

Opinnäytetyö (AMK)

Insinööri

ENPOS13

2017

Janne Lehtola

CEF-PUHALTIMEN TEKNISEN TIEDOSTON PÄIVITYS EU:N UUSIEN ASETUSTEN MUKAAN

Janne Lehtola

CEF-PUHALTIMEN TEKNISEN TIEDOSTON PÄIVITYS EU:N UUSIEN ASETUSTEN MUKAAN

Opinnäytetyössä käsitellään EU:n asettamia uudistuneita vaatimuksia CEF-puhaltimen dokumentoinnista. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kaikki CEF-puhaltimiin liittyvät vaatimukset, ja luoda niistä lukijalle selkeä käsitys. Lisäksi tavoitteena on luoda ohjeistus vaatimustenmukaisen teknisen asiakirja-aineiston tekemiseen.

CEF-puhallin on koteloitu, taaksepäin kaartuvilla siivillä varustettu keskipakoispuhallin. CEF-puhaltimet on suunniteltu tapauksiin, jossa aksiaalipuhaltimen teho ei riitä, ja tavallisen keskipakoispuhaltimen asentaminen ei onnistu tilanpuutteen tai muiden ongelmien takia.

Tällä hetkellä uusimmat puhaltimia koskevat määräykset löytyvät direktiivistä 2009/125/EY ja asetuksesta 327/2011. Suomen standardisoimisliitolta on mahdollista ostaa julkaisu, jossa seurataan EU:n toimintaa ja kerrotaan uusista asetuksista ja direktiiveistä. Yli 125 watin ja alle 500 kilowatin puhaltimista on luotava tekninen asiakirja-aineisto, jonka pitää sisältää perustiedot puhaltimesta, sen ympäristöystävälliseen suunnitteluun liittyvät tiedot, riskien arviointi, käyttö- ja huolto-ohjeet sekä EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus.

Euroopan talousalueen markkinoille tulevaan puhaltimeen on kiinnitettävä myös laitekilpi, joka sisältää puhaltimen tärkeimmät tekniset tiedot, sekä CE-merkintä, joka on valmistajan vakuutus siitä, että tuote on kaikkien vaatimusten mukainen.

Puhaltimen tuotetietoja laskettaessa aloitetaan laskemalla EU:n asettama puhaltimen tavoite hyötysuhde, joka puhaltimen tulee ylittää. Tavoitehyötysuhteen laskemiseen löytyy EU:n asetuksesta 327/2011 ohjeet. Samasta asetuksesta löytyy myös kaavat tuotetietoihin tarvittavien tietojen laskemiseen. Hyötysuhde mitataan optimaalisesta energiatehokkuuspisteestä. Jos kyseistä arvoa ei ole suoraan saatavilla testituloksista, se täytyy laskea puhallinlakien avulla.

CEF160-puhaltimen tavoitehyötysuhteeksi saatiin 63,8 % ja puhaltimen hyötysuhteeksi saatiin 66,9 %. Tämä täyttää EU:n ekologisuus vaatimuksen. CEF-160 puhaltimen tekninen asiakirja-aineisto päivitettiin vastaamaan nykyisiä asetuksia, ja opinnäytetyöstä löytyvillä ohjeilla ja malliesimerkeillä voidaan luoda tekninen asiakirja-aineisto toiseen prosessipuhaltimeen.

ASIASANAT:

Puhaltimet, Dokumentointi, Vaatimustenmukaisuus, Arvokilpi

Janne Lehtola

UPDATING TECHNICAL FILE OF A CEF-FAN TO EU'S REGULATIONS

This thesis is about the new regulations of EU requirements for industrial fan's documentation. The objective of the thesis is to find out all of the requirements related to CEF fan and to create a clear image of them to its reader. The objective is also to create instructions to make technical file compliance with requirements.

CEF Fan is a chamber exhaust fan, with backwards inclined impeller blades. They are made for situations, where a normal axial fan is not enough, and there is no space for a typical centrifugal fan.

At this date, the newest EU's statements for industrial fans are directive 2009/125/EY and regulation 327/2011. It is possible to buy a service from Finland's standardization union, which holds with the newest releases of EU's statements, and publishes them 6 times a year. Fans that have more than 125 watts and less than 500 kilowatts have to have a technical file that contains basic information's of the fan, environmental-friendly designing information, risks assessment, operating and maintenance instructions as well as EC declaration of conformity.

Fans that are going to European Economic Area markets, have to have a rating plate which contain the most important technical information and CE-marking. The plate is the manufacturer's assurance that the product fulfills all the requirements.

When calculating product information, first thing is to calculate the target energy efficiency given by the EU, which the fan must pass. In regulation 327/2011 there is instructions for calculating the efficiency for each fan type. There is also instructions to calculate all the other product information needed. The efficiency is measured from the optimum energy efficiency point. If this value is not directly available from test results, it has to be calculated from fan laws.

CEF160-fan's target efficiency is 63,8 % and fan's calculated energy efficiency was 66,9 %. This fulfills the EU's ecologic requirements. CEF-160 fan's technical file was updated to match the current regulations. Instructions and example calculations found from the thesis can be used to create a technical files for other industrial fans.

KEYWORDS:

Fans (air conditioning equipment), Documentation, Compliance with requirements, Rating plate

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	7
1 JOHDANTO	8
2 CEF-PUHALTIMEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	10
2.1 Imatran tehtaat	10
2.2 Valmet Oyj	10
3 CEF-PUHALLIN	12
3.1 CEF-puhaltimen toimintaperiaate	12
3.2 CEF-puhaltimen historiaa	13
4 TEOLLISUUSPUHALTIMEN VAATIMUSTENMUKAISUUS	15
4.1 EU:n vaatimustenmukaisuus	16
4.1.1 Sisäisen suunnittelun valvonta	16
4.1.2 Vaatimustenmukaisuuden arvioinnin hallintajärjestelmä	17
4.1.3 Vaatimustenmukaisuusvakuutus	17
4.1.4 Täytäntöönpanotoimenpiteet	20
4.2 CE-merkintä	20
4.3 Standardit	21
4.3.1 SFS-EN standardi	21
4.4 Riskien arviointi	22
4.4.1 Vaaratekijät	23
4.4.2 Vaaratekijöiden torjunta	23
4.5 Vaatimusten uudistuminen ja ajan tasalla pysyminen.	23
5 TEKNINEN ASIAKIRJA	25
5.1 Puhaltimen tuotetiedot	25
5.2 Laitekilpi	26
5.3 Vaatimustenmukaisuus	26
5.3.1 Sisäisen suunnittelun valvonta	27
5.3.2 Vaatimustenmukaisuusvakuutus	27
6 OHJEISTUS LAITEKILVEN JA TEKNISEN ASIAKIRJAN TEKEMISEEN	29
6.1 Ohjeet tuotetietojen tekemiseen	29

6.1.1 Hyötysuhde	29
6.1.2 Liitântätapa	31
6.1.3 Hyötysuhdeluokka	31
6.1.4 Hyötysuhdetaso	31
6.1.5 Taajuusmuuttaja	32
6.2 CEF160-puhaltimen malliesimerkit tuotetiedoista	32
6.2.1 Hyötysuhde	32
6.2.2 Muut tuotetiedot	38
6.3 Laitekilpi	39
7 YHTEENVETO	41
LÄHTEET	42

LIITTEET

KAAVAT

Kaava 1 Puhaltimen yleinen hyötysuhde	30
Kaava 2 Puhaltimen kaasuun kohdistama teho	30
Kaava 3 Dynaaminen paine	30
Kaava 4 Pinta-ala ja virtausnopeus	30
Kaava 5 Puristuvuuskerroin	31
Kaava 6 Moolitilavuus	31
Kaava 7 Puhallinlait	35

KUVAT

Kuva 1 Eri puhallinvaihtoehdot käyttökohteessa	9
Kuva 2 Puhaltimen toimintaperiaate	13
Kuva 3 CEF-puhaltimen jäähdytys	13
Kuva 4 CEF-puhaltimista tehty vaatimustenmukaisuusvakuutus	19
Kuva 5 Virallinen CE-merkintä	21
Kuva 6 CEF160-puhaltimen puhallinkäyrästä	34
Kuva 7 Piirustus CEF-puhaltimesta käyttökohteeseen asennettuna. (Paavo Sairanen Sähköposti)	39
Kuva 8 Tilattu laitekilpi	2

TAULUKOT

Taulukko 1 Ote taulukosta (EU 327/2011 liite I), jossa on valittu oikeat tiedot. koko taulukko liitteenä.	32
Taulukko 2 Laitetilpeen tulevat tiedot	40
Taulukko 3 Puhaltimien energiatehokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset.	1

KÄYTETYT LYHENTEET

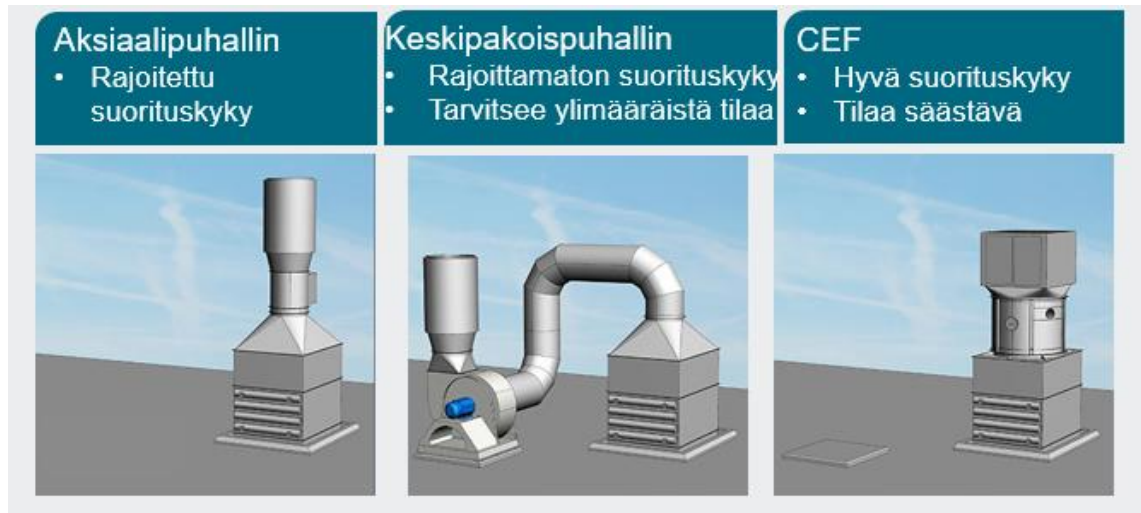
CEF	Chamber exhaust fan, koteloitu keskipakoispuhallin
EU	Euroopan Unioni
DSF	Droplet separator fan, pisaranerotin puhallin
LTO	Lämmön talteenotto
CE	Tulee Ranskan kielen sanoista Conformité Européenne, eli Euroopan yhteisö.
CE-merkintä	On Euroopassa käytettävä energiaan liittyviin tuotteisiin kiinnitettävä merkintä, jolla valmistaja vakuuttaa tuotteensa vaatimustenmukaisiksi
TUKES	Suomen Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
ETA	Euroopan talousalue
SFS	Suomen Standardisoimisliitto
CEN	Euroopan Standardisoimisjärjestö
ISO	Kansainvälinen Standardisoimisjärjestö

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää EU:n uudistuneet vaatimukset koskien Valmet Oy:n valmistamaa CEF-puhallinta. Kaikilta energiaan liittyviltä tuotteilta vaaditaan tekninen asiakirja-aineisto, jonka tarkistaminen ja puutteiden lisääminen CEF160-puhaltimeen kuuluu myös opinnäytetyöhöni. Lisäksi tarkoituksena on myös luoda ohjeistus kyseisen teknisen asiakirjan luomiseen muille samankaltaisille puhaltimille, joita Valmet tulevaisuudessa valmistaa.

