

**LVIA-SUUNNITTELUOHJEIDEN LAATIMINEN KOULURAKEN-
NUKSIIN**

Juuso Karhumaa
Opinnäytetyö (ylempi AMK)
Kevät 2025
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma (ylempi AMK)

Tekijä: Juuso Karhumaa

Opinnäytetyön otsikko: LVIA-suunnitteluohjeiden laatiminen koulurakennuksiin

Työn ohjaajat: Kari Heiskari, Tomi Jäävirta

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2025

Sivumäärä: 52 + 4 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia selkeä ja yhteneväiset LVIA-suunnitteluohjeet helpottamaan suunnitteluohjausprosessissa lähtötietojen läpikäymistä tilaajan ja suunnittelijan kanssa. Tarkoituksena oli myös tunnistaa ja etsiä ratkaisuja nykyisiin suunnitteluohjausprosessin epäkohtiin.

Teoriapohjana perehdyttiin koulurakentamisen, määräysten ja ohjeiden kehittämiseen eri aikakausina sekä voimassa oleviin asetuksiin. Työssä perehdyttiin lisäksi LVIA-tekniikan näkökulmasta opetushallituksen käsitöiden oppimisympäristöjen suunnitteluohjeisiin ja koulurakennuksien erityispiirteisiin.

Työssä laadittiin suunnitteluohjeistus koulurakennuksiin, joka toimii suunnittelunohjauksessa asiakirjana lähtötietojen määrittämisessä suunnittelijalle sekä suunnitteluratkaisujen läpikäymisessä tilaajan kanssa. Lisäksi kehitettiin selkeät ja helposti käytettävät mallipohjat suunnitelmapaketeista ja suunnitelmakatselmuksen pöytäkirjasta. Suunnitteluohjeistusta ja mallipohjia ei julkaista osana opinnäytetyötä.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services

Author: Juuso Karhumaa

Title of thesis: Preparation of HVAC Design Guidelines for School Buildings

Supervisors: Kari Heiskari, Tomi Jäävirta

Term and year when the thesis was submitted: spring 2025

Number of pages: 52 + 4 appendices

The aim of the thesis was to create clear and consistent HVAC design guidelines to facilitate the review of initial data between the client and the designer during the design guidance process. The purpose was also to identify and seek solutions to current issues in the design guidance process.

The theoretical basis involved studying the development of school construction, regulations, and guidelines across different eras, as well as current regulations. Also the design guidelines for learning environments in handicrafts and the specific characteristics of school buildings from the perspective of HVAC technology were examined.

As a result of the thesis work the design guidelines for school building were produced. This guideline serves as a document in the design guidance process for defining initial data for the designer and reviewing design solutions with the client. Furthermore, clear and easy-to-use templates for design packages and design review minutes were developed. The design guidelines and templates are not published as part of the thesis.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
2 KOULURAKENTAMINEN SUOMESSA.....	7
2.1 Määräykset.....	8
2.1.1 Voimassa olevat asetukset.....	10
2.1.2 Rakentamislaki 2025	11
2.1.3 Opetushallituksen ohjeet	14
2.1.4 Sisäilmastoluokitus 2018	14
2.2 LVI-tekniikka.....	16
2.2.1 Lämmitystekniikka	16
2.2.2 Vesi- ja viemäritekniikka	18
2.2.3 Ilmanvaihtotekniikka	20
3 KOULUJEN ERITYISPIIRTEET LVIA-SUUNNITTELUSSA	23
3.1 Painesuhteiden hallinta	23
3.2 Opetusrakennusten paloturvallisuus	25
3.3 Muuntojoustavuus	25
3.4 Monikäyttötilat	27
3.5 Erityistilat ja -järjestelmät.....	27
3.5.1 Käsityön oppimis- ja työympäristöt	28
3.5.2 Purun- ja pölynpoistojärjestelmä.....	30
3.5.3 Kohdepoistot	31
3.5.4 Kaasu- ja paineilmajärjestelmät.....	34
3.5.5 ATEX-tilat ja -laitteet.....	36
4 LVIA-SUUNNITTELUOHJAUSPROSESSI.....	40
4.1 Ehdotussuunnittelu- ja laskentavaihe	41
4.2 Yleis- ja toteutussuunnittelu	43
5 LVIA-SUUNNITTELUOHJAUKSEN DOKUMENTIT	44
5.1 Suunnitteluohjeistus	45
5.2 Suunnitelmapakettijako	45

5.3	Suunnitelmakatselmus	46
6	POHDINTA	47
	LÄHTEET	48
	LIITTEET	53

1 JOHDANTO

Koulurakentaminen poikkeaa monin tavoin omaperustaisesta asuntorakentamisesta tai pitkälle konseptoidusta hoivatarakentamisesta. Haasteellisuutta koulurakentamiseen tuo se, että jokainen koulu on pitkälti yksilöllinen ja sisältää erikoistiloja, jotka vaativat erikoisempaa LVIA-tekniikkaa. Koulurakennusten tulisi vastata myös tulevaisuuden tarpeisiin ja usein palvelevat lisäksi muussakin käytössä kuin vain koulun opetuskäytössä.

Opinnäytetyön toimeksiantajana on Rakennusliike Lapti Oy. Rakennusliike Laptilla on pitkä historia asunto- ja hoivarakentamisessa. Yrityksen pääpaino on ollut pitkään omaperustaisessa asuntorakentamisessa. Vuonna 2022 alkanut rakennusalan taantuma, erityisesti asuntorakentamisen hiipumine pakotti rakennusliikkeen kääntämään katseet asuntorakentamisesta vahvasti muuhun urakointiliiketoimintaan. Rakennusliike Lapti on ottanut jo vahvaa jalansijaa yhteiskuntakiinteistöjen rakentamisessa. Kasvava yhteiskuntakiinteistöjen urakointimäärä vaatii tehokkaampia ja valmiita työkaluja myös talotekniikan suunnitteluohjaukseen suunnitteluprosessien läpiviemiseen.

Opinnäytetyössä on tarkoitus laatia ja kehittää LVIA-suunnitteluohjeet koulurakentamiseen rakennusliikkeelle sekä tunnistaa ja etsiä ratkaisuja nykyisiin suunnitteluohjausprosessin epäkohtiin. Tavoitteena on luoda rakennusliikkeelle selkeät ja yhteneväiset LVIA-suunnitteluohjeet ja -ratkaisut, jotka tehostavat koulurakentamisen suunnitteluohjausprosessissa lähtötietojen läpikäymistä suunnittelijan sekä tilaajan kanssa.

Työn lähestymistapa on konstrukttiivinen tutkimus, joka perustuu olemassa olevaan teoreettiseen ja empiiriseen tietoon. Työn menetelminä käytetään mm. haastatteluja, ryhmäkeskusteluita ja kirjallisuuskatsausta. Kirjallisuuskatsauksella analysoidaan olemassa olevaa suunnitteluun vaikuttavaa lainsäädäntöä, perehdytään mitoituspohjaisiin, pätevyysvaatimuksiin ja opetushallituksen suunnitteluohjeisiin.

2 KOULURAKENTAMINEN SUOMESSA

Koulurakentamisella Suomessa on jo pitkät perinteet. Koulurakentaminen alkoi jo 1800-luvun puolivälin jälkeen, jolloin pienempiä maaseutukouluja pystytettiin talkoilla tai tyyppiinustusten perusteella. Suurempien koulujen suunnittelussa oli arkkitehti mukana alusta lähtien. Arkkitehdit olivat usein valtion tai kunnan palveluksessa. Koulurakentamisen suunnittelua alettiin kilpailuttaa jo 1900-luvun alusta, kun koulujen suunnittelu muuttui yhä haastavammaksi, josta lähtien kilpailutus on säilynyt nykypäiviin asti. (Arkkitehtuurimuseo s.a. a.)

Peruskouluun siirtyminen tapahtui 1970-luvulla, jolloin myös pedagogiset menetelmät muuttuivat. Peruskoulujen luokkaopetuksen rinnalle tuli suuryhmä-, pienryhmä- ja yksilöllinen opetus, mikä edellytti myös koulurakennuksilta joustavuutta ja muunneltavuutta. Vanhoja koulurakennuksia saneerattiin peruskouluun soveltuvaksi. Uusiin kouluihin rakennettiin koulun yhteisiä kokoontumia varten auditorioita ja kirjastoja lukusaleineen. (Arkkitehtuurimuseo s.a. b.)

Rakennusten suunnittelua hallitsivat kuitenkin 1970-luvulla tarkat määräykset ja mitoitukset. Arkkitehdille jäi paljon aiempaa vähemmän mahdollisuuksia vaikuttaa rakennusten ulkoasuun ja ilme muuttui anonyymiksi. Monitoimitalojen rakentaminen ja monikäyttöisyyden suosiminen alkoi myös 1970-luvulla, jotta rakennuksista saataisiin mahdollisimman monikäyttöisiä ja kaikki hyöty. (Arkkitehtuurimuseo s.a. b.)

Tänäkin päivänä koulurakennusten suunnittelua ohjaa ja määrää runsas joukko määräyksiä ja ohjeita samaan tapaan kuin muutakin rakentamista. Opetusrakennusten suunnitteluun osallistuu monen eri erityisalojen asiantuntijoita sekä käyttäjiä. Tässä korostuu projektin johtaminen, jotta kaikki saadaan niputettua sujuvasti yhteen kokonaisuuteen.

Koulurakennusten rakentamisessa käytetään paljon KVR-urakkamuotoa eli kokonaisvastuurakentamista sekä yhteistoiminnallista KVR-urakkaa, jossa on otettu useammasta hankemuodosta parhaita puolia.

KVR-urakka on urakkamuoto, jossa yksi urakoitsija vastaa sekä rakennushankkeen suunnittelusta että toteutuksesta. Tämä urakoitsija laatii suunnitelmat tilaajan tavoitteiden pohjalta ja toteuttaa projektin sovitussa aikataulussa ja budjetissa. (Kaunisvirta 10.3.2024.)

2.1 Määräykset

Koulurakentamista ja suunnittelua ohjaavat sekä ovat ohjanneet ohjeet ja määräykset. Tänä päivänä koulurakentamisen LVI-suunnittelua ohjataan mm. ministeriön asettamilla asetuksilla ja asetuksien oppailla, opetushallituksen ohjeilla, Finvac Ry:n julkaisemilla oppailla sekä sisäilmayhdistyksen julkaisemalla sisäilmastoluokituksella.

Ensimmäiset talotekniikan ohjeet, Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet, julkaistiin vuonna 1954. Normaaliohjeista julkaistiin uusittu painos 1966. Myöhemmin 1970-luvulla julkaistiin rakentamismääräyskokoelma, joka käsitti myös LVI-tekniikkaa koskevia määräyksiä. Normaaliohjeet ja myöhemmin julkaistut rakentamismääräyskokoelman LVI-tekniikkaa käsittelevät osat esittivät lain vaatiman minimitason. Suunnittelijat ovat nojautuneet kuitenkin pitkälti määräyksiin ja ohjeisiin. Tämä on johtanut siihen, että määräystasosta on muodostunut usein maksimitaso, vaikka lopputulos ei olisikaan aina hyvä. (Sainio s.a. a.)

Taulukossa 1 on esitetty normaaliohjeiden ja rakentamismääräyskokoelman ilmamäärien vertailu eri versioiden välillä (Sainio s.a. a). Taulukosta nähdään, että esimerkiksi luokkahuoneiden ilmamäärä on kaksinkertaistunut ensimmäisistä ohjeista.

TAULUKKO 1. Ilmamäärien vertailu eri vuosikymmenillä (Sainio s.a. a)

	Normaaliohjeet v.1954		Normaaliohjeet v.1966		RakMk 1978		RakMk 2012	
	dm ³ /s/ m ²	dm ³ /hlö	dm ³ /s/ m ²	dm ³ /hlö	dm ³ /s/ m ²	dm ³ /hlö	dm ³ /s/ m ²	dm ³ /hlö
Luokkahuoneet	1,67		1,67	4,17	3 ¹		3	6

(jatkuu)

TAULUKKO 1. (jatkuu)

Käytävät, aulat	1,11		1,11		0,8		4	
Voimistelusalit	1,67	8,33	1,67	13,88	2		2	
Juhlasalit	4,17	6,95	5,55	6,95	8		6	6
Pukuhuoneet	2,78		4,17		4		4	
Suihkuhuoneet		13,9		41,6		12	5	
WC		13,9		13,9		16		20

Rakentamismääräyskokoelmaa on päivitetty useampaan kertaan vuosien varrella. Esimerkiksi rakennusmääräyskokoelman osaa D2 rakennusten ilmanvaihto on päivitetty julkaisemisen 1976 jälkeen viisi kertaa. Rakentamismääräyskokoelman osa D LVI ja energiatalous olivat voimassa vuoden 2017 loppuun saakka, kunnes uudet ympäristöministeriön asettamat asetukset korvasivat ne. (Ympäristöministeriö s.a. a.)

Rakentamismääräyskokoelmat koskevat perinteisesti vain uudisrakentamista. Ellei määräyksissä ole erikseen toisin määrätty, niin korjausrakentamisessa määräyksiä on sovellettu korjausrakentamisen laajuus ja laatu sekä käyttötarkoituksen muutos huomioon ottaen. (Ympäristöministeriö s.a. a.)

Rakentamislaki 751/2023 määrittelee yleisesti rakentamista koskevat asiat kuten rakentamisen edellytykset, tekniset vaatimukset, rakennuslupamenettelyn ja viranomaisvalvonnan (Ympäristöministeriö s.a. a.). Rakennuslain kuudennessa pykälässä määrätään siitä, että ympäristöministeriön on ylläpidettävä rakentamismääräyskokoelmaa, joka sisältää rakentamislain nojalla asetetut rakentamista koskevat säännökset ja määräykset sekä ministeriön ohjeet (Rakentamislaki 751/2023, 6 §).

2.1.1 Voimassa olevat asetukset

Uuden rakentamislain myötä on odotettavissa päivityksiä myös tällä hetkellä voimassa oleviin ympäristöministeriön asetuksiin.

Tällä hetkellä voimassa olevat asetukset, jotka suurelta osin määräävät LVI- ja energiasuunnittelua ja rakentamista, ovat (Ympäristöministeriö s.a. a).:

- 1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta
- 782/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta
- 1047/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistoista
- 1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta
- 1048/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta
- 484/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta.

Näissä vuonna 2018 voimaan astuneissa ympäristöministeriön asetuksissa vastuuta erityissuunnittelijoille lisättiin ja varsinaisista asetuksista jäi pois paljon sellaista asiaa, mitä oli korvatuissa rakentamismääräyskokoelman osissa. Asetukset eivät juuri ota kantaa suoraan koulurakentamiseen, muutoin kuin yleisesti asetuksilla, jotka koskevat kaikkea rakentamista. Määräysten lisäksi suunnittelun ja rakentamisen tueksi määräysten tulkintaan on jokaiselle asetukselle laadittu perustelumuihistio sekä lisäksi lukuisia ohjeita, jotka on koottu ympäristöministeriön sivuille.

