

Saku Korhonen

Ilmanvaihto räjähdysvaarallisissa tiloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

26.4.2013

Tekijä Otsikko	Saku Korhonen Ilmanvaihto räjähdysvaarallisissa tiloissa
Sivumäärä Aika	22 sivua + 6 liitettä 26.4.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaajat	LVI-insinööri Timo Niemi LVI-tekniikan lehtori Jorma Säteri
<p>Insinöörityössä selvitettiin räjähdysvaarallisten tilojen erityispiirteitä ilmanvaihdon näkökulmasta. Kaksiosaisen työn ensimmäisessä osassa käsiteltiin räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien laitteiden teoriaa. Toisessa osassa opittua tietoa hyödynnettiin esimerkkikohteen ilmanvaihtosuunnitelmiin.</p> <p>Teoriaosiossa koottiin ATEX- laite- ja olosuhdedirektiivien sekä aiheeseen liittyvien EN-standardien keskeinen sisältö kompaktiin muotoon. Helppolukuinen teksti yhdessä informatiivisten taulukoiden ja kuvien kanssa auttaa lukijaa ymmärtämään räjähdysvaarallisten tilojen luokittelua ja turvallisuutta koskevia periaatteita. Räjähdysvaarallisten tilojen ilmanvaihtoa käsiteltiin erillisellä kappaleella.</p> <p>Kytäjä Golf Oy:n toimeksi antama ilmanvaihdon suunnittelu liittyi räjähdysvaarallisen ilman laimentamiseen. Golfautojen säilytys- ja lataustila suunniteltiin turvallisuuden ehdoilla siten, että ajovoima-akkujen latauksessa syntyvä vetykaasu ei aiheuttaisi tilassa räjähdysvaaraa. Suunnittelukohteen ongelmana oli kaasupitoisuuden laimentamiseen käytettävien mitoitusperusteiden huono sovellettavuus. Sopivien ilmavirtojen määrittäminen ratkaistiin kohteen ominaisuuksia paremmin huomioivilla laskutavoilla.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, ATEX, vety

Author Title	Saku Korhonen Ventilation in explosive spaces
Number of Pages Date	22 pages + 6 appendices 26 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructors	Timo Niemi, BEng Jorma Säteri, Senior Lecturer
<p>This final year project dealt with explosive spaces with the main focus being in ventilation. First, information from ATEX directives and related EN standards was gathered into a compact form. Easy-to-read text with informative tables and pictures helps the reader to understand the classification of potentially explosive spaces and the safety principles. Ventilation in explosive spaces was also examined briefly.</p> <p>The knowledge gathered was then used to plan a ventilation system that would dilute high hydrogen levels in a storage space for golf carts. The major problem in the project was to figure out suitable equations for the required air flow. The solution was a combination of existing equations and logical deduction.</p> <p>Bachelor's thesis is valuable for people who want to learn the basics of explosive spaces and explosion protected devices. A real-life example gives some substance to the theory.</p>	
Keywords	ventilation, ATEX, oxygen

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	ATEX-direktiivit	1
2.1	EU:n jäsenvaltioiden yhteinen käytäntö	1
2.2	Laite- ja olosuhdedirektiivit	2
3	Ex-laitteet	2
3.1	Ex-laitteen ominaisuudet	2
3.2	Laiteluokat ja -valinta	3
3.3	Räjähdyssuojaurakenteet	4
4	Ex-tilat	5
4.1	Ex-tila yleisesti	5
4.2	Tilaluokat	6
4.3	Turvallisuus	7
5	Ilmanvaihto Ex-tilassa	8
5.1	Räjähdyriskin pienentäminen	8
5.2	Räjähdyksen estäminen	9
5.3	Huomioitavaa ilmavaihdon suunnittelussa	9
5.4	Esimerkki puhaltimen merkinnästä	11
6	Case: Golfautojen lataustilan ilmanvaihdon suunnittelu	11
6.1	Suunnittelukohde	11
6.2	Rakennuksen piirustukset	12
6.3	Esiselvitys	13
6.3.1	Tilojen ja tarpeiden kartoitus	13
6.3.2	Lähtötiedot akkujen lataustoiminnalle	14
6.4	Ilmanvaihdon suunnittelu	15
6.4.1	Työkalut ja menetelmät	15
6.4.2	Vetykaasun muodostuminen ja laimentaminen	15
6.4.3	Muut suojelutoimenpiteet	18
6.4.4	Ilmavirrat tiloittain	18
6.4.5	Ilmanvaihtokoneen valinta	19