Puhaltimiin liittyvä uusiin EU:n direktiivi on 2009/125/EY (Energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista) ja uusiin asetus N:o 327/2011 (direktiivin 2009/125/EY täytäntöön panemisesta ottoteholtaan vähintään 125 watin ja enintään 500 kilowatin moottoreilla varustettujen puhaltimien ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta). Opinnäytetyössä käsitellään molempien asiakirjojen vaatimukset koskien CEF-puhaltimia ja näiden perusteella on koottu ohjeistus teknisen asiakirjan tekemiseen.

Työn tavoitteena on luoda selkeä ja hyvä käsitys lukijalle EU:n vaatimuksesta ja ohjeistus tarvittavan dokumentoinnin luomiseksi, jotta puhallin täyttää kaikki vaatimukset. Samalla juuri valmistuneen CEF-puhaltimen tekninen asiakirja tarkistetaan ja puuttuvat tai virheelliset tiedot päivitetään siihen. Kyseinen puhallin on CEF160-puhallin, jossa on ottoteholtaan 160 kilowatin sähkömoottori. Kyseinen puhallin on suunniteltu korvaamaan paperitehtaan vanha aksiaalipuhallin. Tehtaalle tarvittiin suurempaa paineenkorotusta poistoilmapuhaltimelta, mutta katolla oli huonosti tilaa normaalille keskipakoispuhallinratkaisulle, joten siihen suunniteltiin CEF-puhallin. CEF-puhaltimella saadaan siirrettyä enemmän tilavuusvirtaa kuin aksiaalipuhaltimella, ja se saadaan liitettyä suoraan lämmöntalteenottotornin päälle, joten ylimääräisiä putkistoja tai tilaa ei tarvita. Kuvassa 1 on esitetty eri puhallinvaihtoehdot käyttökohteeseen ja niiden tuomat hyödyt ja haitat.



Kuva 1 Eri puhallinvaihtoehdot käyttökohteessa

2 CEF-PUHALTIMEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ

CEF-puhaltimet on suunniteltu toimimaan paperitehtaissa poistoilmanpuhaltimina. Lämmöntalteenottotornin päälle asennettavan puhaltimen tehtävänä on tehokkaasti poistaa kuumaa, kuitua sisältävää ilmaa. Tilanpuutteen vuoksi tavallinen keskipakoispuhallin ei sovi käyttötarkoitukseen korvaamaan vanhaa aksiaalipuhallinta, mutta kasvaneen tehontarpeen vuoksi aksiaalipuhaltimesta ei saada tarpeeksi tehoa. Puhaltimen on valmistanut Valmet oy ja asiakkaana toimivat Stora Enso Oyj:n Imatran tehtaat.

2.1 Imatran tehtaat

Opinnäytetyössä käsiteltävä CEF-160 puhallin asennetaan Stora Enson Imatran tehtailla sijaitsevan paperikoneen poistoilmapuhaltimeksi. Imatran tehtaat ovat koko maailman suurin nestepakkauskartongin valmistaja. Ne koostuvat Kaukopään ja Tainiokosken tehdasyksiköistä. Kaukopään rakennus aloitettiin jo 1934. Tehtaat työllistävät noin 1000 henkilöä ja niiden kapasiteetti on yli miljoona tonnia paperia sekä kartonkia vuodessa. Imatran tehtailla valmistettua kartonkia käytetään muun muassa elintarvike-, makeis- ja savukepakkauksiin. Kuvassa 2 on ilmakuva Kaukopään tehdasyksiköstä. (Stora Enso 2015)

2.2 Valmet Oyj

Valmetilla on pitkä teollisuushistoria ja alun perin nimi Valmet syntyi 1951. Useiden järjestelyjen ja fuusioiden jälkeen vuonna 1999 syntyi Metso, josta Valmet syntyi uudestaan irtautuessaan Metso Oyj:stä 2013 vuoden lopussa. Valmet on maailman johtava paperi-, sellu- ja energiateollisuusalan teknologisten tuotteiden sekä palveluiden toimittaja ja kehittäjä. Liikevaihtoa vuonna 2016 oli lähes 3 miljardia euroa ja työntekijöitä noin 12 000. Valmet tarjoaa kattavat palvelut tehtaiden kunnossapidosta niiden parannuksiin ja varaosiin.

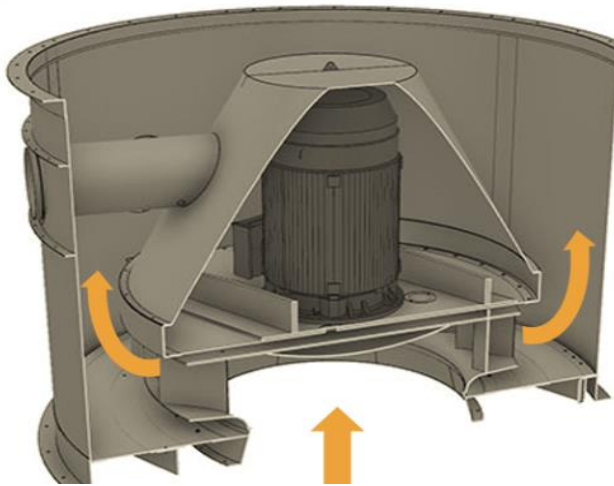
Valmetilla on konttoreita 33 maassa, yli 120 palvelukeskusta sekä 34 tuotantolaitosta. Työntekijöistä yli puolet sijaitsee Euroopan, Lähi-idän ja Afrikan alueella. Valmet panostaa kestävään kehitykseen ja asiakkaiden suorituskyvyn parantamiseen sekä asiakkaiden tarpeisiin perustuvaan tutkimus- ja kehitystoimintaan. (Valmet 2017)

3 CEF-PUHALLIN

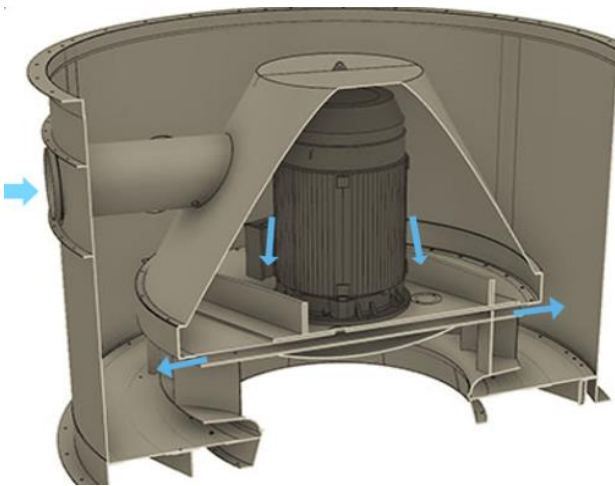
3.1 CEF-puhaltimen toimintaperiaate

Puhallin on suunniteltu toimimaan poistoilmapuhaltimena, paperikoneen lämmöntalteenottojärjestelmässä, sekä sellun ilmakeivaimessa. CEF-puhallinta voidaan käyttää myös paperi- tai kartonkikoneen, sekä sellukeivaimen märän pään poistoilmajärjestelmässä. Puhaltimen moottorille on aina asennettava taajuusmuuttaja, sekä ilmajärjestelmä varustettava sulkupellillä. Sulkupelti estää siipipyörän pyörimisen laitteen ollessa sammutettuna. Huoltoluukku pitää olla suljettu siten, että se on mahdollista avata vain työkaluilla. (Sairanen 16.11.2015 CEF käyttö- ja huolto-ohje.)

CEF-puhaltimen toimintaperiaatteena on suorakäyttöinen keskipakoispuhallinpyörä, jossa moottori on asennettu pystysuoraan, ja siipipyörä on kiinnitetty suoraan moottorin akselille. Kuvassa 3 on poikkileikkaus puhallinkokonaisuudesta, jossa ilman kulku puhaltimen läpi on kuvattu nuolilla. Ilma päätyy heti laitteeseen tultuaan siipipyörän imuaukkoon. Siipipyörän ulkokehästä ilma siirtyy vaippaan, jossa sijaitsevan virtauksen ohjaussiivistön avulla pienennetään ilman pyörimisliikettä. Tämä parantaa ilman virtausta ja täten myös puhaltimen hyötysuhdetta. Ympäröivä puhallinkaapu on muotoiltu lieriöksi. Lieriön yläosa toimii ulospuhallus hajottajan tavoin, josta poistoilma päätyy ulkoilmaan tai kanavistoon tapauksesta riippuen. Siipipyörä, moottori ja moottoria suojaava kammio ovat laitteen pohjalla. Moottori on jäähdytetty ulkoilmalla, jota siipipyörän taustalevyn synnyttämä alipaine imee jäähdytysilmakanavan kautta, kuten kuvassa 4 on esitetty. (Sairanen 6.6.2013 CEF-Toimintakuvaus.)



Kuva 2 Puhaltimen toimintaperiaate



Kuva 3 CEF-puhaltimen jäähdytys

3.2 CEF-puhaltimen historiaa

DSF-puhallin kehitettiin 2000-luvun alussa pisaranerotin puhaltimeksi paperikoneen määrämpään poistoihin. Vaikka laite oli teknisesti hyvä ratkaisu, liian suuren hinnan takia puhaltimen myynti hidastui melko nopeasti.

Vuonna 2012 DSF-puhallin nostettiin uudelleen esiin, kun paperitehtaassa olevan huu-
van poistoilmajärjestelmään tarvittiin aksiaalipuhaltimen tilalle tehokkaampaa puhallinta, mutta keskipakopuhallin oli pohjapiirustusten kannalta liian vaikea toteuttaa. DSF-mallinen ”kammiopuhallin” sen sijaan olisi juuri sopiva. Pisaranerotuskyky ei kuitenkaan ollut tarpeellinen. Myös muita asiakasprojekteja ilmaantui, joissa samantapaista puhallinta

tarvittaisiin. Myyntipotentialiksi arvioitiin 500 000€/vuosi. DSF:n periaatetta hyväksikäyttävän puhaltimen, joka olisi lyhyempi ja ilman pisaranerotusta pohdittiin ja siinä nähtiin potentiaalia. Ympäristötiimin kokouksessa 17.8.2012 sovittiin budjetoitavan kehityshanke CEF-puhaltimesta vuodelle 2013. (Paavo Sairanen, sähköpostiviesti.)