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) ei anneta enää mitoitusarvoja taulukkomuodossa kuten aiemmin, vaan asetuksessa annetaan minimiulkoilmavirta henkilöä sekä pinta-alaa kohti. Asetuksen 3. luvun 9 §:n mukaan minimiulkoilmavirta henkilöä kohden on 6 dm³/s ja kuitenkin koko rakennuksen ulkoilmavirta vähintään 0,35 dm³/s neliötä kohti. Pykälän 10 mukaan ilmavirtoja täytyy voida ohjata käyttötilannetta

vastaavasti kuormituksen tai ilmanlaadun mukaan. Käyttöajan ulkopuolella muun kuin asuinrakennuksen ulkoilmavirran on oltava 0,15 dm³/s neliötä kohti ja ilman täytyy vaihtua rakennuksen kaikissa tiloissa. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.)

Asetuksien päivittämisen aikaan vuonna 2017 ympäristöministeriön toimeksianosta käynnistettiin hanke, jonka tuotoksena FINVAC julkaisi kaksi opasta ilmanvaihdon mitoittamiseen. Toinen opas on asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoittamiseen ja toinen muiden kuin asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoittamiseen. Opissa esitetyt ohjeet ovat muodostuneet ikään kuin asetuksen minimiarvoiksi ilmavirtojen mitoittukselle. (FINVAC ry s.a.)

Takavuosien ongelmia erillispoistojen vaatiman korvausilman järjestämisestä on otettu huomioon ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017). Asetuksen 3. luvun 22. §:n mukaan erityissuunnittelijan suunniteltava erillispoistojen ja tulisijojen tarvitsema lisäulkoilmavirran saanti niiden käytön aikana siten, että rakennuksen painesuhteet eivät muutu haitallisesti ja ilmanvaihtojärjestelmä toimii hallitusti. Lisäksi ulko- ja ulospuhallusilmavirrat on suunniteltava 21. §:n mukaan niin, ettei ylipaineesta aiheudu rakenteisiin vaurioita esimerkiksi pitkäaikaisen kosteusrasituksen vuoksi tai epäpuhtauksien leviämistä rakenteista liiallisen alipaineen seurauksena. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.) Käytännössä asetukset ovat ohjanneet ilmavirtojen suunnittelun tasapainotilanteeseen.

2.1.2 Rakentamislaki 2025

Vuoden 2025 alussa astui voimaan uusi rakentamislaki 751/2023, joka korvasi edellisen maankäyttö- ja rakennuslain (MRL 132/1999). Rakentamislaki hyväksyttiin eduskunnassa 1.3.2023, mutta siihen tehtiin seuraavan hallituksen aikana jo muutoksia ennen lain voimaan tuloa. Korjaussarjaksi kutsutuissa muutoksissa kevennettiin byrokratiaa ja hallinnollista taakkaa sekä selkeytettiin valitusoikeutta. Rakentamislain määrittämät tietomallimuotoinen rakentamislupa,

hiilijalanjälkilaskenta sekä rakentamisluvan käsittelyaikataulutakuu tulevat voimaan 1.1.2026. (Ympäristöministeriö s.a. b.)

Rakentamislain luvussa 4 määritellään olennaiset tekniset vaatimukset muun muassa rakennuksien energiatehokkuudelle, ääniolosuhteille, käyttöturvallisuudelle, lujuudelle, paloturvallisuudelle ja terveellisyydelle (Ympäristöministeriö s.a a).

Rakentamislain (751/2023) 61 §:n mukaan rakentamislupahakemukseen on liitettävä ilmastaselvitys (Rakentamislaki 751/2023). Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta (1027/2024) määrittelee, miten ja mitä asioita ilmastaselvityksessä on esitettävä. Ilmastaselvitykseen sisältyvän vähähiilisuuden arviointi sisältää rakennuksen ja rakennuspaikan hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen arvioinnin. Talotekniikan osalta arviointi tehdään kansallisen päästötietokannan tyyppillisten rakennustyyppien määrätiedoilla. Tyyppillisiä määrätietoja voidaan korvata todellisilla määrätiedoilla kokonaan tai osittain. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta 1027/2024.) Asetus astuu voimaan 1.1.2026.

Lausuntokierroksella oleva valtioneuvoston asetusluonnos uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvoista määrittelee rakennustyypeittäin rakennusten hiilijalanjäljen raja-arvot. Hiilijalanjäljen raja-arvon yksikkö on $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$. Opetusrakennusten ja päiväkodin hiilijalanjälki ei saa ylittää raja-arvoa $20 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$ vuosina 2026–2027. Vuodesta 2028 alkaen raja-arvo opetusrakennuksissa on $18 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$. (Valtioneuvoston asetus uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvoista, luonnos). Asetusluonnoksen raja-arvot ovat kokonaisarvoja, jotka sisältävät myös talotekniikan aiheuttaman hiilijalanjäljen.

Rakentamislain (751/2023) 82. §:ssä säädetään suunnittelutehtävien vaativuuksluokista. Suunnittelutehtävien vaativuuksluokkia on viisi: vähäinen, tavanomainen, vaativa, erittäin vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Kelpoisuusvaatimukset suunnittelutehtäviin määritetään rakentamislain 83. §:ssä. Kelpoisuusvaatimukseen sisältyy vähäinen suunnittelutehtävä pois lukien koulutusvaatimus. Koulutusvaatimuksen lisäksi edellytetään vaativissa ja sitä korkeammassa luokissa myös työkokemusta. Rakentamislain mukaan suunnittelijan on osoitettava

ympäristöministeriön valtuuttaman toimijan todistuksella pätevyys tavanomaiseen, vaativaan, erittäin vaativaan ja poikkeuksellisen vaativaan suunnittelutehtävään. Suunnittelutehtävien vaativuusluokka määräytyy lain mukaan noin 19 kriteerin perusteella. Vaativuusluokituksen vaikuttavat mm. rakennuksen toiminnalliset ja tekniset vaatimukset, arkkitehtonisuus, rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitus, rakennuksen koko, terveellisyys ja energiatehokkuus. Samassa rakennuksessa voi olla eri vaativuusluokkiin kuuluvia tehtäviä. (Rakentamislaki 751/2023.)

Suunnittelutehtävien vaativuusluokkien määrittelyä varten on annettu valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien ja työnjohtotehtävien vaativuusluokkien määrytyksestä sekä tehtävissä edellytettävistä koulutuksista (1063/2024). Ilmanvaihdon ja vesi- ja viemärisuunnittelutehtävä on vaativa, jos se suunnitellaan yli kolmikerroksiseen asuinkerrostaloon tai yli kaksikerroksiseen muun käyttötavan rakennukseen. Asetus ja asetuksen perustelumuuisto jättää hieinan tulkinnan varaa ilmanvaihdon ja vesi- ja viemärilaitteiston suunnittelutehtävien vaativuusluokituksen. Asetuksen 1063/2024 perustelumuuisto määrittelee erittäin vaativan ilmanvaihdon suunnittelutehtävän seuraavasti:

Ilmanvaihdon suunnittelutehtävän katsotaan olevan erittäin vaativa, jos ilmanvaihdon suunnittelutehtävä on erittäin vaativa, jos ilmanvaihdon on täytettävä erittäin korkeat tekniset tai toiminnalliset vaatimukset suunniteltavan rakennuksen käyttötarkoituksen, sisäilmaston tavoitetaso tai muun ominaisuuden vuoksi. Tehtävän katsotaan olevan myös erittäin vaativa, jos suunnittelu edellyttää vaativien suunnittelu-, laskenta- tai mitoitusmenetelmien käyttöä.

Poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävän katsotaan olevan silloin, jos vastavasti ilmanvaihdon on täytettävä poikkeuksellisen korkeat tekniset ja toiminnalliset vaatimukset tai on käytettävä erittäin vaativia suunnittelu-, laskenta- tai mitoitusmenetelmiä (Ympäristöministeriö 10.12.2024).

Koulurakennusten suunnittelu on käytännössä aina vähintään vaativuusluokan vaativa suunnittelutehtävä. Suuret koulurakennukset kuten monitoimitalot voidaan luokitella jopa poikkeuksellisen vaativaksi suunnittelutehtäväksi. Nähtäväksi jää, miten eri rakennusvalvonnat tulkitsevat asetusta ja sen perustelumuuistia.

2.1.3 Opetushallituksen ohjeet

Opetushallituksen ohjeistukset Turvallinen ja terveellinen päiväkotij- ja koulurakennus antavat ohjeistuksia mm. opetusrakennusten tilamitoituksiin, sisätilojen tilajärjestelyihin sekä palo- ja pelastusturvallisuuteen. Sitovia normeja tai määräyksiä koulurakennusten pinta-alasta ei ole annettu, mutta Rakennustieto Oy:n julkaisemissa RT-ohjekorteissa RT 103080 ja RT 103081 on tilamitoitusohjeita. Hyvin suunnitelluilla monitilaratkaisuilla voidaan usein päästä pienempään kokonaispinta-alaan kuin perinteisillä opetusryhmäkohtaisilla suunnitteluratkaisuilla. Suuremmissa yksiköissä päästään parempaan tilatehokkuuteen (m²/oppilas) verrattuna aivan pieniin yksiköihin. (Opetushallitus s.a. a.)

Opetushallituksen ohjeet eivät määrittele tarkemmin esimerkiksi ilmanvaihdon mitoituksen tai jäähdytyksen suunnitteluarvoja. Opetushallituksen ohjeistukset talotekniikan osalta ovat, että talotekniset järjestelmät suunnitellaan ja toteutetaan vähintään määräysten mukaisesti, ja viitataan rakentamismääräyskokoelmiin. (Opetushallitus s.a. a.)

Opetushallitus on julkaissut käsityön oppimis- ja työympäristön suunnitteluoppaan osana perusopetuksen opetussuunnitelman (2014) tukimateriaalia. Opas on tarkoitettu käsityöoppiaineiden tilojen suunnittelun tueksi. Suunnitteluopas antaa lähtökohdat turvallisten, toimivien ja monipuolisten käsityötilojen suunnitteluun. Luku 4 sisältää suunnittelua koskevia ohjeita ja määräyksiä käsityötilojen teknisistä vaatimuksista. Suunnitteluopas ei korvaa määräyksiä vaan on tehty määräysten tueksi. (Opetushallitus s.a. b.)

2.1.4 Sisäilmastoluokitus 2018

Sisäilmastoluokitus on sisäilmayhdistyksen kehittämä julkaisu, joka on julkaistu ensimmäisen kerran 1995 nimellä Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus. Vuodesta 2001 alkaen nimi on ollut Sisäilmastoluokitus. Viimeisin julkaisu Sisäilmastoluokitus 2018 on nimensä mukaan julkaistu vuonna 2018. Sisäilmastoluokituksen tarkoitus on toimia sovittuna vaatimustasona. Sisäilmastoluokituksen ja tiettyyn luokitustasoon voidaan viitata esimerkiksi

rakennustapaselostuksissa ja LVI-työselostuksessa. Luokitus toimii rakennuttajien, suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden yhteisenä tavoitetasona, jolla rakennuksen sisäilmasto sovitaan toteutettavan. Sisäilmastoluokitus ei korvaa ympäristöministeriön asettamia Suomen rakentamismääräyksiä ja niistä julkaistuja tulkin-toja vaan täydentää niitä. (Sisäilmayhdistys ry s.a.)

Sisäilmastoluokitukset on jaoteltu kolmeen laatuluokkaan: S1, S2 ja S3. S3-luokka vastaa määräyksien vähimmäisvaatimuksia ja on tyydyttävää tasoa. S2-luokka on hyvä sisäilmasto ja on yleisin käytettävissä oleva luokitus. S1-luokka on yksilöllinen sisäilmasto, joka on luokituksista paras ja sillä päästään todennäköisesti parempaan käyttäjätyytyväisyyteen kuin muilla luokituksilla. (RT 07-11299, 5.)

Rakennuttaja usein valitsee jo varhaisessa vaiheessa sisäilmastoluokituksesta tavoitearvot hankekohtaisesti joko valitsemalla kaikki luokan tavoitearvot tai eri luokista tarpeen mukaisesti (Sisäilmayhdistys ry s.a.). Nykypäivänä julkisten koulurakennushankkeiden rakennuttajat valitsevat pääosin aina sisäilmaston tavoitetasoksi määräystasoa paremman tason. Yleinen sisäilman tavoitetaso rakennuksen käyttöaikana on S2-luokka. Koulurakennuksessa opetustilojen käyttöajaksi määritetään usein lukukausi, esimerkiksi 1.8.–31.5. Oppilashuollon tilojen käyttöaika on usein läpi vuoden ja niiden tilojen osalta S2-tarkastelu tehdään koko vuodelle.

Sisäilmastoluokan S2 mukainen ilmamäärä opetustiloissa on $8 \text{ dm}^3/\text{hlö}$ tai $4,0 \text{ dm}^3/\text{m}^2$, joka on 33 % määräystasoa suurempi. Suuremmat ilmamäärät aiheuttavat vastaavasti käytön aikana suuremmat käyttökustannukset ja vaikuttavat isosti esimerkiksi lämmityslaitteiden tehomitoitukseen ja energiankulutukseen. S2-sisäilmastoluokka voi vaatia myös opetustilojen ilmanvaihtokoneisiin tuloilman vii-lennyksen.

Huono sisäilma ja luokahuoneen lämpötilan nousu huonontaa tutkimusten perusteella viihtyvyyttä ja oppimistuloksia. Hiilidioksidipitoisuuden noustessa yli 1000 ppm se alkaa vaikuttamaan kielteisesti oppimiseen. (Kukkonen 17.6.2014.) Asetuksen 1009/2017 5 § mukaan sisäilman hiilidioksidipitoisuus käyttöaikana saisi olla 800 ppm suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. Ulkoilman

hiilidioksidipitoisuus on n. 400 ppm eli määräysten mukainen maksimi hiilidioksidipitoisuus sisäilmassa olisi 1200 ppm. Sisäilmastoluokituksen S2 mukainen sisäilman hiilidioksidi taso on enintään 950 ppm, joka on alle tutkimusten mukainen raja-arvon.

2.2 LVI-tekniikka

LVI-tekniikka-alan kehittyminen on näkynyt sitä mukaa myös koulurakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa, kun ala on mennyt yleisesti eteenpäin ja tullut uusia määräyksiä ja ohjeita.