6.4.6	Kanaviston suunnittelu	19
6.4.7	Kanavatuotteet	19
6.4.8	Päätelaitteet	20
6.5	Suunnitteludokumentit	20
6.6	Energiaselvitys	20
6.7	Lupahakemus	20
7	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

Liitteet

Liite 1. Club Car, Golf Car Storage Layout Program (sivut 1 ja 5)

Liite 2. Suunnittelukohde, Pohjapiirustus

Liite 3. Suunnittelukohde, Leikkaus A – A

Liite 4. Suunnittelukohde, IV-työselitys

Liite 5. Suunnittelukohde, IV-suunnitelmaselvitys

Liite 6. Suunnittelukohde, Kaasupitoisuuslaskelma

Lyhenteet

ATEX atmosphères explosibles, räjähtävät olosuhteet

Ex-tila räjähdysvaarallinen tila

Ex-laite räjähdysvaarallisessa tilassa käytettävä laite

1 Johdanto

Insinööriyössä selvitetään räjähdysvaarallisten tilojen erityispiirteitä ilmanvaihdon näkökulmasta. Kaksiosaisen työn ensimmäinen osa käsittelee räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien laitteiden teoriaa. Toisessa osassa opittua tietoa hyödynnetään esimerkkikohteen ilmanvaihtosuunnitelmiin.

Suunnittelukohteen toimeksiantaja on Kytäjä Golf Oy. Tarpeen suunnittelulle luo golfautojen lataustoiminnassa syntyvä vetykaasu, joka riittävän korkeassa pitoisuudessa aiheuttaa räjähdysvaaran. Tavoitteena on suunnitella riittävät ilmamäärät ja muut suojelutoimenpiteet tilan turvallisen käytön takaamiseksi.

Insinööriyön teoriaosio kokoaa ATEX- laite- ja olosuhdedirektiivien sekä aiheeseen liittyvien EN-standardien pääkohdat kompaktiin helppolukaiseen muotoon. Ilmanvaihtoon liittyviin ongelmiin ja ratkaisuihin syvennyttään tarkemmin erillisellä kappaleella.

Työn sisältö ei anna lukijalle valmiita suunnitteluperusteita. Se kuitenkin auttaa ymmärtämän, mitä kaikkea on otettava huomioon, kun kaasu, neste tai pöly aiheuttaa tilassa räjähdysvaaran.

2 ATEX direktiivit

2.1 EU:n jäsenvaltioiden yhteinen käytäntö

ATEX on lyhenne ranskan sanoista *atmosphères explosibles* ja tarkoittaa suomennettuna räjähtäviä olosuhteita. ATEX pitää sisällään kaksi direktiiviä, joiden tarkoitus on suojella räjähdysvaarallisissa tiloissa työskenteleviä ihmisiä. Direktiiveillä pyritään yhtenäistämään EU:n jäsenvaltioiden räjähdysvaarallisten tilojen ja niissä käytettävien koneiden ja laitteiden turvallisuusvaatimuksia. [1]

2.2 Laite- ja olosuhdedirektiivit

ATEX- laite- ja suojajärjestelmädirektiivi (94/9/EY) koskee räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäväksi tarkoitettuja tuotteita; niiden suunnittelua, valmistusta, markkinoille saatamista ja käyttöönottoa. Direktiivin käytännön soveltamisen tueksi on laadittu yhdenmukaistettuja EN-standardeja, joiden avulla direktiivin vaatimukset voidaan toteuttaa. Laitteita ja suojajärjestelmiä koskeva lainsäädäntö ja velvoitteet ovat olleet voimassa 1.7.2003 lähtien. [2]

ATEX-olosuhdedirektiivi (1999/92/EY) koskee sellaisia tuotantolaitoksia ja työpaikkoja, joissa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Direktiivissä käsitellään laitoksen työolosuhteita, tilaluokitusta ja laitteiden oikeaa valintaa. Merkittävänä lisänä vanhaan lainsäädäntöön on työnantajalta vaadittava räjähdysuojausasiakirja, joka pitää sisällään vaaratekijöiden tunnistamisen, riskien arvioinnin ja niiden erityistoimenpiteiden määrittelyn. Olosuhteita koskeva lainsäädäntö ja velvoitteet ovat olleet voimassa 1.9.2003 lähtien. Olemassa olevien tilojen osalta vaatimukset tulivat täysimääräisesti voimaan 1.7.2006. [3]