4 TEOLLISUUSPUHALTIMEN VAATIMUSTENMUKAISUUS

CEF-puhallin, jonka EU-vaatimustenmukaisuutta opinnäytetyössä käsitellään, on ottoteholtaan 160 kW sähkömoottorilla varustettu keskipakoispuhallin. EU:n asetus N:o 327/2011 koskee ottoteholtaan vähintään 125 watin ja enintään 500 kilowatin moottoreilla varustettuja puhaltimia. Näille puhaltimille on laadittu ekosuunnitteluvaatimukset, jotka on säädetty asetuksessa 327/2011. Lisäksi kaikkien koneiden, jotka tuodaan Euroopan talousalueelle, pitää täyttää EY:n vaatimustenmukaisuus, joka säädetään direktiivissä 2009/125/EY. Näiden asetusten ja direktiivien tarkoitus on vähentää puhaltimien käytönaikaista sähkönkulutusta asettamalla tiukat energiatehokkuusvaatimukset, sekä lisättävä puhaltimien elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia rajoittavien teknologioiden käyttöä. Asetuksissa on kuitenkin poikkeuksia, milloin puhallin ei kuulu näiden asetusten pariin.

Asetuksessa 327/2011 on mainittu useita poikkeuksia, jolloin asetusta ei sovelleta puhaltimeen. Osaa poikkeuksista on syytä tutkia paremmin ja miettiä, täyttääkö CEF-puhallin kyseisen kohdan. Seuraavissa kappaleissa on pohdittu poikkeuksia, jotka voivat koskea CEF-puhaltimia.

Ensimmäisenä poikkeuksena on siirrettävän kaasun käyttölämpötila. Sen ollessa yli 100 °C poikkeus on voimassa. Kyseisellä paperitehtaalla kaasun lämpötila voi nousta jopa 100 °C, mutta puhallin on vasta lämmöntalteenottotornin jälkeen, jolloin kaasun lämpötilan ei pitäisi enää olla niin korkea. LTO-tornin vikaantuessa kaasun lämpötila voi nousta puhaltimessakin 100 °C, mutta siihen sitä ei ole erityisesti suunniteltu ja kyse on vikatilanteesta, joten poikkeus ei toteudu.

Toinen käsiteltävä poikkeus koskee puhallinta käyttävän moottorin ympäristön lämpötilaa. Sen ollessa yli 65 °C, jos moottori on sijoitettu kaasuvirran ulkopuolelle, poikkeus on voimassa. Moottori itsessään on sijoitettu kaasuvirran sisäpuolelle, jossa lämpötila saattaa olla yli 65 °C, mutta ottaa ilmaa ympäröivästä ulkoilmasta, minkä lämpötila ei nouse yli kyseisen lämpötilan.

Viimeisenä käsiteltävä poikkeus koskee myrkyllisissä, voimakkaasti syövyttävissä, tai helposti syttyissä ympäristöissä taikka ympäristöissä, joissa on hankaavaa ainesta toi-

mivaa puhallinta. Kaasuvirrassa ei kulje myrkyllisiä, eikä syövyttävää ainesta, mutta ilman mukana saattaa kulkeutua kuitua, joka saattaa aiheuttaa hankaumaa ja ajan myötä korroosiota. Kuidun aiheuttama hankauma on kuitenkin todella pientä, joten poikkeus ei toteudu. (EU:n asetus N:o 327/2011.)

4.1 EU:n vaatimustenmukaisuus

Vaatimustenmukaisuudella tarkoitetaan tuotteen valmistamista mahdollisimman ekologisesti ja tekemään se mahdollisimman ympäristöystävälliseksi, ilman että siitä koituu kohtuuttomia kustannuksia. Valmistajan on pidettävä vaatimustenmukaisuusvakuutukseen ja vaatimustenmukaisuuden arviointiin liittyvät asiakirjat EU:n jäsenvaltioiden saatavilla 10 vuotta viimeisen kyseisen tuotteen valmistamisesta, ja ne on oltava saatavilla viimeistään 10 päivän kuluttua viranomaisen pyynnöstä. Asiakirjat on laadittava jollakin Euroopan unionin toimielinten virallisella kielellä. Vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa valmistajalla on mahdollisuus valita EU:n direktiivin 2009/125/EY liitteessä IV säädetyn sisäisen suunnittelun valvonta tai saman direktiivin liitteessä V säädetyn hallintajärjestelmän välillä.

4.1.1 Sisäisen suunnittelun valvonta

Sisäisen suunnittelun valvonnassa on tehtävä tekninen asiakirja, johon tulee lisätä tietoja suunnitteluvaiheessa huomioituista ekologisen suunnittelun näkökulmista. Teknisen asiakirjan tulee sisältää seuraavat tiedot:

1. ”yleinen kuvaus tuotteesta ja sen käyttötarkoituksesta;
2. valmistajan suorittaman asiaankuuluvan ympäristöarvioinnin tulokset ja/tai viittaukset ympäristöarviointia koskevaan kirjallisuuteen tai tapaustutkimuksiin, joita valmistaja käyttää arvioidessaan, dokumentoidessaan ja määrittäessään tuotesuunnitteluratkaisuja;
3. ekologinen profiili, jos sitä edellytetään täytäntöönpanotoimenpiteissä;
4. tuotesuunnittelua koskevien eritelmien osat, jotka liittyvät tuotteen ympäristösuunnittelunäkökohtiin;
5. luettelo asiaankuuluvista standardeista, joita on käytetty kokonaisuudessaan tai osittain, ja kuvaus valituista ratkaisuista sovellettavan täytäntöönpanotoimenpiteen vaatimusten noudattamiseksi:

6. kopio tuotteen ympäristösuunnittelunäkökohtia koskevista tiedoista; ja
7. tulokset suoritetuista ekologisen suunnittelun vaatimusten mittauksista, mukaan luettuina yksityiskohtaiset tiedot näiden mittausten vaatimustenmukaisuudesta verrattuna sovellettavassa täytäntöönpanotoimenpiteessä asetettuihin ekologisiin vaatimuksiin.” (EU:n direktiivi N:o 2009/125, liite IV.)

4.1.2 Vaatimustenmukaisuuden arvioinnin hallintajärjestelmä

Hallintajärjestelmässä valmistajan on pystyttävä osoittamaan, että tuotteen valmistuksessa on tehty ratkaisuja yleisen ympäristötehokkuuden parantamiseksi. Kaikki ympäristötehokkuuden parantamiseksi käyttöön otetut ratkaisut on dokumentoitava huolellisesti. Hallintajärjestelmä koostuu kolmesta osasta: menettelyistä ja ohjeista, suunnittelusta, sekä täytäntöönpanosta ja asiakirjasta. Menettelyissä pitää olla kuvaus tuotteen valmistuksessa asetetuista tavoitteista ja indikaattoreista tuotteen yleisen ympäristötehokkuuden parantamiseksi, tieto tuotteen tarkastuksista ja testeistä valmistuksen jälkeen suorituskyvyn parantamiseksi, sekä menettely kyseisen asiakirja-aineiston ajan tasalla pitämisen varmistamiseksi. Suunnitteluosuudessa asiakirjan tulee sisältää suunnitelma tuotteen ekologisen profiilin luomiseksi, sekä tuotteen ympäristötehokkuuden tavoitteet ja vaihtoehtoisten teknisten ratkaisujen tarkastelu. Täytäntöönpano-osuudessa keskitytään vastuualueiden jakamiseen ja asiakirjassa hallintajärjestelmän raportointiin. Asiakirjasta pitää löytyä dokumentointi laadunvalvonnasta, käytetyistä prosesseista ja varmistustekniikoista. (EU:n direktiivi N:o 2009/125 liite V.)

4.1.3 Vaatimustenmukaisuusvakuutus

Vaatimustenmukaisuusvakuutus on valmistajan todistus siitä, että tuote on kaikkien siihen sovellettavien Euroopan unionin säädösten mukainen. Vakuutus helpottaa tuotteen vapaata liikkumista Euroopan talousalueella. Euroopan Unionin jäsenvaltiot eivät saa estää, kieltää tai rajoittaa tuotteen, joka täyttää kaikki vaatimustenmukaisuudet, markkinoille saattamista. Vaatimustenmukaisuusvakuutus pitää kääntää niiden maiden viralliselle kielelle tai kielille, joihin sitä markkinoidaan. Vakuutuksen voi allekirjoittaa myös valmistajan puolesta valtuutettu valmistajan edustaja. Allekirjoituksen jälkeen valmistaja

voi laittaa tuotteeseensa CE-merkinnän. Suomessa markkinoitavalle tuotteelle on mahdollista saada esimerkiksi Tukesin kautta täytettävä mallipohja vaatimustenmukaisuusvakuutukselle Ruotsin tai Suomen kielellä. Tukesin sivuilla on myös malliesimerkki kyseisestä lomakkeesta. (Tukes 2013)

Alla Olevassa kuvassa (kuva 4) on Valmetin tekemä EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus kaikille tämän hetkisille CEF-puhaltimille. Vakuutus on tehty sekä suomen, että englannin kielellä, koska osa puhaltimista menee ulkomaille.



EY-VAATIMUSTENMUKAISUUSVAKUUTUS KONEESTA

(Direktiivi 2006/42/EY, liite IIA)

Valmet Technologies Oy
Raisionkaari 60, 21200 Raisio
FINLAND

vakuuttaa, että teollisuuspuhaltimen CEF kaikki 5 mallia (CEF100, CEF112, CEF125, CEF140 ja CEF160):

- täyttävät **Konedirektiivin 2006/42/EY** ja sen voimaansaattavan kansallisen asetuksen vaatimukset
- Koneen suunnittelussa on käytetty seuraavia yhdenmukaistettuja standardeja: **EN ISO 12100:2010** (yleiset suunnitteluperiaatteet ja riskinarviointi ja riskin pienentäminen)
- noudattaa kaikkia asiaankuuluvia, direktiivissä **2009/125/EY** annettuja määräyksiä

Teknisen tiedoston kokoa pyydetäessä:
Valmet Technologies Oy, Raisio

Raisio 17.11.2015



Jan Lindström
 Tuotepäällikkö

DECLARATION OF CONFORMITY

(Pursuant to Annex IIA of Machinery Directive 2006/42/EC)

Valmet Technologies Oy
Raisionkaari 60, 21200 Raisio
FINLAND

warrants that all 5 models of industrial fan CEF (CEF100, CEF112, CEF125, CEF140 and CEF160):

- Are in conformity with the **Directive 2006/42/EC**
- In the design of this machine has been used consistent standards of **EN ISO 12100:2010** (Safety of machinery. General principles for design. Risk assessment and risk reduction)
- Follows all appropriate regulations given in Directive **2009/125/EY**

Technical file is compiled on demand by
Valmet Technologies Inc, Raisio

Raisio 17.11.2015



Jan Lindström
 Product manager

© Valmet 2015

Kuva 4 CEF-puhaltimista tehty vaatimustenmukaisuusvakuutus

4.1.4 Täytäntöönpanotoimenpiteet

Täytäntöönpanotoimenpiteillä tarkoitetaan toimenpiteitä, joissa asetetaan tuotteisiin tai niiden ympäristönäkökohtiin liittyviä ekologisen suunnittelun vaatimuksia. Jos tuote edustaa merkittävää myynti- ja kauppavolyymiä, sillä on yhteisön alueella merkittävä ympäristövaikutus tai mahdollisuus merkittävään ympäristövaikutuksen parantamiseen ilman kohtuuttomia kustannuksia, on tuotteen osalta toteutettava täytäntöönpanotoimenpide.