LVI-tekniikan pääperiaatteiden kehittyminen tapahtui pikkuhiljaa 1900-luvun ensimmäisiltä vuosikymmeniltä aina 1950-luvulle, jolloin talotekniikan osa-alueet olivat jo periaatteiltaan nykypäivän mukaisia. 1900-luvun ensimmäisten vuosikymmenten merkittävimmät kehitykset ovat olleet vesikeskuslämmitys, kunnalliset vesi- ja viemäriverkostot, vesivessat sekä uunilämmityksestä eriytynyt ilmanvaihto. Vesi- ja viemäritekniikka alkoi olla nykymuotoisena jo 1930-luvulla. Sen jälkeen vesi- ja viemäritekniikassa on kehitystä tapahtunut lähinnä materiaaleissa ja vesikalusteissa. Ilmanvaihdon kehitys tapahtui muutamassa vuosikymmenessä painovoimaisesta ilmanvaihdosta koneelliseksi. Painovoimainen ilmanvaihto oli vallitseva vielä 1950-luvulla, mutta 1970-luvulla alkoi koneellinen ilmanvaihto olla syrjäyttänyt painovoimaisen ilmanvaihdon. (Sainio s.a. a.)

2.2.1 Lämmitystekniikka

Uusissa kouluissa 1950-luvulla siirryttiin vesikeskuslämmitykseen, kun taas tätä aiemmin rakennetuissa kyläkouluissa ja asuntoloissa sekä opettajien asunnoissa oli usein vielä uunilämmitykset. Vesikeskuslämmityksen periaatteena oli, että lämpö siirtyi öljy- tai kiinteään polttoaineen kattilasta veteen, joka kiersi rakennuksessa pumppujärjestelmän avulla. Menoveden lämpötilaa säädettiin käsin ulkolämpötilan vaihteluiden mukaisesti. (Sainio s.a. a.)

Kattilahuoneet sijoitettiin yleensä rakennusten kellarikerrokseen, mikä tehosti lämmönsiirtoa ja helpotti polttoaineen kuljetusta. Alkuvaiheessa polttoaineena

käytettiin pääasiassa puuta, mutta 1930-luvulta lähtien myös koksia, kivihiiltä ja antrasiittia. 1950-luvulla öljykattiloiden käyttö yleistyi, mutta monissa rakennuksissa jätettiin mahdollisuus myös kiinteän polttoaineen käyttöön. Öljysäiliöt sijoitettiin joko rakennusten sisätiloihin tai maan alle. (Sainio s.a. a.)

Nykymuotoiset lämmitystekniikan käytännöt vakiintuivat jo 1960-luvulla. Vesikeskuslämmitys oli vakioratkaisu. Lämpö saatiin kaukolämmöstä tai tuotettiin koulukohtaisesti öljykattilalla. Lämpö jaettiin ikkunoiden alle asennetuilla lämpöpattereilla. Luokkahuoneiden mitoituslämpötila ensimmäisessä normaaliohjeessa oli +18°C ja nousi uudemmassa vuoden 1966 painoksessa 20°C:een. Koulujen WC-tilojen vastaavat arvot nousivat +16 °C:sta +18 °C:seen, joka kuvastaa osaltaan elintason nousua. (Sainio s.a. b.) Vuonna 1987 julkaistussa rakennusmääräyskokoelman osassa D2 rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto vastaavat mitoituslämpötilat nousivat luokkahuoneissa +21 °C:seen ja wc-tiloissa +20 °C:seen (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 1987).

Säätöjärjestelmät ja -tekniikka kehittyivät pikkuhiljaa. Menoveden ohjaus toteutettiin sähköisesti manuaalisen säädön sijaan, ja se paransi myös sisäilman laatua, kun säätö ei ollut pelkästään talonmiehen varassa. Huonelämpötiloja voitiin säätää vuorokauden aikojen ja viikonpäivien mukaan. Laittevalmistajat kehittivät kouluja varten tarkoitettuja termostaattisia patteriventtiileitä, jotka olivat normaaleja kestävämpiä. (Sainio s.a. c.)

Kaukolämpö kattoi yhä laajemmin suurkaupungin lähiöitä ja pienempiä kaupunkeja 1970-luvulla ja koulut siirtyivät käyttämään kaukolämmitystä. Öljylämmitys pysyi pääsääntöisenä lämmönlähteenä kouluissa, joihin ei kaukolämpöä ollut saatavilla. (Sainio s.a. c.)

2000-luvulla lämmityksessä on alkanut yleistymään uusiutuviin energianlähteisiin pohjautuvat erilaiset lämpöpumppuratkaisut. Uusiin koulurakennuksiin ei enää toteuteta öljylämmityksiä vaan fossiilisista polttoaineista on haluttu päästä eroon.

Energiatodistusrekisteriin on alettu tilastoimaan lämmitysjärjestelmiä vuodesta 2021 alkaen. Tilastosta hakemalla vuosina 2021–2024 löytyy 140 tehtyä energiatodistusta rakennustyyppillä opetusrakennukset ja päiväkodit, joiden lämmitetty nettoala on yli 5000 m². Kuvassa 1 nähdään, että kaukolämpö on suosituin, mutta

lämpöpumpputekniikkaa käytetään jo yli kolmanneksessa kohteista. (Energiatodistusrekisteri tilastot s.a.)

LAIN 2018 VERSIOLLE LASKETUT TUNNUSLUVUT (140 KPL)

Lämmitysjärjestelmien osuudet

Kaukolämpö	65 %
Sähkö	0 %
Puu	0 %
Pelletti	0 %
Öljy	0 %
Kaasu	0 %
Maalämpöpumppu	29 %
Vesi-ilmalämpöpumppu	5 %
Poistoilmalämpöpumppu	0 %
Muu lämmitysjärjestelmä	1 %

KUVA 1. Lämmitysjärjestelmien osuudet yli 5000 m²:n opetus- ja päiväkotirakennuksissa vuosina 2021–2024 (Energiatodistusrekisteri tilastot)

Vesikiertoisen patterilämmityksen lisäksi koulurakennuksiin toteutetaan nykyisin myös vesikiertoisia lattialämmityksiä. Lattialämmityksen haasteena on sen hitaampi reagointi esimerkiksi luokkatilojen vaihteleviin sisäisiin lämmityskuormiin.

Lattialämmityksen etuna on se, ettei se tarvitse erillisiä näkyvissä olevia lämmönluovuttimia ja lattialämmitysverkoston mitoituslämpötilat ovat vesikiertoista patterilämmitystä matalammat, mikä tekee siitä paremman vaihtoehdon lämpöpumppujärjestelmissä (Alanne ym. 2024, 117).

Lämmitystekniikan ohjaukset ja rakennusautomaatiikka on kehittynyt valtavasti. Sisäilmaolosuhteita lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon osalta ohjataan tilakohtaisesti tarpeenmukaisesti. Sisäilmastoluokituksen S1-luokassa käyttäjän pitää pystyä säätämään yksilöllisesti lämpöoloja (RT 07-11299, 5).

2.2.2 Vesi- ja viemäritekniikka

Vesi- ja viemäritekniikka olivat 1950–1960-luvuilla pääosin samanlaista. Kuparia käytettiin materiaalina lämminvesijohdoissa ja kylmävesijohdot tehtiin

pääasiassa sinkitystä teräksestä. Sinkitty teräsputki kylmävesijohdoissa korvattiin kupariputkella 1970-luvulla. Viemärit olivat suurimmaksi osaksi valurautaa vielä 1970-luvulle tullessa, mutta muoviviemärit alkoivat sitten korvata kalliin valurautaviemäriä. Valurautaviemäriä etuna on parempi äänitekniikka ja palonkestävyys. (Sainio s.a. b.)

Vuosikymmeniä käytössä olleet kaksiotehanat korvattiin 1970-luvun hanateollisuuden uutuusinnovaatiolla, kun markkinoille saatiin yksiotehana eli vipuhana (Sainio s.a. c). Vipuhanat säästävät huomattavasti vettä ja lämmitysenergiaa kaksiotehanoihin verrattuna.

Sisäpuoliset sadevesiviemärit korvasivat ulkopuoliset rännit tasakattoisissa koulurakennuksissa. Tasakattojen puutteelliset kallistukset ja huono vesikaivojen puhdistus aiheuttivat kattovuotoja. Huonon ja puutteellisen huollon ja suunnittelun aiheuttamat kattovuodot leimasivat tasakatot toimimattomiksi pitkäksi aikaa. (Sainio s.a. b.)

Vesi- ja viemäritekniikassa käytetyt materiaalit ovat kehittyneet. Markkinoilla on valtava määrä valmistajia, jotka kehittävät omia tuotteitaan ja materiaaleja. Vesijohdoissa PEX-putkien käyttö on lisääntynyt voimakkaasti, ja esimerkiksi koulurakentamisessakin käytetään PEX-putkia käyttöveden kytkentäjohtoina. PEX-putken etuna on sen uppoasennusmahdollisuus, joka suojaa vesijohtoja ilkivalta.

Viemäritekniikassa viemärien ääniominaisuudet ovat kehittyneet ja markkinoille on tullut erilaisia desibeliviemäreiksi kutsuttuja viemäreitä, joilla on tavallista muoviviemäriä paremmat äänitekniset ominaisuudet. Ääntä vaimentavien viemäreiden vertailu on osittain haastavaa, kun markkinoilla on samoilla valmistajilla useampia versioita ja kaikista käytetään nimitystä desibeliviemäri.

Ääntä vaimentavat viemärit voidaan pääosin jakaa kahteen luokkaan: Mid-Spec ja High-Spec. Suurin osa markkinoilla olevista desibeliviemäreistä on alemmaa Mid-Spec-luokkaa, joiden ääniominaisuudet ovat keskitasoa. High-Spec-luokan viemäreiden ääneneneristävyysominaisuudet ovat selvästi Mid-Spec-luokan viemäreitä paremmat. (Sillvan 5.9.2016.)

2.2.3 Ilmanvaihtotekniikka

Ilmanvaihto muodostui omaksi talotekniikan alakseen 1900-luvun alussa, kun painovoimainen ilmanvaihto eriytyi lämmityksestä riippumattomaksi. Koulut varustettiin 1940- ja 1950-luvuilla painovoimaisella ilmanvaihdolla. Koulujen toiminta-aika ja rakennuksen ominaisuudet sekä painovoimaisen ilmanvaihdon ehdoilla tehty suunnittelu edesauttoivat, että painovoimainen ilmanvaihto täytti lähes 50-vuotisella toimintakaudella sille asetetut vaatimukset. Painovoimaisen ilmanvaihdon riittävään toimintaan oli useampia syitä. Koulujen suunnittelussa otettiin painovoimainen ilmanvaihto huomioon alusta alkaen ja suunniteltiin ikään kuin sen ympärille. Rakennukset olivat monikerroksisia ja luokkahuoneet päällekkäin, mikä mahdollisti hormien sijoittelut tehokkaasti yhdeksi piipuksi vesikatolla. Painovoimaisen ilmanvaihdon hormit rakennettiin varaaviksi massiivirakenteisena muuraamalla, mikä esti tehokkaasti hormin toimimisen väärinpäin. Ilmanvaihdon riittävyttä autoivat lyhyet 45 minuutin oppitunnit ja niiden välissä olevat 15 minuutin ulkona vietetyt välitunnit. Välituntien aikana luokkahuoneet tuuletettiin tuuletusikkunoiden kautta. (Sainio s.a. a.)

1960-luvulta alkaen uudet rakennukset alettiin varustamaan koneellisella ilmanvaihdolla. Alkuun oli pelkkä koneellinen poisto, mutta sen lisäksi tuli osittain avustettu koneellinen tuloilma ja 1970-luvulta alkaen täysin koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä. Muutokset olivat kuitenkin hitaita ja samaan aikaan rakennetuissa kouluissa saattoi esiintyä eri ratkaisuja tai niiden yhdistelmiä. Täysin koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtoon siirtyminen vei lopulta vain vuosikymmenen. Koneellinen ilmanvaihto ei enää rajoittanut tilasuunnittelua vaan mahdollisti matalien ja syvärunkoisten rakennusten rakentamisen, joissa painovoimainen ilmanvaihto ei olisi toiminut riittävästi (Sainio s.a. c.)

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon alkuaikoina sosiaalityötilojen poistoilman tarvitsema korvausilma jäi huomiomatta. Koulun toiminta-aikojen ulkopuolella usein luokka- ja muita yleisiä oleskelutiloja palvelevat ilmanvaihtokoneet sammutettiin ja vain sosiaalityötiloja palvelevat poistoilmakoneet jäivät päälle. Tämä aiheutti, että toiminta-aikojen ulkopuolella rakennuksessa vallitsi merkittävä alipaine, kun korvausilman saantia ei ollut huomioitu, vaan se tuli hallitsemattomasti esimerkiksi

rakenteiden kautta. 1970-luvulla alettiin myös vanhempien koulujen painovoimaista ilmanvaihtoa tehostamaan lisäämällä niihin huippuimureita. Huippuimureiden tehostaman poistoilmanvaihdon korvausilman saantiin ei juuri kiinnitetty huomiota. Nämä puutteelliset korvausilman saantiin liittyvät haasteet ja korvausilman hallitsematon kulkeutuminen rakenteiden kautta ovat myöhemmin osoittautuneet syyksi sisäilmaongelmille. (Sainio s.a. c.)

Maailman laajuisen öljykriisin jälkeen 1970-luvulla rakennusten tiiveysvaatimuksia tiukennettiin. Rakennusten tiiveyden parantuessa koneellisen ilmanvaihdon aiheuttamat alipaineet kasvoivat ja muodostuivat ongelmaksi. Rakentamismääräyskokoelman osan D2 vuoden 1982 uudistuksessa tuli vaatimuksia ulkoilman sisäänoton suunnitteluun, jonka vuoksi erityyppiset ulkoilmalaitteet yleistyivät. (Alanne ym. 2024, 117.)

1970-luvulla koulurakennuksissa käytössä olleesta tuloilman käytäväpuhalluksesta siirryttiin keskusilmanvaihtokoneisiin 1980-luvulla. Luokat varustettiin tulo- ja poistoilmanvaihdoilla. (Hagner 2019, 159.)

Lämmöntalteenottolaitteita kehitettiin erityisesti maailmanlaajuisen öljykriisin jälkeen. Ensimmäiset yleisilmanvaihdon lämmöntalteenottolaitteet olivat nestekiertoisia, mutta nopeasti kehitettiin myös pyörivä roottorilämmöntalteenotto. Paperiteollisuudessa jo pitkään käytössä olleet levylämmöntalteenotot yleistyivät myös yleisilmanvaihdossa 1970-luvulla. (Hagner 2019, 99.)

Vaatimukset ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhteesta ja poistoilman sisältämän energian talteenotosta ovat tiukentuneet vuosien saatossa. Rakentamismääräyskokoelma D2:n vuoden 1987 uudistus asetti ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenotolle 50 % lämpötilahyötysuhdevaatimuksen (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 1987). Määräykseen tuli vuonna 2003 vaatimus poistoilman sisältämän lämpöenergian talteenotosta ja vuonna 2003 se oli 30 % (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2003). Vuonna 2010 poistoilman sisältämän lämpöenergian talteenottovaatimusta nostettiin 45 %:iin. Lämmöntalteenottolaitteen lämpötilahyötysuhdevaatimus nousi 55 %:iin. (Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 2010.) Vuoden 2017 rakentamismääräysuudistuksissa

vaatimus nousi 55 %:iin (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017).