3 Ex-laitteet

3.1 Ex-laitteen ominaisuudet

Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettäviltä laitteilta vaaditaan erityisominaisuuksia räjähdysturvallisuuden ja -suojauksen osalta. Myös tarkastusmenettelyt ja merkitseminen ovat tiukasti säädeltyjä kun kyseessä on Ex-laite. Laitteiden suunnitteluun on laadittu lukuisia standardeja, jotka toimivat suunnittelijalla lähtökohtana. Perusstandardit ovat EN 13463 (mekaaniset laitteet) ja EN 60079 (sähkölaitteet). [1]

Ex-laitteet ja suojajärjestelmät on suunniteltava ja valmistettava ottaen huomioon räjähdyksiltä suojaavan alan tekninen tieto. Valmistuksessa käytetyt materiaalit eivät saa aiheuttaa räjähdystä. Materiaalien ominaisuuksien muutokset on huomioitava, jotta suojelun taso ei vähene erityisesti korroosionkestävyyden, kulutuksenkestävyyden, sähkönsiirto- ja iskunkestävyyden, vanhenemisen ja lämpötilavaihteluiden vaikutusten osalta. [2]

Ex-laitteen tyypillisiä ominaisuuksia ovat esimerkiksi kipinöimättömyys ja alhainen pintalämpötila. Laitteen on oltava turvallinen myös poikkeuksellisen häiriöjännitteen, kosteuden, saasteen, lämpötilan ja mekaanisen rasituksen esiintyessä. [1; 2.]



Kuva 1. Räjähdyssuojelun erityismerkintä [2].

Standardien mukaan valmistettu ja tarkastuslaitoksen hyväksymä tuote varustetaan CE merkinnän lisäksi räjähdyssuojelun erityismerkinnällä (kuva 1), jonka yhteyteen liitetään myös laitteen luokituksesta kertovat tunnuksot [2].

3.2 Laiteluokat ja -valinta

Ex-laitteet on jaettu kahteen ryhmään (taulukko 1). Ryhmän I laitteet on tarkoitettu sellaisiin kaivoksiin ja niiden maanpäällisiin osiin, joissa räjähdysvaara perustuu kaivoskaasuun (metaani) ja/tai pölyyn. Ryhmän II laitteet on tarkoitettu muissa paikoissa käytettäviksi. [2]

Taulukko 1. Ex-laitteiden jako ryhmiin ja luokkiin [2].

Laiteryhmä	Laiteluokka	Turvallisuustaso
I	M1	erittäin korkea
I	M2	korkea
II	1	erittäin korkea
II	2	korkea
II	3	normaali

Laitteen valinta riippuu Ex-tilan luokituksesta. Laitteen turvallisuustason tulee olla vähintään tilan luokituksen edellyttämällä tasolla. Korkeampien turvallisuustasojen laitteet

varmistavat riittävän suojelun tason myös vikatilanteissa, kun tason 3 laitteilta sitä edellytetään vain normaalissa käyttötilanteessa. [2]

Taulukko 2. Luokitukset räjähtävien aineiden osalta [4].

Luokitus tilassa olevan räjähtävän aineen perusteella (vain ryhmä II)	
G	räjähtävänä aineena kaasu
D	räjähtävänä aineena pöly
Luokitus tilassa olevan kaasuseoksen perusteella	
A	räjähtävänä kaasuna propaani
B	räjähtävänä kaasuna etyleeni tai propaani
C	räjähtävänä kaasuna asetyleeni/vety, etyleeni tai propaani

Taulukko 3. Luokitukset laitteen korkeimman sallitun pintalämpötilan osalta [4].

Tunnus	Laitteen korkein sallittu pintalämpötila
T1	450 °C
T2	300 °C
T3	200 °C
T4	135 °C
T5	100 °C
T6	85 °C

Valittavan laitteen tulee olla yhteensopiva tilassa esiintyvän räjähtävän aineen (taulukko 2) ja/tai kaasuseoksen kanssa sekä täyttää vaatimus korkeimman sallitun pintalämpötilan (taulukko 3) osalta [4].