CEF-puhaltimia ei valmisteta suuria määriä, joten se ei edusta merkittävää myynti- tai kauppavolyymiä, eikä niillä ole energiankulutuksellaan suurta merkitystä alueen ympäristövaikutukseen. CEF-puhaltimia tehdään vain muutamia kappaleita vaativiin olosuhteisiin, joten täytäntöönpanotoimenpiteet eivät koske näitä puhaltimia.

4.2 CE-merkintä

CE-merkintä on Euroopassa käytetty valmistajan vakuutus siitä, että laite täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset ja standardit. CE-merkinnän saa kiinnittää vain, jos siihen sovelletaan CE-merkintää koskevaa lainsäädäntöä. Se pitää kiinnittää kaikkiin niihin tuotteisiin joita säädös koskee ja jotka tulevat ETA-maiden tai Turkin markkinoille. Valmistaja vastaa aina CE-merkinnän kiinnittämisestä. CE-merkintä on kiinnitettävä tuotteeseen tai tuotekilpeen näkyvälle paikalle, helposti luettavaksi ja pysyvästi. Merkinnän on oltava vähintään 5 mm korkea ja siinä on säilytettävä alkuperäiset mittasuhteet. Tuotteisiin ei saa kiinnittää mitään merkintää, joka voi johtaa harhaan CE-merkinnän tarkoituksen tai muodon suhteen. (Euroopan komissio 2016, 58–63.)

CE-merkintä helpottaa tuotteen liikkumista vapaasti ETA-maiden ja Turkin välillä. CE-merkittyä tuotetta, joka on kaikkien vaatimusten mukainen, ei saa estää, kieltää tai rajoittaa tuomasta markkinoille tai haitata sen käyttöönottoa. EU:n jäsenvaltiolla on kuitenkin oikeus vetää tuote pois markkinoilta, jos se ei ole vaatimustenmukainen. (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY viitattu 17.1.2017).



Kuva 5 Virallinen CE-merkintä

4.3 Standardit

Standardit varmistavat, että tuote valmistetaan oikeanlaisin menetelmin ja lisäävät näin tuotteiden käyttöturvallisuutta. Standardisointi helpottaa monien viranomaisten ja kuluttajien elämää ja lisää tuotteiden yhteensopivuutta. Standardeja on monenlaisia, mutta suurin osa kansainvälisistä, Euroopan unionin ja Suomen standardeista on yhdenmukaistettu vastaamaan toisiaan. Suomessa standardit julkaisee, myy ja vahvistaa SFS-toimisto, josta tulee nimi SFS-standardit. SFS:n kautta voi ostaa myös ulkomaalaisia standardeja. Standardien kirjainyhdistelmät ovat aina standardin vahvistaneen organisaation nimiä. EN-standardin on vahvistanut eurooppalainen CEN ja ISO-standardit ovat taas kansainvälisen ISO-organisaation vahvistamia. Standardi, joka on sekä kansainvälisesti, että Euroopassa vahvistettu, löytyy jokaisesta Euroopan unionin jäsenmaasta samalla koodilla. Esimerkiksi SFS-EN ISO 1234 ja DIN-EN ISO 1234 on saman kansainvälisen standardin eri käännös Euroopan jäsenmaiden välillä. Numeroiden yhteneväisyys koskee vain Euroopan ja kansainvälisen organisaation hyväksymiä standardeja. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry.)

4.3.1 SFS-EN standardi

Koneisiin liittyvät turvallisuus standardit on jaettu 3 ryhmään: A-tyyppin, B-tyyppin, ja C-tyyppin standardit. Näistä A-tyyppin standardi on laajin ja kertoo koneturvallisuuden peruseriaatteet. Puhaltimiin liittyvä päästandardi on A-tyyppin standardi SFS-EN ISO 12100. Standardeihin perehtyminen kannattaa aloittaa A-tyyppin standardeista:

- SFS-EN ISO 12100, jossa määritellään koneturvallisuuden perusterminologia, riskien arvioinnin periaatteet ja turvallisuussuunnittelun periaatteet.

- SFS-ISO/TR 14121-2, jossa selitetään käytännön esimerkein riskien arvioinnin menetelmistä

B-tyyppin standardit ovat täsmällisempiä kuin A-tyyppin ja keskittyvät käsittelemään suunnittelijoiden tarvitsemaa perustietoa ja erittelevät esimerkiksi värinän, äänen tai suojuksien turvallisuuteen liittyviä asioita. Puhaltimeen liittyviä B-tyyppin tärkeimpiä standardeja ovat:

- EN-ISO 5136:2009, jossa käsitellään puhaltimien kanavaan säteilemän äänitason määrittämistä,
- EN 349:1993+A1:2008 vähimmäisetäisyydet kehonosien puristumisvaaran välttämiseksi
- EN 547-2:1996+A1:2008: työskentelyaukkojen mittojen määrittämisperiaatteet
- EN 1037:1995+A1:2008: odottamattoman käynnistymisen estäminen

C-tyyppin standardit ovat todella yksityiskohtaisia yksittäisten koneryhmien turvallisuusvaatimuksia. C-tyyppin standardeissa on yleensä paljon viittauksia A- ja B-tyyppin standardeihin.

(EU:n komission tiedote 2015/C 054/01)

4.4 Riskien arviointi

Koneisiin liittyy aina paljon riskejä, suuriin koneisiin ja nopeasti liikkuviin osiin erityisesti. Puhaltimissa nopeasti pyörivä siipipyörä ja painavat osat aiheuttavat monenlaisia vaaratekijöitä. Kaikki mahdolliset riskitekijät tulisi ottaa huomioon laitetta suunniteltaessa ja valmistettaessa. Kaikki riskit on pyrittävä poistamaan, mutta riskit joita ei suoraan voida poistaa, tulisi minimoida ja suojata mahdollisimman hyvin. Riskien arvioinnissa tulee ottaa huomioon sekä seuraamukset, että niiden todennäköisyys. Jos riskin seuraamukset ovat lähes olemattomat, ei haittaa vaikka riskin tapahtumisen todennäköisyys on hieman suurempi ja toisinpäin. Molempien ollessa huomattavan suuret tulisi tilanne huomioida ja tehdä tarvittavat toimenpiteet suunnittelussa, jotta riskiä saataisiin pienennettyä. CEF-puhaltimen riskien arvioinnin tuloksena päätettiin lisätä paremmat kuljetusohjeet puhaltimen konepajalta asennuspaikalle kuljettamisessa.

4.4.1 Vaaratekijät

Vaaratekijöitä on monenlaisia, joista koneensuunnittelussa tulisi ottaa kaikki huomioon. Myös mahdottomalta tuntuvat riskit ja pienen vaaran aiheuttavat riskit on hyvä huomioida ja dokumentoida. Esimerkiksi koneiden aiheuttamaa melua ja sen vaarallisuutta aliarviointiin pitkään, mutta sillä on hyvin kauaskantoisia vaikutuksia. Liikkuvat koneenosat ja erityisesti suuret koneet aiheuttavat paljon mekaanisia vaaroja, kuten osien väliin kiilautuminen, koneen osien alle puristuksiin jääminen, tai terävien osien aiheuttamat leikkautumisvaarat. Lisäksi monessa koneessa voi olla ihmiselle vaarallisia aineita, korkeita lämpötiloja tai vaarallisia jännitteitä. Myös ihmisen työergonomia on otettava huomioon niin koneen käydessä, kuin huoltotöitä tehdessä. Liukkaat pinnat tai korkeat kynnykset voivat aiheuttaa vaaratilanteita, kuten myös suuret pudotukset.

4.4.2 Vaaratekijöiden torjunta

Laite tulisi suunnitella aina niin, että sen käydessä ihmisellä ei ole mahdollista saada raajoja liikkuvien osien väliin. Mieluiten tämä tulisi estää erilaisilla suojuksilla ja vain tapauksissa, joissa muu ei ole mahdollista, varoituskyltein. Koneteollisuudessa suurimmat vaarat aiheutuvat yleensä, kun kone ei ole normaalitilassa, eli siihen suoritetaan huoltoa tai koneeseen on ilmennyt joku vika. Huoltoluukut ja -toimenpiteet tulisi suunnitella turvallisiksi ja ergonomiia ajatellen. Huoltoluukut tulee olla avattavissa vain työkaluilla. Liukkaita pintoja ja helposti kompasteltavia kulmia ja kynnyksiä tulisi välttää tai ainakin merkata ne kunnolla. Vaarallisista aineista pitäisi olla selkeät varoituskyltit ja ne pitäisi myös olla suojattu niin, että ihminen ei voi vahingossa päätyä niiden altistukseen.

4.5 Vaatimusten uudistuminen ja ajan tasalla pysyminen.

Laitteet ja tekniikka kehittyvät koko ajan, ja tämä mahdollistaa aina vain energiatehokkaampien puhaltimien rakentamisen. Tämän takia myös energiatehokkuusvaatimuksia voidaan kasvattaa jatkuvasti. Lisäksi vanhoista puutteista ja virheellisistä valmistustavoista syntyneitä vahinkoja tutkitaan ja niiden myötä valmistuksessa käytettäviä standardeja kehitetään jatkuvasti. Helpoin tapa pysyä perillä mitä EU-lainsäädännössä tapahtuu, on tilata suomen standardisoimisliitolta (SFS) direktiivipalvelu "Uusia direktiivejä ja muuta tietoa EU:sta. Se julkaistaan 6 kertaa vuodessa ja seuraa EU-lainsäädännössä

tehtäviä uusia direktiivejä, sekä niiden vaikutuksia jo olemassa oleviin direktiiveihin ja standardeihin. Palvelun hinta on 206 €/vuosikerta ja se on mahdollista tilata joko paperisena tai pdf-tiedostona. (Suomen standardisoimisliitto SFS ry.)

5 TEKNINEN ASIAKIRJA

Energiaan liittyvissä tuotteissa valmistajan on luotava tekninen asiakirja-aineisto, jos tuote tehdään tai tuodaan ETA-maiden markkinoille. Teknisestä asiakirjasta tulee selvitä, että tuote on vaatimustenmukainen. Asiakirjan sisältö on tarkkaan määritelty EU:n direktiiveissä ja asetuksissa. Se koostuu vaatimustenmukaisuuden varmistamiseen, riskien hallintaan, koneen käyttö-ohjeisiin ja yksityiskohtaisiin tuotetietoihin liittyvistä dokumentoinneista. Teknisen asiakirjan tulee sisältää joko sisäisen suunnittelun valvonnassa, tai vaatimustenmukaisuuden arvioinnin hallintajärjestelmässä mainitut dokumentaatiot. (EU:n direktiivi N:o 2009/125, liite IV.)