3 KOULUJEN ERITYISPIIRTEET LVIA-SUUNNITTELUSSA

Opetusrakennuksissa on monia erityispiirteitä ja erikoistiloja sekä -järjestelmiä, jotka täytyy huomioida suunnittelussa. Rakennuksen sisä- ja ulkoilman välisten paine-erojen hallinta on tärkeää, jotta vuotoilmaa ei virtaa rakenteiden läpi. Käsitöiden oppimisympäristöjen erikoislaitteet, kuten purun- ja pölynpoistojärjestelmä, kaasu- sekä paineilmajärjestelmät tulee huomioida talotekniikkasuunnittelussa. Räjähdyksivaarallisten tilojen ja laitteiden osalta täytyy arvioida mahdolliset ATEX-vaatimukset. Talotekniikassa ja paloturvallisuudessa tulee ottaa huomioon mahdollinen ilkkivallan teko.

Koulurakennusten monikäyttöisyydellä ja muuntojoustavuudella pyritään parantamaan tilojen käyttöastetta ja sitä kautta saamaan kustannussäästöjä. Tilojen tulee palvella monia erilaisia käyttötarkoituksia ja vastata myös tulevaisuuden tarpeisiin. Taide- ja taitoaineiden oppimisympäristöissä toimii usein kansalaisopiston kursseja. Liikuntasali on iltaisin urheilijoiden käytössä. Suunnittelussa täytyy huomioida muuntojoustavuus ja tilojen moni- ja iltakäyttö.

3.1 Painesuhteiden hallinta

Painesuhteiden hallinta korostuu nykyaikaisissa tiiviissä rakennuksissa. Energiatodistusrekisterin mukaan 2020-luvulla rakennettujen yli 5000 m²:n opetusrakennusten ja päiväkotien rakennusvaiheen ilmanvuotoluku q₅₀ on keskimäärin 1,32 m³/h/m² (Energiatodistusrekisteri tilastot s.a.) Tilaajien vaatimukset rakennusvaiheen tiiveydelle koulurakennuksissa ovat olleet jopa alle 1,0 m³/h/m².

Pelkän koneellisen poiston aiheuttamat alipaineongelmat kouluissa hallitsemattoman ja liian pienen korvausilman takia ovat olleet jo pitkään tiedossa. Koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon luultiin jättävän nämä ongelmat taakse, mutta kuitenkin viimeisen kymmenen vuoden aikana on aiheesta laadittu useita opinnäytetöitä ja artikkeleita, joissa on mitattu yhtä suuria alipaineita kuin koneellisella poistoilmalla varustetuissa rakennuksissa. Koneellisen tulo-poistojärjestelmien aiheuttamiin ali- tai ylipaineisiin ei ole osattu reagoida, koska sisä- ja ulkoilman

välisiä painesuhteita ei tyypillisesti mitattu kuin vasta sisäilmatutkimusten yhteydessä. (Eskola & Björkroth 14.10.2019.)

Ympäristöministeriön asetuksen uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017) 27. §:n mukaan rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava, että ilmanvaihtojärjestelmien ilmavirrat on mitattu ja säädetty. Mitattujen ilmamäärien asetuksen mukaiset hyväksyttävät poikkeamat suunnitelluista arvoista ovat $\pm 10\%$ järjestelmäkohtaisesti ja $\pm 20\%$ huonekohtaisesti. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017.)

Mittausepätkkuuden ja sallitun poikkeaman vuoksi tiiviissä rakennuksissa ei voida paine-eroa sisä- ja ulkoilman välillä säätää halutuksi pelkästään ilmamäärien mittaustulosten perusteella, vaan on tarpeen mitata paine-eroa. Rakennuksen vaipan yli mitatun paine-eron perustella korjataan tarvittaessa ilmavirtojen säätöjä. (Eskola & Björkroth 14.10.2019.)

Koulurakennuksissa olevien erillispoistojen vaikutukset kokonaisilmavirtoihin muodostavat oman erityisongelmansa. Tiiviissä rakennuksissa erillispoistojen kuten vetokaappien ja kohdepoistojen vaikutukset kokonaisilmamääriin ja painesuhteisiin tulee huomioida. (Eskola & Björkroth 14.10.2019.) Asetuksen 1009/2017 22. §:n mukaan erityissuunnittelijan on suunniteltava erillispoistojen vaatima lisäulkoilmavirran saanti siten, että huoneiden painesuhteet eivät muutu haitallisesti ja ilmanvaihtojärjestelmä toimii hallitusti (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017).

Korvausilmaratkaisut kohdepoistoille voidaan toteuttaa joko ON/OFF tehostuspelti ratkaisulla tai muuttuvailmavirtaisella ilmamääräsäädöllä. Tehostuspeltiratkaisuja on kaksi, jotka teknisesti toimivat lähes samalla tavalla. Ensimmäinen tapa on varustaa jokainen kohdepoistolaite omalla tulo- tai korvausilmalaitteella, jonka kautta tuodaan tilaan kohdepoistoa vastaava ilmamäärä. Toinen vaihtoehto on, että yleisilmanvaihdossa on jokaista kohdepoistoa varten poistoilmalaitte, jonka ilmamäärä on mitoitettu kohdepoistoa vastaavaksi. Yleispoistoilmalaitteen tehostuspelti sulkeutuu, kun kohdepoistolaite kytketään päälle. (Eskola & Björkroth 14.10.2019.)

Ilmavirtasäätöisessä korvausilmajärjestelmässä korvausilma tuodaan joko tilan tuloilmavirtaa lisäämällä tai vastaavasti vähennetään yleispoiston ilmavirtaa kohdepoiston ilmavirran verran. Rakennusautomaation kautta voidaan jokaiselle kohdepoistolaitteelle määritellä nimellinen ilmavirta, joka muuttaa rakennusautomaatiojärjestelmän ohjaamana tilan tulo-poistosuhdetta. Ilmavirtasäätöiset korvausilmajärjestelmät ovat vikaherkempiä niissä esiintyvien laitevikojen vuoksi. (Eskola & Björkroth 14.10.2019.)

3.2 Opetusrakennusten paloturvallisuus

Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaiseman raportin Oppilaitosrakennusten turvallisuus mukaan Suomessa on noin 3000 oppilaitosrakennusta. Näissä syttyy vuosittain noin 70 tulipaloa. Noin kaksi kolmasosaa tulipaloista johtuu tuottamuksellisista syistä kuten luvattomasta tulen käsittelystä tai tuhotyöstä. Koneiden ja laitteiden aiheuttamia paloista on noin neljäsosa. Oppilaiden aiheuttamista koulurakennuksien tulipaloista yli puolet tapahtuu koulupäivän aikana. Koulupäivän ulkopuolella tuhopoltot kohdistuvat pääasiassa jätesäiliöihin ja -katoksiin. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2015.)

Opetusrakennusten paloturvallisuusasiat käsitellään rakennusluvan yhteydessä samaan tapaan kuin muidenkin luvanvaraisten rakennusten yhteydessä. Koulurakennukset ovat paloturvallisuuden näkökulmasta kokoontumisrakennuksia ja yleensä kuuluvat korkeimpaan P1-paloluokkaan. P1-paloluokan rakenteiden tulee kestää palossa pääsääntöisesti sortumatta. P2- ja P3-luokkaan kuuluvia opetusrakennuksia on myös käytössä. Opetusrakennukset luokitellaan palokuorman mukaan matalimpaan ryhmään, eli alle 600 MJ/m², mutta kuitenkin esimerkiksi teknisen työn tiloissa ja irtaimistovarastoissa voi olla tätä suurempia palokuormia. (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2015.)

3.3 Muuntojoustavuus

Muuntojoustavuus on käsitteenä laaja ja sen alakäsitteitä ovat muunneltavuus ja monikäyttöisyys. Monikäyttöisyydellä tarkoitetaan tilojen muuntautumista

käyttäjän tarpeisiin ilman rakennusteknisiä muutoksia. Muunneltavuudella vastaavasti tarkoitetaan, että rakennusteknisillä töillä tiloja voidaan muunnella käyttäjän tarpeiden mukaan. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 7.)

Monikäyttöiset tilat mahdollistavat rakenteiden ja tekniikan puolesta tilojen muuttamisen vaihtoehtoisin käyttötapoihin lyhyellä aikajaksolla ilman merkittäviä rakenteellisia muutoksia. Koulujen liikuntasalit ovat hyvä esimerkki monikäyttöisestä tilasta, joka palvelee varsinaisen liikuntasalikäytön lisäksi juhla- ja teatteritilana. Talotekniikan merkitys korostuu tilojen monikäyttöisyydessä. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 9.) Ilmanvaihdon, lämmityksen, jäähdytyksen ja valaistuksen huolellinen suunnittelu ja toteutus helpottavat merkittävästi tilojen monikäyttöä. Talotekniikan tulee toimia, vaikka tiloja jaettaisiin useampaan lohkoon tai esimerkiksi tilojen käyttäjämäärä vaihtelee merkittävästi.

Tilojen tai rakennuksen muunneltavuudella tarkoitetaan mahdollisuutta tilojen muutokseen käyttäjän olennaisesti muuttuneita tarpeita vastaaviksi. Muunneltavuus ja monikäyttöisyys ovat hyvin saman tapaisia, mutta muunneltavuudella varaudutaan käyttäjän tarpeiden muuttumiseen. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 12.)

Rakenteiden suunnittelulla on iso merkitys rakennuksen muunneltavuuteen. Muunneltavuuden huomioiminen kantavien rakenteiden suunnittelussa mahdollistaa esimerkiksi tilajaon muuttamisen. Laajennettavuus on yksi muunneltavuuden osa-alue. Laajennettavuudella voidaan kasvattaa tiloja. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 12.)

Rakennesuunnittelun lisäksi myös talotekniikalla on iso merkitys muunneltavuuteen ja laajennettavuuteen varautumisessa. Lattialämmitykset rajoittavat esimerkiksi väliseinien rakentamista. Tilojen käyttötavan muutos voi vaikuttaa ilmanvaihtojärjestelmien yhdistämisrajoituksiin. Rakennuksen laajennettavuus täytyy ottaa huomioon talotekniikassa, jos halutaan olemassa olevan tekniikan palvelevan myös laajennettavaa osiota.

Rakennushankkeeseen ryhtyvän on syytä pohtia jo alusta alkaen, halutaanko rakennuksessa varautua muuntojoustavuuteen ja painottuuko se monikäyttöisyyteen vai muunneltavuuteen. Muuntojoustavuuteen vaikuttavat lähes kaikki

suunnitteluratkaisut, joten se täytyy ottaa rakennushankkeen suunnittelussa alusta alkaen huomioon. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 12.)

3.4 Monikäyttötilat

Koulurakennusten monikäyttöisyydellä on jo pitkä historia. Jo 1970-luvulla suositettiin monikäyttöisyyttä tilankäytön tehostamiseksi rakentamalla monitoimikouluja. Alkuun koulujen monikäyttöisyyden lisääntymisen esteenä oli se, että mikäli koulurakennuksessa ei noudatettu normaalihintapäätöksissä annettuja neliömääriä, maksoi kunta itse ylittävän neliömäärän. (Standertskjöld 2017.)

Monikäyttötiloilla pyritään kustannussäästöön tilatehokkuutta parantamalla. Koulujen aulamaiset keskiaukiot nähdään suurena hyötynä, koska ne soveltuvat samalla ruokalatilaksi. Ruokalajat toimivat samalla kokoontumis- ja auditoriotilana, kun ne varustetaan siihen käyttöön soveltuvalla tekniikalla. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 41.)

Tilojen monikäyttöisyydellä on myös kustannussäästön lisäksi ympäristövaikutuksia, jonka vuoksi sitä on pyritty lisäämään. Monikäyttöisyys vähentää kuitenkin ympäristövaikutuksia vain, jos rakentamisen tarve muualla vähenee. Monikäyttöisyydellä pyritään aina mahdollisimman korkeaan tilojen käyttöasteeseen. Korkeamman käyttöasteen takia rakennuksen ilmanvaihdon tarve kasvaa ja tämä lisää rakennuskohtaisia ympäristövaikutuksia. Ympäristövaikutukset eivät tule esille pinta-alaa kohden laskettaessa, joten niitä tulisi tarkastella esimerkiksi suhteessa tarjottuihin opetus- ja sivistyspalveluihin. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019, 26.)

3.5 Erityistilat ja -järjestelmät

Peruskoulurakennuksiin sisältyy joitakin erityistiloja ja -järjestelmiä, joita ei muissa rakennuksissa tyypillisesti esiinny. Erityistiloiksi ja -järjestelmiksi luetaan muun muassa teknisen- ja tekstiilityön oppimisympäristöt ja niiden sisältämät järjestelmät.

Peruskoulun käsityön opetuksen sisältö ja tavoitteet on määritelty Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa 2014. Peruskoulujen oppimisympäristön tulee tukea opetussuunnitelman mukaista monipuolista käsityöopetuksen järjestämistä. Käsityön oppimis- ja työympäristöille on asetettu useita teknisiä erityisvaatimuksia, jotka ohjaavat suunnittelua. Akustiikka-, LVIA-, sähkö- ja rakennesuunnittelussa tulee ottaa huomioon opetusteknologian vaatimukset, ääniympäristö, tilojen lämmitys, ilmanvaihtolaitteet, työstökoneiden ohjausjärjestelmät, puurun- ja pölynpoisto, paineilmalaitteisto sekä vesi, viemärointi ja kaasulaitteet. (Opetushallitus s.a. b.)

3.5.1 Käsityön oppimis- ja työympäristöt

Teknisen työn luokkien LVI-suunnittelu toteutetaan voimassa olevien ympäristöministeriön asetusten sekä asetusten perustelumuistioden ja oppaiden mukaan samaan tapaan kuin muidenkin tilojen suunnittelu. Käsityön oppimisympäristöillä on kuitenkin tiettyjä erityisvaateita, joita täytyy huomioida LVIA-suunnittelussa. (Opetushallitus s.a. c.)

Teknisen työn luokkien lämmitystä suunniteltaessa tulee huomioida, että lattiaan voidaan kiinnittää koneita lattiakiinnityksellä, joten lattialämmitystä ei tule käyttää. Koneiden sijainnit voivat muuttua ja mallit vaihtua rakennuksen elinkaaren aikana, joten riski lattialämmityksen vaurioitumisesta olisi ilmeinen. Märkätyöskentelytilassa voidaan käyttää lattialämmitystä. Varastoissa säilytettävien materiaalien osalta tulee huomioida, että ilmanvaihto ja lämmitys toimivat kesäaikana niin, etteivät materiaalit pääse kostumaan. Pintakäsittely- ja töiden kuivatustiloissa voidaan tarvita normaalia korkeampia huonelämpötiloja. (Opetushallitus s.a. c.)