Ex-tilojen laite- ja suojausvalinnoista vastaa työnantaja (tai elinkeinonharjoittaja, suunnittelija ym.) [1].

3.3 Räjähdyssuojaurakenteet

Räjähdyssvaarallisen tilan laitteiden suojausrakenteet perustuvat yleensä räjähdyksen rajoittamiseen, syttymislähteiden eristämiseen tai energian rajoittamiseen [5].

Taulukko 4. Räjähdyssuojaurakenteiden tunnuksiset ja suojausperiaatteet [5].

Tunnus	Rakenne	Suojausperiaate
o	öljytäyteinen	syttymislähteiden eristäminen
p	paineistettu/tuuletettu	syttymislähteiden eristäminen
q	hiekk-/jauhetäyteinen	syttymislähteiden eristäminen
d	räjähdyssuorituksen kestävä	räjähdyksen rajoittaminen
e	varmennettu	energian raj. ja syttymislähteiden erist.
i	luonnostaan vaaraton	energian rajoittaminen
m	massaan valettu	syttymislähteiden eristäminen
n	kipinöitä estävä	energian rajoittaminen
s	erikoisrakenne	muu suojausrakenne

Ex-laitteen räjähdysuojaurakenne valitaan laitteen ominaisuuksien, käyttötarkoituksen ja käyttökohteen mukaan. Sähkölaitteiden eri suojausperiaatteille on laadittu omat kirjaintunnuksiset (taulukko 4). Osaa rakennetunnuksista voidaan täydentää lisäkirjaimilla, jotka kertovat suojauksesta tarkemmin. [5]

4 Ex-tilat

4.1 Ex-tila yleisesti

Ex-tila on räjähdysvaarallinen tila, jossa palavat nesteet, kaasut tai pölyt voivat aiheuttaa räjähdysvaaran. Tilaa ja sen käyttöä suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota turvallisuuteen ja räjähdysriskin minimointiin. [1]

Räjähdysvaaran voi aiheuttaa esimerkiksi monissa teollisuuden prosesseissa syntyvät kaasut ja nesteet sekä puun tai metallin työstämisessä syntyvät pölyt. Myös tilat, joissa käsitellään erilaisia polttoaineita, lannoitteita tai jätevettä, ovat luonteeltaan räjähdysvaarallisia. [1]



Kuva 2. Tila, jossa saattaa esiintyä räjähdyskelpoisia ilmaseoksia [1].

Ex-tilan sisäänkäynnin yhteydessä on tarvittaessa oltava varoitusmerkki (kuva 2), jotta tilan käyttäjä ei tietämättään aiheuta vaaratilannetta. [3]

4.2 Tilaluokat

Ex-tilojen luokittelu tehdään räjähdyskelpoisten ilmaseosten esiintymistodennäköisyyden perusteella. Tilaluokat (taulukko 5) on määritelty erikseen kaasulle ja pölylle. [1]

Taulukko 5. Tilaluokat [1].

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

Tilaluokituksen arvioinnissa tulee perehtyä räjähdyksvaarallisia tiloja käsitteleviin standardeihin kuten EN-60079 ja SFS-käsikirja 59.

Taulukko 6. Eri tilaluokkiin soveltuvat laitteet [2].

Tilaluokka	Käytettävissä olevat laiteluokat
0	1
20	1
1	1,2
21	1,2
2	1,2,3
22	1,2,3

Kussakin tilaluokassa saa käyttää vain sinne sopivia laitteita ja suojausjärjestelmiä (taulukko 6). Laitteen turvallisuustaso saa kuitenkin ylittää tilaluokituksen vaatimuksen. [2]

4.3 Turvallisuus

Turvallisen tilan lähtökohtana on vaarojen tunnistaminen. Mitä räjähtävää ainetta tilassa on ja mikä voi räjähtävän seoksen sytyttää? Ennen laitoksen tai tilan käyttöönottoa tulee työnantajan laatia räjähdys- ja suojausasiakirja, jossa vaaran arvioinnin tulokset ja tarvittavat suojaustoimenpiteet on esitetty. [1]