Tekniseen asiakirjan kokoaminen tulee aloittaa jo suunnitteluvaiheessa. Suunnitteluvaiheessa tehdyt vaatimustenmukaisuuden arvioinnin dokumentaatiot kuuluvat tekniseen asiakirjaan, samoin kuin riskiarviot. Laitteen valmistuksen jälkeen tekniseen asiakirjaan tulee lisätä dokumentaatiot puhaltimen tuotetiedoista, käyttö- ja huolto-ohjekirja, sekä vaatimustenmukaisuusvakuutus. Teknisen asiakirjan tuotetiedot on esitetty seuraavassa kappaleessa.

5.1 Puhaltimen tuotetiedot

Puhaltimen jonka teho on yli 125 wattia ja alle 500 kilowattia tuotetiedot pitävät olla esillä sekä teknisessä asiakirjassa, että vapaasti käytettävillä olevilla valmistajan Internet-sivustolla. Tuotetiedoissa on esitettävä seuraavat tiedot seuraavassa järjestyksessä:

1. ”yleinen hyötysuhde (η) pyöristettynä yhteen desimaaliin
2. energiatehokkuuden määrittämisessä käytetty liitäntätapa (A-D)
3. hyötysuhdeluokka (staattinen tai kokonaishyötysuhde)
4. hyötysuhdetaso optimaalisessa energiatehokkuuspisteessä
5. onko puhaltimen hyötysuhteen laskennassa oletettu, että puhaltimen kanssa käytetään taajuusmuuntajaa, ja jos näin on, onko taajuusmuuntaja integroitu puhaltimeen vai onko se asennettava puhaltimen kanssa
6. valmistusvuosi
7. valmistajan nimi tai tavaramerkki, kaupparekisterinumero ja valmistuspaikka
8. tuotteen mallinumero

9. moottorin nimellinen ottoteho (nimelliset ottotehot) (kW), virtausnopeus(-nopeudet) ja paine(-et) optimaalisella energiatehokkuudella
10. kierrosnopeus minuutissa optimaalisessa energiatehokkuuspisteessä
11. ominaissuhde
12. purkamista, kierrätystä tai käytön jälkeistä käsittelyä helpottavat tiedot
13. puhaltimen asentamiseen, käyttöön ja huoltoon liittyvät tiedot, joiden avulla voidaan minimoida puhaltimen ympäristövaikutukset ja taata sen optimaalinen käyttöikä
14. kuvaus muista puhaltimen energiatehokkuuden määrittämisessä käytetyistä seikoista, kuten putkista, joita ei kuvailla liitännätavassa ja joita ei toimiteta puhaltimen kanssa.”

(Komission asetus (EU) N:o 327/2011)

5.2 Laitetilpi

Laitteeseen tulee kiinnittää arvokilpi kestävällä kiinnityksellä ja näkyvälle paikalle. CE-merkintä on mahdollista kirjoittaa kyseiseen kilpeen muiden tietojen kanssa. Kilpeen tulee merkitä kestävällä tavalla edellisen kappaleen 5 ensimmäisen kohdan vaatimat tiedot. 5. kohdan tietoihin tulee merkata puhaltimesta riippuen jompikumpi seuraavista sanamuodoista:

1. ”puhaltimen kanssa on asennettava taajuusmuuntaja.”
2. ”puhaltimeen on integroitu taajuusmuuntaja.”

(Komission asetus (EU) N:o 327/2011)

5.3 Vaatimustenmukaisuus

Tekniseen asiakirjaan tulee lisätä tiedot sekä vaatimustenmukaisuuden arvioinnista, että vaatimustenmukaisuusvakuutus. Vaatimustenmukaisuuden arvioinnissa on kaksi vaihtoehtoista tapaa dokumentoida tiedot ylös: Sisäisen suunnittelun valvonta tai vaatimustenmukaisuuden arvioinnin hallintajärjestelmä, joista on tiedot kappaleessa 3.2. Seuraavassa kappaleessa käydään läpi sisäisen suunnittelun valvonta, jota on käytetty CEF160-puhaltimen teknisessä asiakirjassa.

5.3.1 Sisäisen suunnittelun valvonta

Sisäisen suunnittelun valvonnassa ensimmäisessä kohdassa vaaditaan kuvaus tuotteesta ja sen käyttötarkoituksesta. Tähän on hyvä liittää puhaltimesta tekninen piirroskuva mittoineen, sekä lyhyt selostus puhaltimen toimintaperiaatteesta ja käyttökohteesta erikoisvaatimuksineen. Ympäristöarvioinnissa on hyvä olla dokumentoinnit suunnitteluvaiheessa pohdituista vaihtoehdoista puhallintyyppiä, ja vertailut niiden ekologisuudesta käyttökohteessa.

Tuotteen ekologista profiilia luodessa tulee ottaa huomioon tuotteen ympäristövaikutukset sen koko elinkaaren aikana ja vaihtoehtoiset ratkaisut. Profiiliin vaikuttaa kaikki asiat raaka-aineen valinnasta tuotantotapoihin ja uusiokäyttömahdollisuuksiin. Ekologisen profiilin tekemisestä voi olla myös muuta hyötyä, kuin vaatimustenmukaisuuden täyttäminen. Ekologisia profiileja luodessa voi samalla ohjata suunnittelua oikeaan suuntaan ja muokata lopputulosta energiatehokkaammaksi ja ympäristöystävällisemmäksi. Ympäristösuunnittelunäkökohtiin liittyvät tuotesuunnitteluratkaisut, sekä kopio ympäristönäkökulmiin liittyvistä tiedoista tulee lisätä asiakirjaan.

Tuotteen valmistuksessa ja suunnittelussa edes osittain käytetyt standardit tulee myös listata asiakirjaan. Lopuksi lisätään tulokset testiajossa suoritetuista ekologisen suunnittelun mittauksista, ja tiedot näiden vaatimustenmukaisuudesta verrattuna ekologisiin vaatimuksiin. Vertaamalla saatuja arvoja ja niistä laskettua hyötysuhdetta lasketuun tavoitehyötysuhteeseen kyseisellä puhallintyyppillä, voidaan todeta täyttääkö puhallin ekologiset vaatimukset. Kappaleessa 6 on selitetty esimerkein tavoitehyötysuhteen ja hyötysuhteen laskeminen. Puhaltimen testiajossa tulisi mitata ainakin ottoteho, puhaltimen tuottama paine-ero, sekä tilavuusvirta muutamalla eri pyörimisnopeudella ja tehdä näistä laitoskäyrä. (Kautto ym. 2007, 10–16)

5.3.2 Vaatimustenmukaisuusvakuutus

Varmistuttuaan siitä, että tuote on vaatimusten mukainen, valmistaja täyttää vaatimustenmukaisuusvakuutuksen. Näin ollen valmistaja vakuuttaa tuotteensa olevan tehty uusimpien EU:n vaatimusten mukaan ja täyttävän vaadittavat ekologiset vaatimukset. Vaa-

timustenmukaisuusvakuutus liitetään osaksi tuotteen teknistä asiakirjaa. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksen (entinen EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus) on sisällettävä seuraavat yksityiskohtaiset tiedot:

1. ”valmistajan tai sen valtuutetun edustajan nimi ja osoite;
2. mallin kuvaus, joka riittää sen yksiselitteiseen tunnistamiseen;
3. tapauksen mukaan sovelletut yhdenmukaistetut standardit;
4. tapauksen mukaan muut käytetyt tekniset standardit ja eritelmät;
5. tapauksen mukaan viittaus muuhun sovellettuun yhteisön lainsäädäntöön, jossa säädetään CE-merkinnän kiinnittämisestä; ja
6. sen henkilön tunnistetiedot ja allekirjoitus, jonka allekirjoitus sitoo valmistajaa tai sen valtuutettua edustajaa.”

(EU:n direktiivi N:o 2009/125 liite VI)

6 OHJEISTUS LAITEKILVEN JA TEKNISEN ASIAKIRJAN TEKEMISEEN

Esimerkkitapauksena on käytetty Valmetin CEF160-puhallinta, jota ollaan asentamassa paperitehtaalla poistoilmapuhaltimeksi lämmöntalteenottotornin päälle.

6.1 Ohjeet tuotetietojen tekemiseen

Tuotetietoihin tulevat tiedot saadaan pääasiassa testiajossa tehtyjen mittausten pohjalta luodusta puhallinkäyrästä. Siitä voidaan lukea tilavuusvirta, ottoteho ja paineenkorotus optimaalisessa energiatehokkuuspisteessä. Lisäksi mittauksissa käytetty liitântätapa merkataan laitekilpeen. Liitântä tapaa kuvataan kirjaimilla A, B, C, D sen mukaan onko imu- ja painepuolella ollut ilmastointikanava kiinni vai oliko se vapaasti puhaltava. Tarkempi liitântätavan selitys löytyy kohdassa 6.1.2.

Hyötysuhteen laskemista ennen on hyvä laskea puhaltimen tavoitehyötysuhde, joka perustuu EU:n tutkimuksiin markkinoiden tämän hetkisestä parhaista hyötysuhteista puhallinteollisuudessa. Tavoitehyötysuhteen yli on päästävä, tai sitten suunniteltava parannuksia puhaltimeen niin, että hyötysuhde paranee. Tavoitehyötysuhteen laskemiseen tarvittavia tietoja ovat puhaltimen ottoteho ja puhaltimen tyyppi, sekä testausilanteessa käytetty liitântätapa. Lisäksi tarvitaan EU:n asetuksesta 327/2011 löytyvä taulukko (liite 1), josta etsitään puhallintyyppiä koskeva hyötysuhdeluokka ja –taso, sekä tavoitehyötysuhteen kaava kyseisellä puhallintyyppillä.