Taulukossa 2 on esitettyä yleisimmät käsityön oppimis- ja työympäristöjen vesi- ja viemärikalusteet. Yleisen käsienpesuntarpeen lisääntyminen huomioon ottaen käyttäjä määrittelee tarvittavien altaiden määrän. Märkätyöskentelytilaan sijoitetaan kuivauskaappi ja pyykinpesukone. Kuivauskaapin mahdollinen lattiakaivon tarve varmistetaan laitevalmistajalta. (Opetushallitus s.a. c.)

TAULUKKO 2. Käsityön oppimis- ja työympäristöjen vesikalusteet (Opetushallitus s.a. c)

Tila	Allastyyppi	Juoksu-putki	Lattiakaivo
Teknisen työn työtapojen yleistyötila	Matala RST-allas, n. 200 mm	Lyhyt	
Metallitöiden tila tai alue	Matala RST-allas, n. 200 mm	Lyhyt	Kyllä
Koneteknologian alue	Syvä RST-allas, n. 500 mm	Pitkä	Kyllä
Monitoimitila	Käyttäjä määrittää tarpeen		
Tulityötila	Syvä RST-allas, n. 500 mm Hätäsuihku	Pitkä	Kyllä, kaasutiivis
Pintakäsittelytila	RST-pesupöytä kahdella syvällä RST-altaalla, n. 500 mm	Pitkä	Kyllä
Elektroniikkatöiden syövytyspiste	Allasviemäriissä sakka-astia, haponkestävä työtaso, vetokaappi käyttäjän määrittelyn mukaan, Kylmävesiliitäntä		Kyllä, viemäroity sakka-astian kautta
Tekstiilityön työtapojen yleistyötila	Matala allas, n. 200 mm, syvä RST-allas, n. 500 mm, allasviemäreissä sakka-astiat	Lyhyt, pitkä	
Märkätyöskentelytila tai -alue	Märkätyöskentelypöytä käyttäjän tarpeiden mukaisesti, syvät RST-altaat, min. 500 mm, allasviemäreissä sakka-astiat, lisäksi: kuivauskaappi, pyykkikone	Pitkä, kuraharjalla	Kyllä, kondensoivassa mallissa

(jatkuu)

TAULUKKO 2. (jatkuu)

Suunnittelu- tai oppimisaula	Matala allas, n. 200 mm	Lyhyt	
Eteistila	Matala allas, n. 200 mm	Lyhyt	
WC-tilat	Matala allas, n. 200 mm, WC-istuin, bideesuihku	Lyhyt	Kyllä

Teknisen työn luokissa on tärkeää laadukas ja tehokas ilmanvaihto. Tiloissa syntyy terveydelle haitallisia päästöjä käytettävistä materiaaleista ja aineista. Tehostetun yleisilmanvaihdon lisäksi teknisen työn luokkiin tulee useita kohdepoistolaitteita. Kohdepoistolaitteiden ja purunpoistolaitteen vaatima korvausilma huomioidaan yleisilmanvaihtoa pienentämällä laitteiden käytön aikana tai järjestämällä tuloilmaa muualta, esimerkiksi omalla tuloilmakoneella. Suositusilmamäärä yleisilmanvaihtoon on $3 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ varustettuna 30 %:n tehostuksella. (Opetushallitus s.a. c.) Finvacin Opas ilmanvaihdonmitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa 2019 antaa ilmamäärän ohjearvoksi taide- ja taitoaineille henkilöä kohden $8 \text{ dm}^3/\text{s}$ (FINVAC ry s.a).

Tekstiilityön yleistila ja lankatöiden tila varustetaan suodattavilla kierrätysilmakoneilla, joilla poistetaan ilmassa olevaa tekstiilipölyä. Lankatöiden ja kudonnan tuottaman tekstiilipölyn takia tilojen ilmanvaihto suunnitellaan alipaineiseksi muihin tiloihin nähden. (Opetushallitus s.a. c.)

3.5.2 Purun- ja pölynpoistojärjestelmä

Käsitöiden oppimis- ja työympäristöt varustetaan purun- ja pölynpoistojärjestelmillä. Purunpoistojärjestelmään kuuluu purunpoistolaite sekä putkisto. Tekstiilipölynpoistolaitteisto voi olla kokonaan erillinen tai integroitu purunpoistojärjestelmään. Erillinen pölynpoistolaitteisto sijoitetaan tekstiilityön tiloihin. Laitteiston sijoittelussa huomioidaan laitteiston huollettavuus ja tilantarve. Purunpoistoputkistoon kytketään kaikki opetustiloissa käytettävät työstökoneet ja siivouspisteet. (Opetushallitus s.a. c.)

Purun- ja pölynpoisto on tärkeä osa käsityön oppimis- ja työympäristön viihtyvyyden, terveyden, turvallisuuden ja ATEX-olosuhteiden kannalta riittävään suojaustasoon. Purunpoistolaitteet voidaan varustaa lämmöntalteenottolaitteilla, mutta aivan pienimmissä järjestelmissä niiden käyttö ei välttämättä ole kustannustehokasta. Purun- ja pölynpoistojärjestelmä mitoitetaan niin, että se kykenee tehokkaasti poistamaan käsistöissä syntyvä puupuru ja -pöly sekä tekstiilitöissä syntyvä kangaspöly. Järjestelmään kuuluu lisäksi siivousjärjestelmä. Siivousjärjestelmän siivouspisteet määritellään yhdessä käyttäjän kanssa. (Opetushallitus s.a. c.)

Purun- ja pölynpoiston suunnittelussa otetaan huomioon käyttäjien lähtötiedot, kuinka monen erilaitteen yhtäaikainen käyttö pitää olla mahdollista. Mitä suurempaan yhtäaikaisen laitteen käyttöön varaudutaan niin sitä suuremmaksi laitekoneisuudet kasvavat. Vuosiluokkien 1–6 koulun purunpoiston mitoitetaan 7–8 laitteen yhtäaikaiseen käyttöön ja vuosiluokkien 7–9 koulun 8–10 laitteen yhtäaikaiseen käyttöön. Purun- ja pölynpoistojärjestelmään liitettävät laitteet käydään käyttäjän kanssa läpi. Liitteessä 3 on esimerkkiluettelo järjestelmään kiinteästi kytketyistä laitteista. Liitteessä 4 on esitetty suositusilmamäärät työstökoneille. (Opetushallitus s.a. c.)

Purunpoistolaitteistoon liittyy muutamia erityishuomioita. Imurin poistamaa ilmaa ei saa palauttaa takaisin sisätiloihin. Automaattiset sulkupellit ovat joko paineilma- tai sähkökäyttöisiä. Konekohtainen ohjaustieto pitää varmistaa laitetoimittajalta. Osa järjestelmistä on varustettu suodattimien online puhdistus ominaisuudella, joka toteutetaan paineilamalla. Erillisiä poistolaitteita ei tarvita metallisurulle ja tekstiilipölylle, jos niiden poistopuhaltimet ovat integroituna purunpoistojärjestelmään. Puuntyöstökoneiden sulkupellit toimivat automaattisesti puusorvia lukuun ottamatta ja koneen käynnistyessä purunpoistolaite käynnistyy. Purunpoistolaitteiston ollessa pois toiminnasta työstövälineet eivät saa käynnistyä. (Opetushallitus s.a. c.)

3.5.3 Kohdepoistot

Käsityön oppimisympäristöissä on useita tiloja ja laitteita, jotka vaativat kohdepoiston. Kohdepoistoja voivat olla imuputki, vetokaappi, siivousjärjestelmät ja

ilmastoidut kaapit. Kohdepoistot varustetaan tehokkailla huippuimureilla, joilla poistoilma johdetaan suoraan vesikatolle. Kohdepoistolaitteiden poistoimurit varustetaan aikakytkimillä, joita ohjataan tilakohtaisesti. Taulukossa 3 on esitetty opetushallituksen käsityön oppimis- ja työympäristön suunnitteluoppaan suositusilmamäärät käsitöiden kohdepoistolaitteille. Lisäksi taulukossa esitetään kohdepoistolaitteen tyyppi, esimerkki puhallin, poistokanavan materiaali ja eristys. (Opetushallitus s.a. c).

TAULUKKO 3. Kohdepoistolaitteiden suositusilmamäärät, poistokanavan halkaisija (Opetushallitus s.a. c), laitetyyppi, esimerkkipuhallin, kanavamateriaali ja eristys

Tila / Työpiste	Ilmamäärä (l/s)	Halkaisija (mm)	Laitetyyppi	Esim. Puhal.	Materiaali /Eristys
Elektroniikkatyön työpiste	60	50–75	Imuvarsi	Ourex	Fe/-
Muovintyöstön työpiste	260	75	Imuvarsi/ Huuva	HiFEK/ Vilpe	Fe/-
3D-tulostus	60	75	Laiteliitos/ huuva	HiFEK/ Vilpe	Fe/-
Lasertyöstö	200–250	160	Laiteliitos/ huuva	HiFEK/ Vilpe	Fe/-
Maalikaappi	20	100	Laiteliitos	Ourex	Fe/- ATEX
Maalauskaappi	140/leveys- metri		Laiteliitos	Ourex	Fe/- ATEX
Pintakäsittely (vetokaappi)	20	100	Laiteliitos	Ourex	HST/- ATEX
Tulityötila, ahjo	300	200	Huuva	Ourex	Fe1,25mm /EI120
Tulityötila, hitsaaminen	200–250	160	Imuvarsi	Ourex	Fe/EI60
Ompelukone imupiste	14	-	Imuputki	Oma- laite	Muovi/-

(jatkuu)

TAULUKKO 3. (jatkuu)

Märkätyöskentelyn tila (kemikaalien säilytys)	20	90	Laitteesta	Ourex	Fe/-ATEX
Lankatöiden tila (siivouspiste)	83	-	Imuputki	Oma-laite	muovi/-

Muovien lämpökäsittelyä varten suunniteltavat laitteet kannattaa keskittää yhteen linjaan yhdessä 3D-tulostimien ja laserleikkurin kanssa. Keskittämällä muovin työstön välineet saadaan alueelle varattua riittävä määrä kohdepoistolaitteita ja hyvä yleisilmanvaihto. Kuvassa 2 nähdään 3D-tulostimet koteloituna ilmanvaihdolla varustettuun koteloon, jolla estetään epäpuhtauksien leviäminen ympäristöön. (Opetushallitus s.a. d.)

Työterveyslaitoksen malliratkaisun 3D-tulostuksen kemikaaliturvallisuus suosittelee 3D-tulostimien kotelointia. 3D-tulostuksessa pursotusmenetelmää käyttävät laitteet voivat vapauttaa huomattavia määriä nanohiukkasia. Epäpuhtauksien leviämistä voidaan tehokkaasti estää tulostimien koteloinnilla ja kohdepoistolla. (Työterveyslaitos 2020, 2–3).



KUVA 2. 3D-tulostimet koteloituna (Opetushallitus s.a. d)

3.5.4 Kaasu- ja paineilmajärjestelmät

Uusiin koulurakennuksiin rakennetaan teknisen työn opetuksessa tarvittaville kaasuille kuvan 3 kaltainen kaksiosainen kaasukeskus. Kaasukeskuksiin tulee varmistaa riittävä tuuletus. Tuuletuksen tulee tapahtua sekä ylä- että alakautta umpiseinäisissä kaapeissa. Oviin sijoitetaan kaasuista varoittavat merkinnät. Omassa palo-osastossaan olevien kaasukeskusten kaasuputkien läpiviennit tiivistetään palokatkein. Kaasukeskus sijoitetaan teknisen työn opetustilojen läheisyyteen ulos julkisivuun kiinnitettynä. Nestekaasupulloa varten voidaan kaappi varustaa lämmitysmahdollisuudella, jolla varmistetaan nestekaasun virtaus. Pullojen kytkentää varten laaditaan käyttöohje, joka sijoitetaan kaasukeskuksiin. (Opetushallitus s.a. c.)



KUVA 3. Kaksiosainen kaasukeskus (Opetushallitus s.a. c)

Kaasukeskuksen toiseen osioon sijoitetaan palavat kaasut asetyleeni ja nestekaasu. Fysiikan ja kemian opetuksessa tarvittavat kaasupatruunat säilytetään asetyleenikaapissa niille varatuilla hyllyillä. Toiseen osaan sijoitetaan happipullot ja hitsauksessa tarvittavat suojakaasut Mison ja Arcon. Opetushallituksen ohjeistuksen mukaan kaappiin sijoitetaan kaksi happipulloa, kaksi Mison ja yksi Argon kaasupullo. Kaasupullojen kaatuminen tulee estää niitä varten olevilla ketjuilla. Kaasujen virtauksen ohjaamisen ja valvonnan vuoksi kaasujärjestelmä varustetaan lukittavalla ohjauskeskuksella. Ohjauskeskus sijoitetaan keskeiselle paikalle, josta se on helposti opettajan hallittavissa. Lisäksi kaasut varustetaan manuaalisilla sulkuventtiileillä, jotka sijoitetaan niin, että niihin on vain opettajalla pääsy. (Opetushallitus s.a. c.)

Teknisen työn opetuksessa ja joissakin purunpoistojärjestelmissä vaaditaan paineilmalaitteistoa. Paineilmaa voidaan käyttää esimerkiksi purunpoiston sulkupeltien ohjaamiseen ja suodattimien puhdistamiseen. Paineilmaa tarvitaan myös useissa työvälineissä ja työtehtävissä. Esimerkiksi lasertyöstö, CNC-jyrsin, ruiskumaalaus, paineilmatoimiset työkalut, raepuhallus ja osien tai kappaleiden puhdistukset vaativat paineilmaa. (Opetushallitus s.a. c.)

Paineilmakompressorin koko ja teho riippuu käytettävien työvälineiden ja laitteiden vaatimasta ilmamäärästä. Peruskouluissa riittää 7,5 kW:n ruuvikompressori, jossa ilman tuotto on 960 litraa minuutissa. Kompressorin sijoittamisessa tulee huomioida sen tuottamat äänet, jotka ovat tyypillisesti yllä mainitun kokoisessa laitteessa 65–66 dB. Äänet eivät saa kuulua muihin opetus- ja työtiloihin häiritsevästi. Kompressori voidaan sijoittaa esimerkiksi purunpoistotilaan tai ilmanvaihdon huoneeseen. Paineilmalaitteiston ohjaamista varten sijoitetaan opettajan työpisteen läheisyyteen paineilman käyttökytkin. (Opetushallitus s.a. c.)

Paineilmaverkoston suunnittelu tehdään teknisen työn laitteiden perusteella ja yhteistyössä käyttäjän kanssa. Taulukossa 4 on esitetty opetushallituksen mukaiset periaatteelliset paineilmapisteiden sijainnit (Opetushallitus s.a. c.).

TAULUKKO 4. Paineilmapisteiden periaatteellinen sijoittaminen (Opetushallitus s.a. c.)