Räjähdyksvaaran selvittämiseksi on tunnettava tilassa olevat ja mahdollisesti esiintyvät aineet ja niiden pitoisuudet sekä olosuhteet, joissa ne voivat syttyä tai räjähtää. Selvityksessä on tilan normaalin käytön lisäksi otettava huomioon kaikki mahdolliset tilanteet kuten laitteiden ja koneiden huolto, toimintahäiriö tai virheellinen käyttö sekä tilapäiset muutokset esimerkiksi lämpötilassa tai kosteudessa. [1]

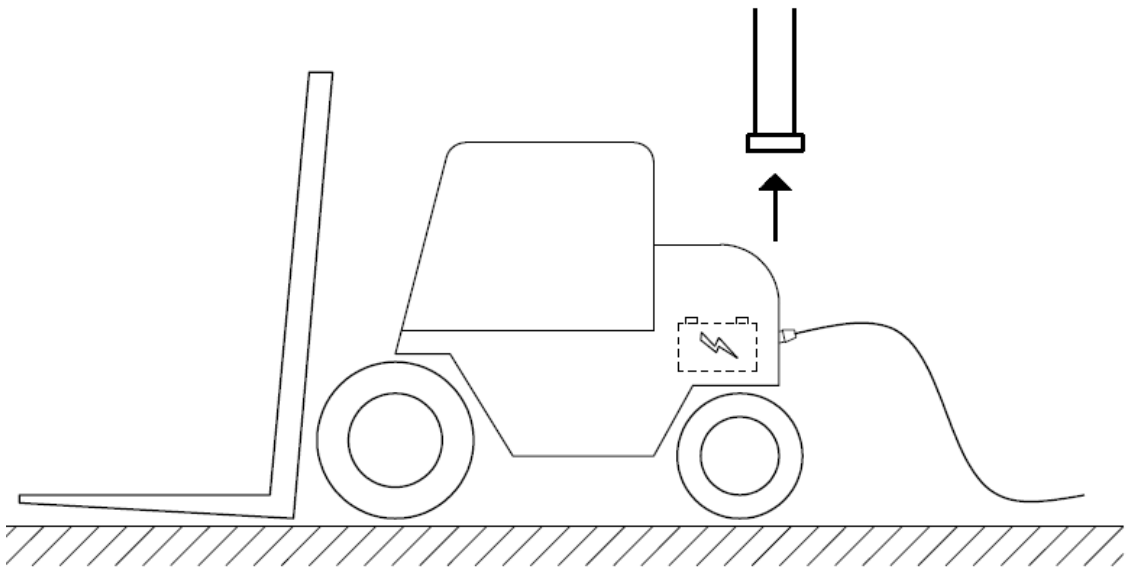
Lähtökohtaisesti paras tapa räjähdysriskin minimointiin on rajoittaa räjähtävien kaasujen, nesteiden tai pölyjen määrää tilassa. Useissa tapauksissa räjähdysvaaran syntymistä ei kuitenkaan käytännössä voida välttää, jolloin tärkeimpiä suojelutoimenpiteitä ovat syttymisen estäminen sekä tilan käyttäjien perehdyttäminen. Riittävästä suojelusta ja työturvallisuudesta vastaa työnantaja. [1]

5 Ilmanvaihto Ex-tilassa

5.1 Räjähdyriskin pienentäminen

Ilmanvaihtoa voidaan useissa tapauksissa käyttää räjähdysriskin pienentämiseen tai poistamiseen. Räjähdyshaarallisten kaasujen ja pölyjen pitoisuutta tilassa voidaan laskea tuomalla riittävä määrä puhdasta korvausilmaa. Joissain tapauksissa ilmanvaihdolla voidaan myös poistaa tarve tilan Ex-luokittelulle. [6]

Ihanteellisessa tilanteessa kaasun tai pölyn lähde rajautuu pienelle alueelle, jolloin voidaan käyttää niin sanottua kohdepoistoa. Räjähdyshaara ja sen leviäminen tilassa on paremmin hallittavissa kun poistoilma otetaan mahdollisimman läheltä kaasun tai pölyn lähdettä. Poistoilma on turvallisinta johtaa suoraan ulos ja jättää erilleen tilan muusta ilmanvaihdosta. Kohdepoisto sopii esimerkiksi trukin latauksessa syntyvän vetykaasun poistoon (kuva 3). [7]



Kuva 3. Trukin latauksessa syntyvä vetykaasu voidaan poistaa kohdepoistona.