6.1.1 Hyötysuhde

Itse hyötysuhteen laskemiseen tarvitaan hieman enemmän tietoa ja kaavojen pyörittelyä. Puhaltimen yleisen hyötysuhteen kaavassa (kaava 1) on puhaltimen kaasuun kohdistama teho jaettu puhaltimen ottoteholla.

$$\eta_e = \frac{P_{us}}{P_e}$$

Kaava 1 Puhaltimen yleinen hyötysuhde

Puhaltimen ottoteho saadaan suoraan mitattua testiajossa, mutta puhaltimen kaasuun kohdistama teho pitää laskea seuraavasta kaavasta:

$$P_{us} = q \cdot P_{sf} \cdot k_{ps} \quad , \text{jossa:} \quad q = \text{tilavuusvirta puhaltimen läpi tyhjäkäynnillä}$$

$$P_{sf} = \text{puhaltimen staattinen paine} \quad k_{ps} = \text{Puristuvuuskerroin}$$

Kaava 2 Puhaltimen kaasuun kohdistama teho

Puhaltimen staattinen paine saadaan, kun sen kokonaispaineesta vähennetään dynaaminen paine. Kokonaispaine saadaan mittaamalla paine-ero imu- ja painepuolen välillä, ja dynaaminen paine saadaan laskettua kaavasta:

$$P_{dym} = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \quad , \text{jossa} \quad v = \text{ilman virtausnopeus puhaltimessa}$$

$$\rho = \text{ilman tiheys testi olosuhteissa}$$

Kaava 3 Dynaaminen paine

Virtausnopeutta ei tarvitse erikseen mitata, sillä sen saa tilavuusvirran ja imupuolen pinta-alan tietämällä seuraavalla kaavalla:

$$A_{paine} = \pi \cdot r^2 \quad , \text{jossa} \quad r = \text{imupuolen poikkileikkauksen säde}$$

$$v = \frac{q}{A_{paine}} \quad A_{paine} = \text{imupuolen poikkileikkauksen pinta-ala}$$

$$q = \text{tilavuusvirta}$$

Kaava 4 Pinta-ala ja virtausnopeus

Jos kyseessä ei ole täysin kokoon puristumaton kaasu, pitää sille laskea puristuvuuskerroin seuraavasta kaavasta:

puristuvuuskerroin $k_{ps} = \frac{pV_m}{RT}$,jossa	p =paine V_m =moolitilavuus R =kaasuvakio T =lämpötila kelvineinä
--	--------	--

Kaava 5 Puristuvuuskerroin

Kaavassa 5 tarvittavaa kaasun moolitilavuutta voi olla hankala löytää suoraan luotettavasta lähteestä, mutta sen voi laskea jos tietää kaasun moolimassan ja tiheyden:

$V_m = \frac{M}{\rho}$,jossa	M =moolimassa ρ =tiheys
------------------------	--------	-----------------------------------

Kaava 6 Moolitilavuus

6.1.2 Liitântätapa

Liitântätapa tarkoittaa puhaltimen imu- ja painepuolella käytettyjä liitântöjä. Liitântätapaa kuvataan kirjaimilla A, B, C ja D, sen mukaan millaisessa olosuhteessa puhaltimen hyötysuhteen laskennassa saadut testitulokset on ajettu. Liitântätavassa A puhallin on vapaasti imevä ja puhaltava, B:ssä vain puhaltimen paineaukkoon on kiinnitetty kanava, C:ssä puhaltimen imuaukkoon on kiinnitetty kanava, mutta puhallin on vapaasti puhaltava ja D:ssä sekä puhaltimen imu-, että painepuolelle on kiinnitetty kanava.

6.1.3 Hyötysuhdeluokka

Jos puhaltimessa on käytetty A tai C liitântätapaa, niin kyseessä on staattinen hyötysuhdeluokka. Jos taas testiajossa on käytetty B tai D liitântätapaa niin kyseessä on kokonaisyötysuhde.

6.1.4 Hyötysuhdetaso

Hyötysuhdetaso määritellään puhaltimen tyypin ja ottotehon mukaan. Se katsotaan taulukosta joka löytyy opinnäytetyön liitteestä(liite 1).

6.1.5 Taajuusmuuttaja

Jos puhaltimessa on valmiiksi sisäänrakennettu taajuusmuuttaja, tulee tuotetietoihin kirjoittaa ”puhaltimeen on integroitu taajuusmuuttaja”. Taajuusmuuttajan puuttuessa, se tulee erikseen asentaa puhaltimen asennuksen yhteydessä. Silloin seuraava teksti pitää lisätä tuotetietoihin: ”Puhaltimen kanssa on asennettava taajuusmuuttaja”.

6.2 CEF160-puhaltimen malliesimerkit tuotetiedoista

6.2.1 Hyötysuhde

Hyötysuhteen laskeminen: keskipakoispuhallin

Puhaltimen tavoite-energiatehokkuus perustuu ottotehoon sen optimaalisessa energiatehokkuuspisteessä. Sen laskemiseksi pitää tietää puhallintyyppi (esimerkkitapauksessa taaksepäin kaartuvilla siivillä varustettu koteloitu keskipakoispuhallin), puhaltimen otto-teho (esimerkkitapauksessa 150 kW) ja liitäntätapa testimenettelyissä (esimerkkitapauksessa C: puhaltimen imuaukkoon on kiinnitetty kanava ja puhallin on vapaasti puhaltava). Puhaltimen optimaalinen energiatehokkuuspiste saadaan laskettua puhallinkäyrästä. Esimerkkitapauksen testiajossa suoritettujen pisteiden mukaan on tehty puhallinkäyrästä (kuva 10), jonka avulla selvitetään puhaltimen optimaalinen energiatehokkuuspiste (η_{\max}).

Kun kyseiset tiedot tiedetään, valitaan taulukosta oikea rivi ja katsotaan kyseisen kohdan hyötysuhdetaso (esimerkissä hyötysuhdetaso on 61).

Taaksepäin kaartuvilla siivillä varustettu koteloitu keskipakoispuhallin	A, C	staattinen	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	61
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
	B, D	koko-naishyötysuhde	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	64
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	

Taulukko 1 Ote taulukosta (EU 327/2011 liite I), jossa on valittu oikeat tiedot. koko taulukko liitteenä.

$$P := 140 \quad (\text{kW}) \quad N := 61$$

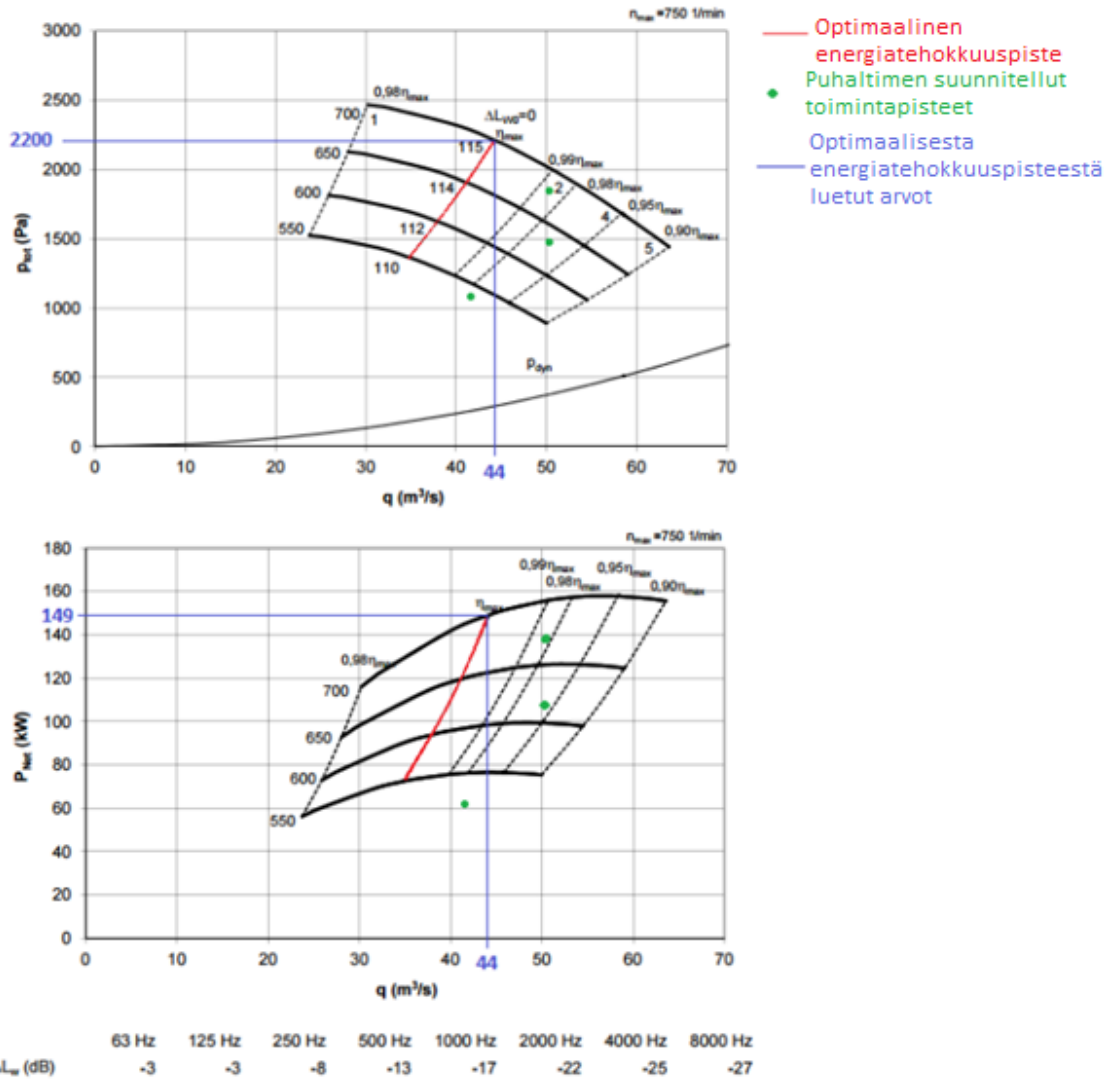
$$\eta_{\text{tavoite}} = 1.1 \cdot \ln(P) - 2.6 + N$$

$$\eta_{\text{tavoite}} := 1.1 \cdot \ln(140) - 2.6 + 61$$

$$\eta_{\text{tavoite}} = 63.836$$

Puhaltimen tavoite-energiatehokkuus on 63,8 %

Puhaltimen yleisen hyötysuhteen laskemisessa käytetään kappaleen 6.1.1 kaavoja. Puhaltimen suurimmassa suunnitellussa toimintapisteessä (kuvassa 6) sen nopeus on 685 kierrosta minuutissa, jolloin sen tuottama tilavuusvirta on 50 kuutiota sekunnissa ja paine-ero imu- ja painepuolen välillä on 1900 Pascalia. Puhaltimen ottoteho on tässä pisteessä hieman alle 140 kilowattia. Imupuolen säde on 0,8 metriä ja ilma testiajossa oli noin 20 °C . Näistä arvoista voidaan puhallinlakien (kaava 7) ja puhallinkäyrästä (kuvassa 6) avulla laskea optimaalisen energiatehokkuuspisteen arvot.



Kuva 6 CEF160-puhaltimen puhallinkäyrästä

Ylläolevaan puhallinkäyrästä on piirretty optimaalisesta energiatehokkuuspisteestä viivat ja luettu niitä kuvaavat arvot (teho, paine ja tilavuusvirta). Nämä arvot on saatu puhaltimen toimiessa 700 1/min kierrosnopeudella, ja puhallin on suunniteltu toimimaan 685 1/min kierrosnopeudella. Näiden pisteiden välinen ero lasketaan alla olevien puhallinlakien avulla.

$$q' = \left(\frac{D'}{D}\right)^3 \left(\frac{n'}{n}\right) \cdot q$$

$$p' = \left(\frac{D'}{D}\right)^2 \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \left(\frac{\rho'}{\rho}\right) \cdot p$$

$$P' = \left(\frac{D'}{D}\right)^5 \cdot \left(\frac{n'}{n}\right)^3 \cdot \left(\frac{\rho'}{\rho}\right) \cdot P$$

Kaava 7 Puhallinlait

Kaavasta voidaan jättää huomiotta D , D' , sekä p ja p' , sillä puhaltimen koko ja puhaltimen liikuttaman ilman tiheys pysyvät muuttumattomina ja antavat näin arvon 1.