Sijainti	Paineilmapisteiden määrä	Lisätiedot
1–6 lk:n teknisen työn työtapojen yleistyötila	1 kpl	
Vuosiluokkien 1–6 metallitöiden alue tai tila	1 kpl	
Vuosiluokkien 7–9 teknisen työn työtapojen yleistyötila	1 kpl	

(jatkuu)

TAULUKKO 4. (jatkuu)

Vuosiluokkien 7–9 metallitöiden alue tai tila	2 kpl	1 kpl raepuhalluskappille vedenerottimella ja paineensäätimellä
Vuosiluokkien 1–6 pintakäsittelytila	1 kpl	Vedenerottimella ja paineensäätimellä
Vuosiluokkien 7–9 pintakäsittelytila	1 kpl	Vedenerottimella ja paineensäätimellä
Monitoimitila	1 kpl	Vedenerottimella ja paineensäätimellä
Tulityötila	1 kpl	
Koneteknologian alue	1 kpl	
Koneellisen puuntyöstön tila	2 kpl	Toinen vedenerottimella ja paineensäätimellä CNC-jyrsimelle
Hiontatila	1 kpl	
Koneompelun alue tai tila	1 kpl	

3.5.5 ATEX-tilat ja -laitteet

Vuonna 2003 Suomessa astui voimaan ATEX-lainsäädäntö. Kaikkia työnantajia, joiden työntekijät voivat joutua alttiiksi syttyivistä nesteistä, kaasuista tai pölystä aiheutuvalla räjähdysvaaralle koskevat ATEX-työolosuhdesäädökset. ATEX tunnettiin aiemmin nimeltä Ex-määräys ja ne tarkoittavat lainsäädäntöä ja standardisointia, jotka koskevat räjähdysvaarallisia tiloja, niissä työskentelyä ja niissä käytettäviä laitteita. EU-alueella nämä perustuvat direktiiviin 94/9/EY (laitedirektiivi) ja 1999/92/EY (työolosuhdedirektiivi). (Tukes 2015, 3–5.)

Jos tilassa voi esiintyä räjähdysvaarallinen ilmaseos, se luokitellaan räjähdysvaaralliseksi tilaksi. Räjähdysvaarallisen ilmaseoksen voi muodostaa palava kaasu, sumu, höyry tai pöly yhdessä ilman kanssa. Syttyvien nesteiden ja kaasujen sekä pölyjen käsittelyn yhteydessä esiintyy suurin osa räjähdysvaaralliseksi luokitelluista tiloista. (Opetushallitus s.a. c.) ATEX-tilojen luokittelu jaotellaan taulukon 5

mukaisesti. Luokittelun määräytymisperusteena on räjähdyskelpoisen ilmaseoksen todennäköisyys. (Tukes 2015, 10–11).

TAULUKKO 5. Ex-tilojen tilaluokittelu (Tukes 2015, 11)

Tilaluokka	Kuvaus
Tilaluokka 0	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 1	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa oleva palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 2	Tila, jossa ilman ja kaasun, höyryn tai sumun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.
Tilaluokka 20	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.
Tilaluokka 21	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy normaalitoiminnassa satunnaisesti.
Tilaluokka 22	Tila, jossa ilman ja palavan pölyn muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen normaalitoiminnassa on epätodennäköistä ja se kestää esiintyessään vain lyhyen ajan.

Huomautukset: Palavien aineiden pölyjen kerrokset, kertymät ja kasaantumaton otettava huomioon samoin kuin muut syyt, jotka saattavat aiheuttaa räjähdyskelpoisen ilmaseoksen. Normaalitoiminnalla tarkoitetaan tilannetta, jossa laitteistoja käytetään suunnitteluarvojen sallimissa rajoissa.

Koulurakennuksissa tilaluokkaan 1 kuuluu asetyleenikeskus ja luokkaan 2 happikeskus. Nestekaasupullo ei aiheuta käyttölaitteeseen liitettynä

räjähdyksvaarallista tilaa, mikäli käytössä on vain yksi nestekaasupullo. Useamman nestekaasupullon kokonaisuus tarkoittaa, että varastointipaikan ympärillä on tilaluokan 2 räjähdysvaarallinen tila 1,5 metrin etäisyydellä. (Opetushallitus s.a. c.)

Pintakäsittelytilassa on usein maalaukseen käytettäviä aineita. Maalivaraston sisätila on tilaluokan 2 räjähdysvaarallista tilaa ja maalauskaapin sisätila on luokan 1 räjähdysvaarallista tilaa. Maalauskaapin poistoilmakanava ja poistoilmakoje sekä ulospuhallusaukko 1,5 metrin säteellä on luokan 2 räjähdysvaarallista tilaa. (Opetushallitus s.a. c.)

Puuntyöstöstä etenkin hionnassa syntyvää hiomapölyä voidaan pitää räjähdysvaarallisena, jos hiukkaskoko on alle 0,5 mm. Purunpoistolaitteisto oikein mitoitettuna poistaa kuitenkin pölyä riittävästi, ettei työstökoneiden sisäpuolisista tiloista muodostu pölyräjähdysvaarallista tilaa. Oikealla mitoituksella, käytöllä ja huollolla pölypitoisuus ilmassa ei yleensä nouse yli raja-arvon 20–2000 g/m³. (Opetushallitus s.a. c.)

Purun- ja pölynpoistojärjestelmä on sisäpuolelta luokan 22 pölyräjähdysvaarallista tilaa. Erottimen, suodattimen sekä erotinsäiliön sisäpuolinen tila luokan 21 pölyräjähdysvaarallista tilaa. Laitteistosta viedään räjähdyskanava turvalliseen suuntaan ja kanava varustetaan räjähdyspaneelilla tai murtokalvolla. (Opetushallitus s.a. c.)

Perusopetuksen käsityön opetustiloja ei yleensä tarvitse määritellä räjähdysvaarallisiksi tiloiksi. Opetushallituksen ohjeistuksen perusteella alla olevilla toimenpiteillä voidaan estää räjähdyskelpoisen ilmaseosten syntyminen:

- Pintakäsittelyssä käytetään ensisijaisesti vain vesiohenteisiä aineita, ja pintakäsittelyaineet sekä liuottimet säilytetään metallisessa, lukittavassa kaapissa, jossa on jatkuva poistoilmanvaihto.
- Ruisku- ja spraymaalaukset, sprayliimaus sekä liuotinpohjainen pintakäsittely tehdään ajastetulla poistolla varustetussa maalauskaapissa.
- Kaasulaitteet ja kärynpoistoimurit ovat määräysten mukaisia, ja niiden kunto tarkastetaan säännöllisesti.

- Laitteita käytetään opettajan valvonnassa, ja kaasupoltinta sytytettäessä kohdepoisto on päällä.
- Teräksen hionta ja katkaisu tehdään suojaverhon sisällä, ja kipinäsuihkua ei suunnata kaasunottopisteisiin tai kaasuletkuihin.
- Tulityötilassa ei säilytetä palavarakenteisia materiaaleja. Puuntyöstötilojen yläpölyjä tarkkaillaan ja siivous järjestetään säännöllisesti.
- Työnaikainen imurointi on käytössä puunhionnan aikana, ja työstökoneet puhdistetaan päivittäin.
- Purun- ja pölynpoisto on aina käynnissä työstökoneen käydessä, ja koneellisen puuntyöstön tilat imuroidaan jokaisen työskentelykerran jälkeen.
- Purun- ja pölynpoiston laitetilassa EX-tila rajoittuu laitteen kuorien sisäpuolelle, ja laite huolletaan säännöllisesti.
- Huollosta pidetään päiväkirjaa.
- Metallisiru imuroidaan erillisellä imurilla tai purun- ja pölynpoiston metallisiruimurilla. (Opetushallitus s.a. c.)

Akkutiloissa ja tiloissa, joissa ladataan akkuja, täytyy huomioida varaamisen aikana akuista syntyvät kaasut. Kaasutiiviitä kennoja lukuun ottamatta kaikista akuista syntyy ladattaessa vetyä ja happea. Tilaan voi syntyä räjähdysvaarallinen ilmaseos, jos tilan vetykonsentraatio ylittää 4 %_{vol}. Vedyn konsentraatio voidaan pitää ilmanvaihdon avulla alle räjähdysrajan, jolloin tilaa voidaan pitää turvallisena räjähdysvaaran osalta. (SFS-EN IEC 62485-2:2018, 20–21.)

4 LVIA-SUUNNITTELUOHJAUSPROSESSI

Rakennushankkeen suunnitteluprosessi kestää hankesuunnittelusta käyttöönotto- ja luovutusvaiheeseen. Suunnitteluohjausprosessi käynnistyy yleensä tarjouspyynnöstä ja kestää toteutussuunnitelmien valmistumiseen saakka. Tarjouspyyntövaihe on merkittävä ja tärkeä vaihe sillä ilman työksi saatua rakennushanketta suunnitteluohjausprosessi ei jatku tarjouksen laatimista pitemmälle. Työmaa-aikainen työmaatoiminnan tukeminen ja käyttöönotto- sekä luovutusvaihe on oma prosessinsa.

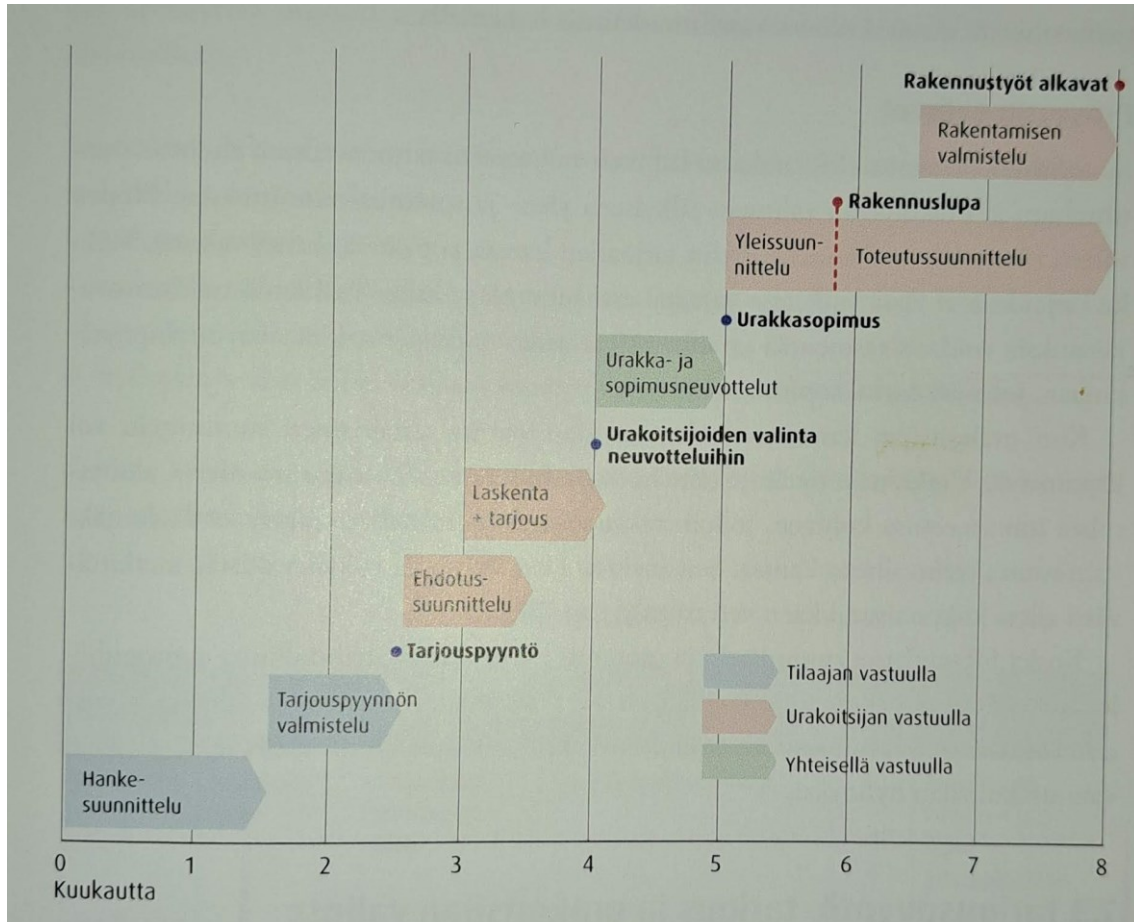
Suunnitteluohjauksessa olisi eduksi, että ohjauksesta vastaava olisi ohjattavan erityisalan asiantuntija. Tällöin vuoropuhelu suunnittelijan ja suunnitteluohjauksesta vastaavan henkilön välillä on huomattavasti selkeämpää ja molemmat täydentävät toisiaan. LVIA-suunnitteluohjauksesta vastaa yleensä rakennusliikkeen LVI-asiantuntija tai LVI-suunnittelun projektipäällikkö.

Suunnitteluohjausprosessi käynnistyy tarjouspyynnöstä urakoitsijan ehdotussuunnitteluvaiheella. Ehdotussuunnittelun aluksi hankkeelle valitaan suunnittelijat. Suunnittelijoiden valinnassa on huomioitava asetuksien ja tilaajan asettamat kokemus- ja pätevyysvaatimukset koulurakentamiselle. Hankintayksikkö voi lain 1397/2016 10. luvun 86 §:n mukaan asettaa vaatimuksia varmistaakseen tarjoajien riittävän osaamisen ja teknisen voimavaran (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa laaditaan urakoitsijan ehdotussuunnitelmat ja laaditaan laskenta-aineisto. Ehdotussuunnitteluvaiheen jälkeen ja osittain jo sen aikana käynnistyy laskenta- ja tarjousvaihe, jonka aikana lasketaan hankkeen kustannukset sekä viimeistellään kaikki tarjoukseen tarvittavat dokumentit. Tilaajan tarjousprosessin mukaan tarjousvaihe saattaa sisältää myös tarjoajan ja tilaajan välisiä ennakkoneuvotteluita.

Urakkasopimusta ennen käydään mahdollisia urakka- ja sopimusneuvotteluita, joiden päätteeksi laaditaan urakkasopimus. Yhteistoiminnallisissa urakoissa voi urakoitsijan valinnan jälkeen voi olla vielä kehitysvaihe, jonka päätteeksi vasta

laaditaan urakkasopimus. Urakkasopimuksen jälkeen käynnistyy yleissuunnittelu, jonka aikana laaditaan rakennuslupa-aineisto. Rakennusluvan jälkeen siirytään toteutussuunnitteluun, jonka kanssa osittain yhtä aikaa tehdään jo rakentamisen valmisteluita. Kuvassa 4 on esitettyä KVR-hankkeen periaatteellinen kulku.



KUVA 4. KVR-hankkeen periaatteellinen kulku hankesuunnittelusta rakennustöiden aloitukseen (Salminen 2020, 67)

4.1 Ehdotussuunnittelu- ja laskentavaihe

Tilaaaja määrittelee hankesuunnitelmilla ja tarjouspyyntömateriaalilla raamit, joiden perusteella urakoitsijat laativat omat vaihtoehtosuunnitelmat. Vaihtoehtosuunnitelmat laaditaan ehdotussuunnitteluvaiheessa, joiden perusteella lasketaan urakkatarjous ja laaditaan tarjousaineisto. Ehdotussuunnitteluvaiheessa suunnitelmat laaditaan sille tasolle, että ratkaisut ja kustannukset voidaan luotettavasti laskea. (Salminen 2020, 67–68.)

