on joustava liitin.
- 15 Varmista, että puhaltimen kosketussuojat ovat paikoillaan.
- 16 Tarkista puhaltimessa olevien ohjaus- tai mitta-

laitteiden kytkentä ja toiminta.

- 17 Tarkista, ettei seisontajarru ole päällä ja varmista, ettei se voi kytkeytyä puhaltimen nopeuden ollessa yli 30 l/min.
- 18 Puhaltimen tyyppikilpi on runkoon kiinnitetty. Huomioi lisäksi maksimipyörimisnopeus sekä imupuolen kaasun maksimilämpötila.
- 19 Mahdolliset puhaltimeen kiinnitetyt ohjeet ja varoitukset ovat kunnossa ja näkyvillä.
- 20 Huomioi moottorin valmistajan antamat ohjeet ja määräykset käyttöönottovaiheessa.
- 21 Tarkista moottorin kytkentä ja jännite.
- 22 Poista mahdollinen moottorin kuljetustuki.



Varmista, ettei puhaltimeen pääse vieraita esineitä käytön aikana. Mikäli riski on olemassa, lisää suojaverkko (20 x 20 mm) puhaltimen imu- tai paineaukkoon.



Varmista, ettei vapaasti imevän puhaltimen tai puhaltimen imu- tai paineaukon edessä ole mitään estettä. Vapaan tilan on oltava 1,5 kertaa imu- tai paineaukon halkaisija.