Käyttämällä puhallinkäyrästä katsottua parasta hyötysuhteen pistettä 700 1/min, ja laskemalla vastaavat arvot suunnitellulle 685 1/min kierrosnopeudelle saadaan alapuolella olevan laskun mukaiset tulokset.

$$p := 2200 \cdot Pa$$

$$q := 44 \cdot \frac{m^3}{s}$$

$$P := 149 \cdot kW$$

$$n := 700 \cdot rpm$$

$$n' := 685 \cdot rpm$$

$$p' := \left(\frac{n'}{n}\right)^2 \cdot p = 2106.72 Pa$$

$$P' := \left(\frac{n'}{n}\right)^3 \cdot P = 139.6 kW$$

$$q' := \left(\frac{n'}{n}\right) \cdot q = 43.1 \frac{m^3}{s}$$

ALKUARVOT:

$$q := 43.1 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \rho := 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad P_e := 139.6 \cdot \text{kW}$$

$$r := 0.8 \cdot \text{m} \quad A_{\text{inlet}} := \pi \cdot (r)^2 = 2 \text{ m}^2 \quad v := \frac{q}{A_{\text{inlet}}} = 21.4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Puristuvuuskertoimen lisäksi tulisi huomioida Machin kerroin puhaltimen hyötysuhdetta laskettaessa. Esimerkitapauksen puhaltimessa on kuitenkin vain hieman alle 25 m/s virtausnopeus. Machin kerrointa ei ole huomioitu, sillä alle 100 m/s virtausnopeuksissa sen vaikutus on lähes mitätön (ECK 1972, 21).

PURISTUVUUSKERROIN: k_{ps}

P_{kor}	=paineenkorotus puhaltimessa	$P_{kor} := 2106.7 \cdot \text{Pa}$
p_i	=ilmanpaine	$P_i := 101.3 \text{ kPa}$
p	=kokonaispaine	$p := P_i + P_{kor} = 103406.7 \text{ Pa}$

$$k_{ps} = \frac{p \cdot V_m}{R \cdot T}, \text{ jossa}$$

M	=moolimassa	$M := 28.964 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{mol}}$
T	=lämpötila	$T := 293.15 \cdot \text{K}$
R	=kaasuvakio	$R := 8.314 \cdot \frac{\text{Pa} \cdot \text{m}^3}{\text{mol} \cdot \text{K}}$
V_m	=moolitilavuus	$V_m := \frac{M}{\rho} = 0.0241 \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}$

$$k_{ps} := \frac{p \cdot V_m}{R \cdot T} = 1.024$$

Puhaltimen loppupäässä on integroitu ulospuhallushajottaja, joka aiheuttaa dynaamiset painehäviöt. Näin ollen puhaltimen hyötysuhdetta laskettaessa käytetään puhaltimen kokonaispaineenkorotusta kaasun tehoa määriteltäessä.

KAASUN TEHO: P_{us}

$$P_{us} := q \cdot P_{kor} \cdot k_{ps} = 93.6 \text{ kW}$$

HYÖTYSUHDE: η_e

$$\eta_e := \frac{P_{us}}{P_e} \cdot 100 = 66.85$$

Puhaltimen kokonaishyötysuhde on 66,9 %, mikä ylittää tavoitehyötysuhteen 63,8 %. Näin ollen puhallin täyttää energiatehokkuuteen asetetut EU vaatimukset.

Puhallinkokonaisuuden hyötysuhde ulospuhallushajotin mukaan lukien on hieman pienempi, johtuen ulospuhalluksesta syntyvistä häviöistä. Puhallinkokonaisuuden hyötysuhde on laskettu alla:

DYNAAMINEN PAINE

$$P_{dyn} := \frac{v^2 \cdot \rho}{2} = 371 \text{ Pa}$$

STAATTINEN PAINE

$$P_{sf} := P_{kok} - P_{dyn} = 1529 \text{ Pa}$$

PURISTUVUUSKERROIN

$$k_{ps} := \frac{P \cdot V_m}{R \cdot T} = 1.022$$

KAASUN TEHO

$$P_{us} := q \cdot P_{sf} \cdot k_{ps} = 78.1 \text{ kW}$$

HYÖTYSUHDE

$$\eta_e := \frac{P_{us}}{P_e} \cdot 100 = 52.09$$

Puhallinkokonaisuuden hyötysuhteeksi saadaan 52,09 %. Suoraan verrattaessa muihin keskipakoispuhallin ratkaisuihin, puhallin jäisi selvästi jälkeen energiatehokkuudessa. Puhallin on kuitenkin sijoitettu suoraan lämmöntalteenottotornin huipulle, jolloin siihen ei tarvitse kiinnittää muita kanavia kuin integroitu ulospuhallushajotin. Perinteisen koteloidun keskipakoispuhaltimen asentaminen katolle olisi vaatinut paljon enemmän tilaa katolta ja lisäksi ylimääräisiä kanavia ja mutkia, mitkä aiheuttaisivat ylimääräisiä painehäviöitä.

6.2.2 Muut tuotetiedot

2. Testiajossa puhaltimessa oli imupuolelle asetettu kanava, mutta painepuolelle ei. Puhaltimen liitäntätapa on siis C.
3. Liitäntätapaa C käytettäessä hyötysuhdeluokka on staattinen.
4. Hyötysuhdetaso määritetään taulukosta 1 ja kyseiselle puhaltimella se on 61.
5. Puhaltimeen on integroitu taajuusmuuttaja.
6. Valmistusvuosi 2017
7. Valmistaja Valmet Oy
8. Tuotteen mallinumero: CEF160-17005
9. Moottorin nimellinen ottoteho on 139,6 (kW), virtausnopeus 21.4 (m/s) ja paine 2107 (Pa) optimaalisella energiatehokkuudella.
10. Kierrosnopeus minuutissa optimaalisessa energiatehokkuuspisteessä on 685 1/min.
11. Ominaisuusuhde: Ominaisuusuhde saadaan jakamalla puhaltimen paineaukolla sijaitsevan staattisen ja dynaamisen paineen summa imuaukon staattisen ja dynaamisen paineen summalla. Alla olevassa kuvassa on laskettu CEF-puhaltimen ominaisuusuhde. Ominaisuusuhdeksi saatiin 1,02.

P_{kor} =paineenkorotus puhaltimessa	$P_{kor} := 2106.7 \cdot Pa$
P_i =ilmanpaine	$P_i := 101.3 \text{ kPa}$
p =kokonaispaine	$p := P_i + P_{kor} = 103406.7 \text{ Pa}$
$ominaissuhde := \frac{p}{P_i} = 1.0208$	

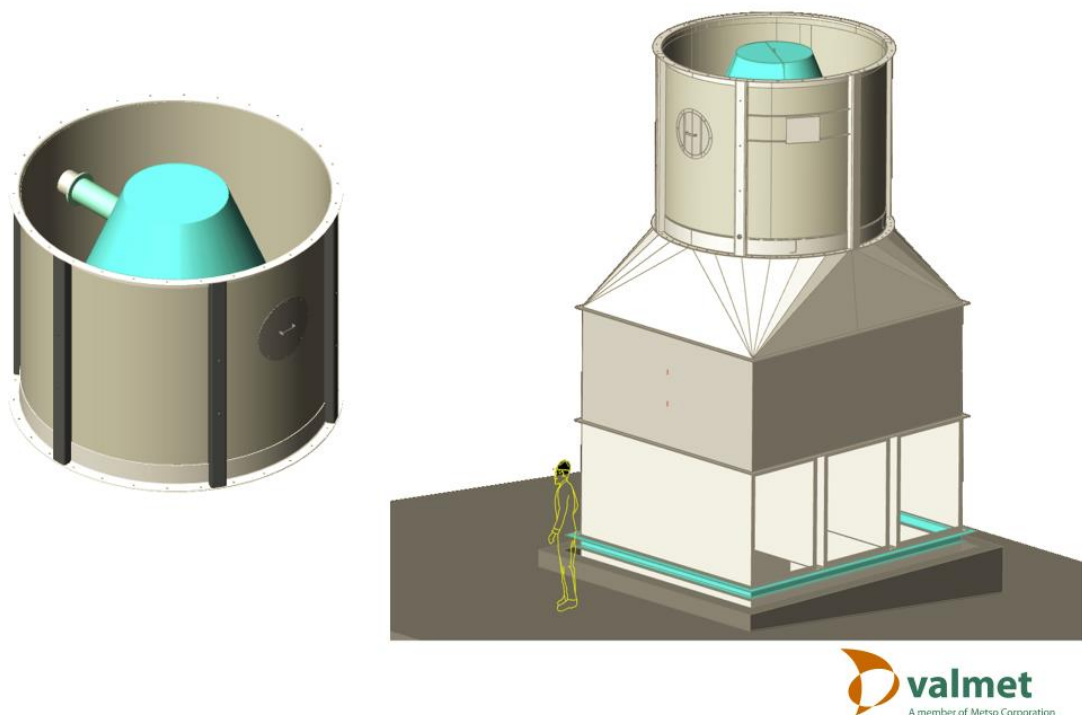
12. Paperikoneen kokonaismassasta lähes 98 % on metalleja. Metallit ovat 100 % kierätettäviä. Niiden uudelleenkäyttö on ollut normaalia toimintaa jo kauan. Metallien kierätys on hyvin organisoitua teollisuusmaissa ja kehittyvissä paperiteollisuutta rakenta-

vissa maissa. CEF-puhallin on valmistettu yleisimmin ruostumattomasta tai haponkestävästä teräksestä. Ruostumatonta ja haponkestävää terästä sekä värillisiä metalleja kierrättävät siihen erikoistuneet yhtiöt. Merkittävä osa kaikista metalleista palautuu uudelleenkäyttöön. CEF-puhaltimen sähkömoottoriin noudatetaan sähkö- ja elektroniikkaroomun voimassaolevia asetuksia. Suurien oikosulkumoottoreiden kierrätys on hyvin organisoitua. (Paavo Sairanen Valmet Oy sähköpostiviestistä)

13. Valmetilla on CEF-puhaltimille kattavat ja hyvät käyttö-, asennus- ja huolto-ohjeet.

14. Puhallin asennetaan lämmöntalteenottotornin päälle.

CEF – Chamber Exhaust Fan



Kuva 7 Piirustus CEF-puhaltimesta käyttökohteeseen asennettuna. (Paavo Sairanen Sähköposti)

6.3 Laitekilpi

Tuotetietojen valmistuttua on aika tilata laitekilpi koneeseen. Suurilla valmistajilla on yleensä valmiina pohja laitekilven tekemiseen ja yritys tai osasto, joka hoitaa laitekilven valmistuksen. Laitekilpeen tulevat tiedot taulukoituna alapuolella. Liitteenä on myös kuva

tilatusta laitekilvestä. CEF160-puhaltimen laitekilpi tilattiin RHT-kaiverrus nimisestä yrityksestä.