Laskenta-aineiston laadintaa varten on pidettävä laskennan ja suunnittelun lähtötietopalaverit. Laskentapalaveri pidetään tarvittaessa suunnitteluohjauksesta vastaavan ja laskennasta vastaavan välillä. Palaverin tarkoituksena on sopia, millainen laskenta-aineisto laskentaa varten laaditaan. Tyypillisesti isossa kouluhankkeessa laaditaan laskentaa varten kohteen kaikki konemitoitukset, LVIA-järjestelmäseloste, ilmanvaihdon sekä lämmityksen vaikutusaluekaaviot, runkoreiitit ja laitesijoittelu. Laskentamateriaalin laajuuteen ja tarkkuuteen vaikuttaa laskentamenetelmä. Laskentamenetelmä on riippuvainen käytettävissä olevasta aikataulusta, resursseista sekä kohteen erityispiirteistä.

Hyvällä laskennan suunnittelulla vältetään laskenta-aineiston laatimisessa turhaa työtä ja käytettävissä oleva aika käytetään kaikkein tärkeimpiin asioihin. Rakennuskohteet, joita on laskettu paljon ja joissa toistuvat samat järjestelmät, vaativat vähemmän tarkempaa laskentamateriaalia. Laskentapalaverin pohjalta laaditaan suunnittelijalle toimitettava listaus laskentaan tarvittavista materiaaleista.

Ehdotussuunnitteluvaiheessa käydään suunnittelijan kanssa lähtötietopalaveri, jossa käydään läpi hankkeen lähtötiedot suunnitteluohjeistuksen perusteella. Lähtötietopalaverin tarkoituksena on selventää suunnittelijalle pääurakoitsijan toivomat suunnitteluratkaisut. Hankkeen erityispiirteet käydään läpi tilaajan tarjouspyyntöaineistosta yhdessä suunnittelijan kanssa ja täydennetään niillä tiedoin LVIA-suunnitteluohjeistus.

Ehdotussuunnitteluvaihe sisältää usein työpaja tyyppisiä suunnitelmien esittely- ja kehittämispalavereita, joihin osallistuu ainakin arkkitehti, pedagoginen suunnittelija ja projektipäällikkö. Mahdollisiin TATE-työpajoihin, joissa käsitellään taloteknisiä asioita, osallistuu myös TATE-suunnittelijat ja suunnitteluohjauksesta vastaavat henkilöt.

Laskentavaiheessa viimeistellään tarjous ja siihen sisällytettävät liiteaineistot. Tilaajan tarjouspyyntöaineisto määrittelee, mitä suunnitelmia pitää laatia tarjouksen liitteeksi. Laadittavien tarjouspyynnön liitteiden määrä ja taso vaihtelee tarjouspyynnön vertailuperusteiden perusteella. Urakoitsijoiden tulee esittää tarjousaineistossaan, miten tilaajan asettamat laatuksiteerit toteutuvat suunnitteluratkaisussa (Siikavirta 2015, 155).

4.2 Yleis- ja toteutussuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheen tuotoksena saadaan ehdotussuunnitelman pohjalta kehitetty toteutuskelpoinen yleissuunnitelma. Yleissuunnittelu vaiheessa laaditaan rakennuslupa-aineisto, jolla voidaan hakea rakennuslupaa. Yleissuunnittelu vaiheessa suunnitelmia sovitetaan yhteen ja tehdään lopulliset päätökset teknisistä ratkaisuista. (Ympäristöministeriö s.a. c.)

Suunnittelun lähtötietopalaveri pidetään uudelleen yleissuunnittelun käynnistyessä LVIA-suunnittelijan kanssa, siinä tarkennetaan suunnittelun lähtötietoja lopullisen tarjouksen ja laskennan perusteella. Yleissuunnittelu- tai mahdollisen kehitysvaiheen alussa pidetään myös LVIA-suunnittelun ja toteutuksen lähtötietopalaveri, jossa esitellään tilaajalle urakoitsijan tarjouksen perusteella laatimat lähtötiedot sekä kehitysehdotukset mahdollisista kehityskohteista.

Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen ohjauksen osalta sovitaan lähtötiedot, joiden perusteella suunnitellaan ilmanvaihdon ohjaustavat ja -mahdollisuudet. Erityisjärjestelmistä, kuten käsitöiden oppimisympäristöjen purun- ja pölynpoistojärjestelmät, kaasun- ja paineilmajärjestelmät ja kohdepoistolaitteet, pidetään tarvittaessa erillispalaverit, joihin pyydetään mukaan käyttäjiä.

Opetushallituksen osana Terveet tilat 2028-ohjelmaa tilaaman Yleissivistävien oppilaitosrakennusten nykytilaselvityksen mukaan suunnitteluprosessia voitaisiin kehittää osallistamalla ja sitouttamalla käyttäjät prosessiin. Selvityksen haastattelujen pohjalta todetaan, että pedagoginen suunnittelu on tärkeä käyttäjän sitouttamisen kannalta ja antaa hyvät lähtökohdat suunnittelijoille hankkeeseen. (FCG Konsultointi Oy 2020, 73.)

5 LVIA-SUUNNITTELUOHJAUKSEN DOKUMENTIT

Suunnitteluohjauksen apuna toimii useat dokumentit, joilla pyritään antamaan suunnittelijalle riittävät ja selkeät lähtötiedot tavoitteen mukaisen suunnittelun toteutukseen. Suunnitteluohjeistus on suunnittelunohjauksesta vastaavalle tärkeä dokumentti, jolla määritetään lähtötiedot erityissuunnittelijoille. Opinnäytetyön teoriaosuuteen ei ole liitetty opinnäytetyönä laadittua koulurakennuksen LVIA-suunnitteluohjetta.

Koulurakentaminen vaatii paljon talotekniikan suunnitelmia ja niiden käsittely yhtenä kokonaisuutena ei ole millään muotoa järkevä eikä toimiva ratkaisu. Isossa rakennushankkeessa toteutussuunnitelmien kommentointi ja hyväksyntä on järkevää pilkkoa pienempiin osiin, niin sanottuihin suunnitelmapaketteihin. Erillisjärjestelmiä ja tiloja, kuten valmistuskeittiö ja taitoaineet, voi olla tarpeen katselmoida erikseen kyseisen käyttäjän ja asiantuntijoiden kanssa.

Osana opinnäytetyön suunnitteluohjauksen kehittämistä tunnistettiin, että valmiille selkeälle suunnittelupakettien ja suunnitelmakatselmuksien pöytäkirjojen mallipohjalle on tarvetta. Opinnäytetyössä kehitettiin valmis Excel-mallipohja, joka toimii LVIAJ- ja sähkösuunnittelun ohjauksessa, suunnitelmapakettijaon suunnittelussa ja aikataulutuksessa. Suunnitelmapakettijaon mallipohja on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 1.

Opinnäytetyössä kehitettiin valmis Excel-mallipohja, joka toimii LVIAJ- ja sähkösuunnittelun ohjauksessa suunnitelmakatselmusten pöytäkirjana. Suunnitelmapakettijakoasiakirjassa aikataulutetaan katselmukset. Pöytäkirjaan kirjataan kaikki katselmuksessa katselmoidut suunnitelmat ja asiakirjat sekä niihin mahdollisesti tulleet kommentit. Katselmuspöytäkirjamallipohja on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 2.

5.1 Suunnitteluohjeistus

Koulurakentamisen erityispiirteistä ja tilaajien erilaisista vaatimuksista johtuen suunnitteluohjeistus pitää tarkentaa hankekohtaisesti. Laadittu suunnitteluohjeistus antaa selkeät raamit suunnitteluperusteiden hankekohtaiseen tarkentamiseen.

Hankemuodon mukaan urakoitsija voi vastata suunnitelmien laatimisesta täysin tai osittain mikä antaa tekniseen toteutukseen vaihtoehtoja. Laadittu suunnitteluohjeistus toimii urakoitsijan suunnittelunohjauksesta vastaavan työkaluna lähtötietojen määrittämisessä LVIA-suunnittelijalle sekä tilaajalle esittämisessä.

Erityissuunnittelijoilla on rakentamislain mukainen vastuu siitä, että erityissuunnitelmat ovat rakentamista koskevien säännösten ja määräysten mukaiset sekä täyttävät hyvän rakennustavan vaatimukset (Rakentamislaki 751/2023, 94 §). Suunnitteluohjeistuksen luonne on ohjaava ja se ottaa kantaa tekniseen toteutukseen. Tilaajan tarjouspyynnön vaatimukset tulee täyttää suunnitteluohjeen kirjauksista huolimatta, ellei muuta ole sovittu.

5.2 Suunnitelmapakettijako

Rakennushankkeen suunnittelu voidaan jakaa pienempiin osiin, joita kutsutaan suunnitelmapaketeiksi. Nämä paketit voidaan muodostaa esimerkiksi tehtävälueutteloiden perusteella. Suunnitelmapaketti sisältää kaikki tarvittavat suunnitelmat, jotka tarvitaan hankkeen toteuttamiseen, ja se voi palvella yhtä tai useampaa hankintapakettia. Suunnitelmapaketteja voidaan käyttää myös niin, että ne kattavat tietyn rakennusvaiheen tai alueen, kuten maanrakennusvaiheen, perustusvaiheen, runkovaiheen, rakennuksen vaipan tai sisävalmistusvaiheen. (RT 10-11224 2016, 3.)

Suunnitelmapaketeissa esitetään sekä LVIA että sähkön suunnitelmapaketit, niiden aikataulut sekä sisältö. Suunnitelmapaketteja laaditaan niin monta kuin kohteen laajuuden mukaan on tarpeellista, koulurakentamisessa yleensä kuusi. Talotekniikan suunnitelmapakettien aikataulut yhteensovitetaan muun

suunnittelun sekä hankinta-aikataulun kanssa. Rakennushankkeen suunnittelun etenemisen kannalta on tärkeää, että lähtötiedot ovat oikeaan aikaan kunkin osapuolen saatavilla. Suunnitelmapaketteihin kirjataan kaikki suunnitelmat ja asiat, jotka halutaan esittää kyseisen suunnittelupaketin aikataulussa. Suunnitelmapaketeittain aikataulutetaan suunnitelmien kommentointi sekä suunnitelmien katselmukset. Suunnitelmien kommentointiin ja läpikäyntiin ennen katselmusta varataan riittävästi aikaa sekä urakoitsijalle että tilaajalle.

5.3 Suunnitelmakatselmus

Suunnitelmakatselmukset ovat tilaisuuksia, joissa sopijapuolet toteavat pätevästi suunnitelmien sisällön, suunnitelmien valmiuden töiden aloitukseen tai suunnitelmien toimittamiseen liittyvän seikan näkökulmasta. Katselmukset toimivat osana ennakoivaa laadunhallintaa ja laatuvirheiden ennaltaehkäisyä. Tarkoituksena on vähentää suunnitelmien aiheuttamia ristiriitoja, epäselvyyksiä ja aikatauluongelmia. Katselmuksessa voidaan todeta erityiset riskialttiit kohdat, joihin urakoitsijan tulee kiinnittää huomiota toteutuksessa ja laadunvarmistuksessa. Katselmuksia pidetään tarpeen mukaan myös urakkaneuvotteluvaiheessa tai ennen uuden työvaiheen alkua. (Kankainen & Junnola 2016, 123.)

Suunnitelmakatselmuksen pöytäkirjan mallipohjan kehittämisessä on pyritty helppoon käytettävyyteen ja luettavuuteen. Tarkoituksena on käyttää samaa dokumenttipohjaa koko hankkeen ajan, jolloin viimeisimmästä tulosteesta näkee kaikki edeltävienkin katselmusten sisällön ja kommentit. Katselmuspöytäkirjaan tuodaan dokumenttipankista katselmoitavien suunnitelmien nimet selitteiden ja pankitus päivämäärien kanssa.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli luoda yhteneväiset LVIA-suunnitteluohjeet koulurakentamiseen sekä tunnistaa ja etsiä nykyisen suunnitteluohjausprosessin epäkohtia. Työssä laadittiin ja kehitettiin mallipohjat LVIA-suunnitteluohjeistukseen, suunnitelmapakettijakoon ja suunnitelmakatselmuksen pöytäkirjaan.

LVIA-suunnitteluohjeistus toimii suunnitteluohjauksesta vastaavan työkaluna lähtötietojen määrittämisessä suunnittelijalle sekä hankkeen tilaajalle. Ohjeen luonne on ohjaava ja antaa raamit suunnitteluperusteiden hankekohtaiseen tarkennukseen mikä helpottaa suunnitteluohjausta. Suunnitteluohjeistus laadittiin palvelemaan koulurakentamisen suunnittelua, mutta sen laadinnassa on otettu huomioon, että sitä voidaan soveltaa ja kehittää pienellä muokkauksella myös muun tyyppisten rakennusten suunnitteluohjeena.

Suunnitelmien osiin jakamista ja katselmointia varten kehitettiin suunnitelmapakettijako -mallipohja, joka toimii suunnitelmapakettien määrittämisessä ja aika-tauluttamisessa sekä LVIA, että sähkösuunnitelmien osalta. Suunnitelmakatselmustilaisuuksien dokumentointia kehitettiin yhtenevä katselmointipöytäkirjapohja, joka kehitettiin mahdollisimman helppokäyttöiseksi ja helposti luettavaksi.

Koulurakentamisessa käytetään tänä päivänä paljon KVR-hankemuotoa eli kokonaisvastuurakentamista, jossa urakoitsija vastaa suunnittelusta ja toteutuksesta. KVR-hankkeessa urakoitsijan suunnitteluohjauksen merkitys korostuu ja opinnäytetyönä laadittu suunnitteluohjeistus sekä muut mallidokumentit palvelee tässä hankemuodossa erityisen hyvin.

Koulurakentamiset tapahtuvat julkisen kilpailutuksen kautta ja täysin hinnalla kilpailtaessa rakentamisen laatutaso voi kärsiä. Tästä syystä suurten yhteiskunta-kiinteistöjen rakentamisessa kannattaisi suosia laatukilpailutusta. Laatukilpailutus voidaan toteuttaa joko niin, että kilpailutetaan pelkkää laatua esimerkiksi kattohinnalla tai yhdistetty hinta- ja laatukilpailu. Hyvin laaditulla laatukilpailutuksella tilaaja varmistaa kokonaistaloudellisimman ratkaisun koko rakennuksen elinkaarenaikana.

LÄHTEET

Alanne, K., Holopainen, R., Hyvärinen, J., Kaappola, E., Ketomäki, J., Kurnitski, J., Könkö, S., Pylsy, P., Railio, J., Seppänen, O., Vuolle, M., Vuorinen, P. & Yrjölä, J. 2024. Rakennusten energiatekniikka. Talotekniikka-Julkaisut Oy. Helsinki.

Arkkitehtuurimuseo s.a. a. Koulurakentamisen historiaa. Arkkitehtuurimuseon tietopaketti. Luettavissa: <https://www.mfa.fi/kokoelmat/tietopaketit/koulurakentamisen-historiaa/>. Luettu: 24.1.2025.

Arkkitehtuurimuseo s.a. b. Koulurakentamisen historiaa. 1970-luku. Arkkitehtuurimuseon tietopaketti. Luettavissa: <https://www.mfa.fi/kokoelmat/tietopaketit/koulurakentamisen-historiaa/1970-luku/>. Luettu: 24.1.2025.

Energiatodistusrekisteri tilastot s.a. Luettavissa: <https://www.energiatodistusrekisteri.fi/tilastot>. Luettu: 15.3.2025.

Eskola, L. & Björkroth, M. 14.10.2019. Rakennusten paine-erojen mittausohje-projektin loppuraportti. Luettavissa: <https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/rakennusten-paine-erojen-mittausohje-loppuraportti>. Luettu: 22.3.2025.

FCG Konsultointi Oy 2020. Terveet tilat 2028: Yleissivistävien oppilaitosrakennusten nykytilaselvitys. Luettavissa: <https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/terveet-tilat-2028-yleissivistavien-oppilaitosrakennusten>. Luettu: 13.4.2025.

FINVAC ry s.a. IV-suunnittelun oppaat. Luettavissa: <https://finvac.org/iv-oppaat/>. Luettu: 11.2.2025.

Hagner, B. 2019. Kun isoisä fläktiltä pajatuhottimen osti. LVI-alan historiakooste 2019. E-kirja. Börje Hagner. Tampere.

Häkkinen, T. & Ala-Kotila, P. 2019. Monikäyttöisyys ja muunneltavuus kestävässä rakentamisessa. VTT Technology 363. Luettavissa: <https://doi.org/10.32040/2242-122X.2019.T363>. Luettu: 27.3.2025.

Kankainen, J. & Junnola, J. 2016. Urakoitsijan sopimusasiat. Rakennustieto Oy. Helsinki.

Kaunisvirta, L. 10.3.2024. Urakkamuodot vertailussa – Valitse oikea toteutusmuoto rakennushankkeelle. Fira Oy. Luettavissa: <https://fira.fi/blog/valitse-oikea-toteutusmuoto-rakennushankkeelle-urakkamuodot-vertailussa/>. Luettu: 12.03.2025.

Kukkonen, E. 17.6.2014. Tutkimustietoa – Hyvä sisäilmasto auttaa oppimaan. Sisäilmautiset. Luettavissa: <https://sisailmautiset.fi/hyva-sisailmasto-auttaa-oppimista/>. Luettu: 6.3.2025.

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista 1397/2016. Luettavissa: https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadosko-koelma/2016/1397#OT1_OT5_OT6. Luettu: 4.4.2025.

Opetushallitus s.a. a. Turvallinen ja terveellinen päiväkotij- ja koulurakennus. Luettavissa: <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/turvallinen-ja-terveellinen-paivakoti-ja-koulurakennus>. Luettu: 21.2.2025.

Opetushallitus s.a. b. Käsiyön oppimis- ja työympäristön suunnitteluopas. Luettavissa: <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/perusopetus/kasityo-perusopetuksessa/kasityon-oppimisympariston-suunnitteluopas>. Luettu: 15.3.2025.

Opetushallitus s.a. c. 4. Käsiyön oppimis- ja työympäristön tekniset vaatimukset. Luettavissa: <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/4-kasityon-oppimis-ja-tyoympariston-tekniset-vaatimukset>. Luettu: 23.3.2025

Opetushallitus s.a. d. 5. Käsiyön oppimis- ja työympäristön tilakortit. Muovintyöskö-ön alue tai -tila. Luettavissa: <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/muovintyoston-alue-tai-tila>. Luettu: 8.4.2025.

Opetus- ja kulttuuriministeriö 2015. Oppilaitosrakennusten turvallisuus. Luettavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75199/tr02.pdf>. Luettu: 27.3.2025.

Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto 1987. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. Luettavissa: https://ym.fi/documents/1410903/0/D2_1987_K.pdf/1c97e349-d573-42c3-31a7-8dc373df80ac/D2_1987_K.pdf?t=1738920033920. Luettu: 10.2.2025.

Rakentamislaki 751/2023 Luettavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskoelma/2023/751#Lidm46263583086816>. Luettu: 20.3.2025.

RT 10-11224. 2016. Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu. RT-ohjekortti. Luettavissa: <https://kortistot-rakennustieto.fi.ezp.oamk.fi:2047/kortit/RT%2010-11256>. Vaatii kirjautumisen. Luettu: 17.3.2025.

RT 07-11299. Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunniteluohjeet ja tuotevaatimukset. Luettavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2007-11299>. Vaatii kirjautumisen. Luettu: 23.2.2025.

Sainio, J. s.a. a. Lämpö, vesi ja ilmanvaihto 1950-luvun kouluissa. Luettavissa: <https://www.koulurakennus.fi/1950-luvun-koulu/talotekniikka>. Luettu: 24.1.2025.

Sainio, J. s.a. b. Lämpö, vesi ja ilmanvaihto 1960-luvun kouluissa. Luettavissa: <https://www.koulurakennus.fi/1960-luvun-koulu/talotekniikka>. Luettu: 2.2.1.2025.

Sainio, J. s.a. c. Lämpö, vesi ja ilmanvaihto 1970-luvun kouluissa. Luettavissa: <https://www.koulurakennus.fi/1970-luvun-koulu/talotekniikka>. Luettu: 2.2.2025.

Salminen, J. 2020. Rakennushankkeen uusiutuvat toteutusmuodot. 2. uudistettu painos. Rakennustieto Oy. Helsinki.

SFS-EN IEC 62485-2:2018. Paikallisakkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 2: Paikallisakut. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki. Luettavissa: <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuoteuutiset/paikallisakkujenturvallisuusvaatimukset.html.stx>. Vaatii lisenssin. Luettu: 4.4.2025.

Sillvan, T. 5.9.2016. Muovisissa desibeliviemäreissä selkeästi kaksi äänieristävyyssluokkaa. Rakennusfakta. Luettavissa:

<https://www.rakennusfakta.fi/muovisissa-desibeliviemareissa-selkeasti-kaksi-aanieristavyysluokkaa-102764/uutiset.html>. Luettu: 16.3.2025.

Siikavirta, K. 2015. Julkisten hankintojen perusteet. Edita Publishing Oy. Helsinki.

Sisäilmayhdistys ry s.a. Sisäilmastoluokitus 2018 Luettavissa: <https://sisailmayhdistys.fi/julkaisut/>. Luettu: 23.2.2025.

Standertskjöld, E. 2017. 1970-luku avotilat ja monikäyttöisyys tavoitteina peruskoulurakennuksissa. Museovirasto. Rakennettuhuvinvointi.fi Luettavissa: <https://www.rakennettuhuvinvointi.fi/fi/koulurakennukset/1970-luku-avotilat-ja-monikayttoisyys-tavoitteina-peruskoulurakennuksissa>. Luettu: 27.3.2025.

Tukes 2015. ATEX Räjähdyksivaarallisten tilojen turvallisuus. Luettavissa: <https://tukes.fi/documents/5470659/6406815/ATEX%20r%C3%A4j%C3%A4hdysvaarallisten%20tilojen%20turvallisuus/310d29f5-57bc-431a-90e5-27bf0b6e0f8d>. Luettu: 30.3.2025.

Työterveyslaitos 2020. 3D-tulostuksen kemikaaliturvallisuus työpaikoilla. Malliratkaisu. Luettavissa: <https://www.ttl.fi/file-download/download/public/2380>. Luettu: 11.4.2025.

Valtioneuvoston asetus uuden rakennuksen hiilijalanjäljen raja-arvoista. Luonnos. Luettavissa: <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?proposalId=ab777191-373b-43ac-bc10-66551e3dc7ec&attachmentId=24278>. Luettu: 15.3.2025.

Ympäristöministeriö 10.12.2024. Valtioneuvoston asetus rakentamisen suunnittelutehtävien ja työnjohtotehtävien vaatavuusluokkien määräytymisestä sekä tehtävissä edellytettävistä koulutuksista. Perustelumuistio. Luettavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Perustelumuistio-ymparistoministerion-asetuksesta-rakentamista-koskevista-suunnitelmista-ja-selvityksista-4BE96E11_C32A_4CF3_A1AE_2B89DD919DCD-109142.pdf/f615a04a-07f5-ff12-8992-46211a5f4212/Perustelumuistio-ymparistoministerion-asetuksesta-rakentamista-koskevista-suunnitelmista-ja-selvityksista-

[4BE96E11_C32A_4CF3_A1AE_2B89DD919DCD-109142.pdf?t=1600745626856](#). Luettu: 5.3.2025.

Ympäristöministeriö s.a. a. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Luettavissa: <https://ym.fi/rakentamismaaraykset>. Luettu: 11.2.2025.

Ympäristöministeriö s.a. b. Rakentamislaki sujuvoittaa rakentamista ja edistää päästövähennyksiä ja kierto-taloutta. Luettavissa: <https://ym.fi/rakentamislaki>. Luettu: 21.2.2025.

Ympäristöministeriö s.a. c. Terveet tilat 2028. Yleis- ja toteutussuunnittelu. Luettavissa: <https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen/rakennushankkeen-vaiheet/yleis-ja-toteutussuunnittelu>. Luettu: 27.4.2025.

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä ja rakennustuoteluettelosta 1027/2024. Luettavissa: <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2024/20241027>. Luettu: 21.2.2025.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Luettavissa: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadaskoelma/2017/1010>. Luettu: 15.3.2025.

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta 1009/2017. Luettavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171009#Pidm46263581925184>. Luettu: 11.2.2025.

LIITTEET

Liite 1 Suunnitelmapaketit LVIAS Malli Koulu (Vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 2 Katselmuspöytäkirja Malli Koulu (Vain toimeksiantajan käyttöön)

Liite 3 Purun- ja pölynpoistojärjestelmään kytkettävät laitteet

Liite 4 Työstökoneiden suositusilmamäärät

PURUN- JA PÖLYNPOISTOJÄRJESTELMÄÄN KYTKETTÄVÄT LAITTEET LIITE 3

Järjestelmään kytkettävät laitteet, esimerkkiluettelo (Opetushallitus s.a. c.)

Jos konetta tai laitetta ei kytketä kiinteästi purun- ja pölynpoiston järjestelmään, niin siitä on mainittu erikseen alla olevassa esimerkkiluettelossa.

Koneellisen puuntyöstön tila

- tarkistuspyörösaha
- vannesaha
- oikohöylä
- tasohöylä
- oiko- ja tasohöylä (yhdistelmäkone, jos kyseessä on erillinen vuosiluokien 1–6 koulu)
- alajyrsin
- puusorvi (voidaan sijoittaa myös hiontatilaan)
- CNC-jyrsin
- tilaan varataan vähintään kaksi siivouspistettä

Puutavaravarasto

- katkaisupyörösaha
- tilaan varataan kaksi siivouspistettä

Hiontatila

- hiontapöytä, jonka yhteydessä purunpoistojärjestelmän poistopisteet käsikäyttöisille hiomakoneille
- reunahiomakone
- laikkahiomakone
- pystynauhahiomakone
- tappihiomakone
- puusorvi (mikäli ei sijoiteta konetyöstön tilaan)
- tilaan varataan vähintään kaksi siivouspistettä

Teknisen työn työtapojen yleistyötila

- konelehtisaha (2–3 kpl / yleistyötila)
- höyläpenkit (jokaisen höyläpenkin päälle varataan siivouspiste, korkeus 1600 mm)
- pylväsporakone (ei kytketä purunpoistoon, koneelle varataan siivouspiste)
- talttaporakone (ei kytketä purunpoistoon, koneelle varataan siivouspiste)
- tilaan varataan lisäksi yksi tai kaksi siivouspistettä

Metallitöiden alue tai -tila

- metallityöpöytien päälle varataan metallisirun siivouspiste

- seuraavia koneita ei kytketä metallisirunpoistoon, koneille varataan metallisirun siivouspiste
 - pylväsporakone
 - metallivannesaha tai kylmäpyörösaha
 - metallijyrsin
 - metallisorvi

Metallimateriaalien varasto

- metallisaha (ei kytketä metallisirun poistoon, koneelle varataan metallisirun siivouspiste)

Monitoimitila

- tilaan voidaan varata yksi siivouspiste

Tulityötila

- nauhahiomakone
- penkkihiomakone
- lisäksi tilaan varataan lisäksi ainakin yksi metallisirun siivouspiste

Tekstiilityön työtapojen yleistyötila

- saumuri 4–6 kpl
- ompelukone
- kankaiden leikkauspöytä
- tekstiilimateriaalivarasto

Ompelukoneita ei kytketä suoraan pölynpoistoon, koneille varataan siivouspisteet. Myös kankaiden leikkauspöydälle tai sen läheisyyteen sekä erilliseen tekstiilimateriaalivarastoon varataan siivouspisteet.

Lankatöiden alue tai tila

- neulekone
- neuluri
- kangaspuut

Lankatöiden koneita ja laitteita ei kytketä pölynpoistoon, läheisyyteen varataan siivouspiste

Työstökoneiden suositusilmamäärät, esimerkkiluettelo (Opetushallitus s.a. c.)

Tila	Ilmamäärä m ³ /h	Paine Pascalina	Huomioitavaa	Korkeapaineimu (pöly) / matalapaineimu (puru)
Tarkistuspyörösaha	1600	800	160 mm letku	MP
Oikohöylä	1250	700	125 mm letku	MP
Katkaisujiirisaha	500	22150	40 mm letku / 3m	KP
Tasohöylä	1600	600	160 mm letku	MP
Oiko- ja tasohöylä	1600	600	160 mm letku	MP
Vannesaha	1300	650	125 mm letku	MP
CNC-jyrsin	1300	650	125 mm letku	MP
Alajyrsin	1850	1300	125 mm letku	MP
Jyrsin-pöytä yhdistelmä	1850	1500	125 mm letku	MP
Reunahiomakone	2050–3000	1800	160 mm letku	MP
Laikkahiomakone	600	10600	50 mm letku	KP
Tappihiomakone	530	22500	40 mm letku / 3m	KP
Konelehtisaha	300	15000	Erittäin pieni rako, joten iso paine. Terä pitää imeä puhtaaksi.	KP
Siivouspiste	300 käytössä olevaa pistettä kohden	22500	40 mm letku / 5 m.	KP
Hiontapöytä	1850	400	160 mm letku.	KP
Käsihiomakone	250	18 000	32 mm letku.	KP
Tekstiilityön työtapojen pölynpoistopisteet (ompeelukoneet ja saumurit)	250 käytössä olevaa pistettä kohden	vähintään 22500	40 mm letku / 5 m.	KP