Tilavuusvirta:	50 m ³ /s
Kierrosnopeus:	685 1/min
Ottoteho:	150 kW
Paineenkorotus:	1900 Pa
Hyötysuhde:	66,85 %
Liitântätapa:	C
Hyötysuhdeluokka:	61
Hyötysuhdetaso:	staattinen
Puhaltimeen on integroitu taajuusmuuntaja	

Taulukko 2 Laitekilpeen tulevat tiedot

7 YHTEENVETO

EU pyrkii jatkuvasti uudistamaan vaatimuksiaan vastaamaan nykyaikaa. Teollisuuspuhaltimien teknisen kehittymisen myötä niiden energiatehokkuusvaatimuksia on nostettu, tavoitteena vähentää Euroopan talousalueen sähkönkulutusta. Näitä vaatimuksia koskevia asetuksia sekä direktiivejä tarkastellaan ja tarvittaessa luodaan uusia. Suomen standardisoimisliitto SFS seuraa jatkuvasti EU:n tekemiä päätöksiä ja myy julkaisua, jonka avulla on helppo pysyä ajan tasalla muutoksista. Tällä hetkellä uusimmat puhaltimia koskevat EU:n päätökset ovat direktiivi 2009/125 ja asetus 327/2011.

Teknisen asiakirja-aineiston luominen kuuluu vaatimusten mukaisesti valmistettuun teollisuuspuhaltimeen. Teknisen asiakirjan kokoaminen tulee aloittaa jo puhaltimen suunnitteluvaiheessa. Puhallinta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon ympäristönäkökulmat koko puhaltimen elinkaaren aikana, aina raaka-aineiden valinnasta kierrätykseen ja uusiokäyttöön. Riskien arviointi sekä tuotteen valmistus-, että käyttövaiheessa tulee tehdä, ja vaarallisiksi osoittautuvat riskit poistaa. Suunnitteluvaiheessa tehdyt ratkaisut tulee dokumentoida EU:n ohjeiden mukaan. Tekniseen asiakirjaan kuuluu lisäksi puhaltimen tuotetiedot, EU:n vaatimustenmukaisuusvakuutus, sekä ohjeet puhaltimen asennukseen, käyttöön, huoltoon ja kierrätykseen. Puhaltimen tuotetiedot pitää olla myös saatavilla valmistajan Internet-sivuilla.

CEF160-puhaltimen päivitetty tekninen asiakirja löytyy opinnäytetyön liitteenä. Suurimmat puutteet olivat tuotetietojen puuttuminen, kierrätystä koskevat ohjeet, ja suunnitteluvaiheen dokumentoinnit. Puhaltimen tuotetietojen laskuja on käytetty malliesimerkkeinä selkeyttämään tuotetietojen laskukaavojen ratkaisua.

LÄHTEET

Eck. B 1972 Fans Guildford Great Britain: Biddles.

Euroopan komissio 2015. Koneista ja direktiivin 95/16/EY muuttamisesta annetun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2006/42/EY täytäntöönpanoon liittyvä komission tiedonanto (Unionin yhdenmukaistamislainsäädännön soveltamisalaan kuuluvien yhdenmukaistettujen standardien otsikot ja viitenumerot) 2015/C 054/01.

Euroopan komissio 2016 Sininen opas – EU:n tuotesääntöjen täytäntöönpano-opas. Viitattu 16.1.2017. https://www.sfs.fi/files/7875/BLUE_GUIDE_2014_FI.pdf .

EUROOPAN parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY, annettu 21 päivänä lokakuuta 2009, energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista. Viitattu 19.1.2017

Kautto, P.; Nissinen, A. & Kosola, M. 2007 Kuinka EuP-laki vaikuttaa ympäristöön? Energiaa käyttävien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista annetun direktiivin vaikutusten arviointi Petrus Kautto Ari Nissinen Marja-Leena Kosola. Viitattu 26.3.2017. [http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/B8D09C50E6BA413DC22572DB003F438D/\\$file/EuPA_SYKE_080507%20lopullinen%20selvitys%20pdf.pdf](http://ktm.elinar.fi/ktm_jur/ktmjur.nsf/All/B8D09C50E6BA413DC22572DB003F438D/$file/EuPA_SYKE_080507%20lopullinen%20selvitys%20pdf.pdf).

Komission asetus (EU) N:o 327/2011, annettu 30 päivänä maaliskuuta 2011, Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/125/EY täytäntöönpanemisesta ottoteholtaan vähintään 125 watin ja enintään 500 kilowatin moottoreilla varustettujen puhaltimien ekologista suunnittelua koskevien vaatimusten osalta. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0327>.

Stora Enso 2015. Viitattu 12.4.2017. <http://renewablepackaging.storaenso.com/about-us/mills/imatra-mill/finnish#millContacts>)

Suomen standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 28.3.2017. http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/palvelut/tietopalvelut/direktiivipalvelu

Suomen standardisoimisliitto SFS ry Viitattu 8.2.2017. http://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/sfs_en_iso .

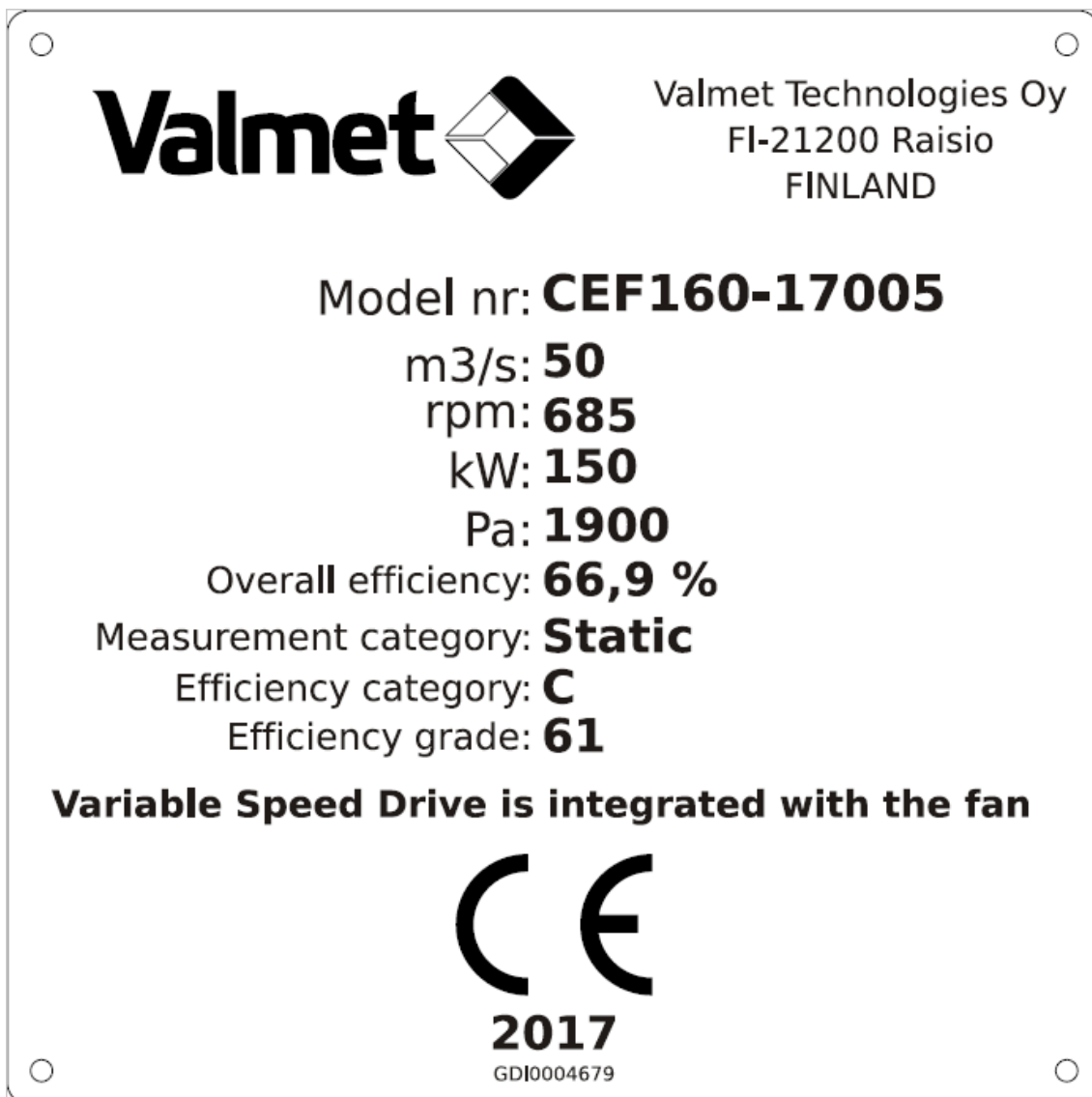
Tukes 2016. EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus. Viitattu 13.2.2017. <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/vaatimustenmukaisuusvakuutus/>

Valmet 2017. Valmet yleisesitys 2017. Viitattu 12.4.2017. Saatavilla sähköisesti osoitteessa http://www.valmet.com/globalassets/about-us/valmet-in-brief/valmet-general-presentation_2017_fin.pdf.

Liitteet

Puhallintyytit	Liitännätapa (A-D)	Hyötysuhdeluokka (staattinen tai kokonaishyötysuhde)	Tehoalue P kilowatteina	Tavoite-energiatehokkuus	Hyötysuhdetaso (N)
Aksiaalipuhallin	A, C	staattinen	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	40
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
	B, D	kokonaishyötysuhde	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	58
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
Eteenpäin kaartuvilla siivillä varustettu keskipakopuhallin ja radiaalisiivillä varustettu keskipakopuhallin	A, C	staattinen	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	44
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
	B, D	kokonaishyötysuhde	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 2,74 \cdot \ln(P) - 6,33 + N$	49
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 0,78 \cdot \ln(P) - 1,88 + N$	
Taaksepäin kaartuvilla siivillä varustettu koteloinaton keskipakopuhallin	A, C	staattinen	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	62
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
Taaksepäin kaartuvilla siivillä varustettu koteloitu keskipakopuhallin	A, C	staattinen	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	61
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
	B, D	kokonaishyötysuhde	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	64
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
Sekavirtauspuhallin	A, C	staattinen	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	50
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
	B, D	kokonaishyötysuhde	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 4,56 \cdot \ln(P) - 10,5 + N$	62
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,1 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	
Ristivirtapuhallin	B, D	kokonaishyötysuhde	$0,125 \leq P \leq 10$	$\eta_{\text{tavoite}} = 1,14 \cdot \ln(P) - 2,6 + N$	21
			$10 < P \leq 500$	$\eta_{\text{tavoite}} = N$	

Taulukko 3 Puhaltimien energiatehokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset.



Kuva 8 Tilattu laitekilpi