Räjähdyshaarallista ilmaseosta voidaan laimentaa myös suuressa tilassa, jossa kaasun tai pölyn lähteitä on useita. Ilmanvaihdon suunnittelussa tulee kuitenkin ottaa tapauskohtaisesti huomioon eri aineiden ominaisuudet ja määrät sekä tilassa vallitsevat olosuhteet kuten lämpötila ja kosteus. Mikäli räjähdysvaaraa ei voida luotettavasti ja helposti poistaa ilmanvaihdon avulla, tulee ottaa käyttöön muut suojaustoimenpiteet.

Aina kun ilmanvaihtoa käytetään poistamaan räjähdysvaaraa, tulee ottaa huomioon häiriö- ja vikatilanteet. Todennäköisesti tilan turvallisuustaso muuttuu huomattavasti ilmanvaihdon ollessa pois päältä. Yksi vaihtoehto on automatisoida järjestelmä siten, että kaasua ja pölyä tuottavilta koneilta ja laitteilta katkaistaan virta kun poistoilmavirta laskee alle asetusarvon. [7]

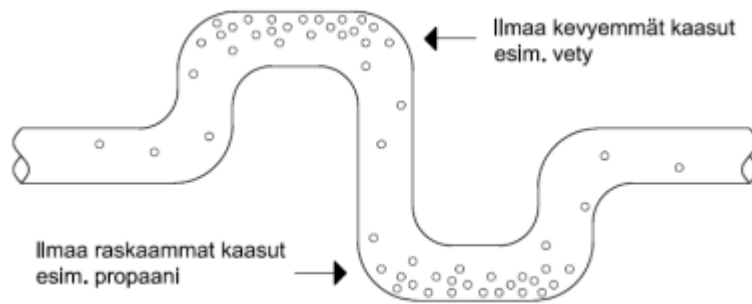
5.2 Räjähdyksen estäminen

Ex-luokitellussa tilassa räjähdysten estäminen ja niiltä suojautuminen pyritään toteuttamaan mahdollisimman monipuolisin keinoin. Kun räjähdyskelpoisen ilmaseoksen muodostumista ei voida estää, tulee kiinnittää huomio räjähdysten mahdollisten syttäjien poistamiseen. Sytyttimenä kaasu ja pölyräjähdyksissä voi olla esimerkiksi kipinä, liekki, kuumuus tai sähköstaattinen purkaus. [1]

Ilmanvaihdon osalta räjähdysten syttyminen pyritään estämään erityisillä Ex-tiloihin suunnitelluilla puhaltimilla, jotka valitaan aina tilaluokituksen perusteella. Puhaltimissa käytetyillä materiaalivalinnoilla pyritään estämään esimerkiksi kipinäointia ja staattisen sähköön muodostumista. Sähkömoottorit voidaan tehdä esimerkiksi kipinäoimättömiksi, räjähdysuojatuiksi tai jäähdytetyiksi. Ex-tilassa käytettävä puhallin säilyttää suojausominaisuutensa myös olosuhteiden muuttuessa ja vikatilanteessa. [2; 8.]

5.3 Huomioitavaa ilmavaihdon suunnittelussa

Poistoilmakanavassa kulkeva ilma on vähintään yhtä räjähdysvaarallista kuin Ex-tilassa oleva ilma keskimäärin. Kohdepoistoa käytettäessä ilma kanavan sisällä voi olla erittäin helposti räjähtävää. Kanaviston tiiveyden lisäksi tulee huomioida tilanne, jossa puhallin on pysähtynyt. Esimerkiksi kaasut voivat ominaisuuksiensa vuoksi kasaantua kanaviston alimpien tai ylimpien osien muodostamiin ”taskuihin”, mikä aiheuttaa kaasun pitoisuuden paikallisen nousemisen (kuva 4). [7]



Kuva 4. Kaasujen kasaantuminen puhaltimen ollessa pysähtyneenä [7].

Ex-tilaa palveleva ilmanvaihtolaite tulee yleensä olla Ex-laite, vaikka se olisikin sijoitettuna toiseen tilaan. Varsinkin poistoilmapuhaltimet ja muut räjähdysherkän ilman kanssa kosketuksissa olevat laitteet tulee valita oikein. [1]

Erilaisissa puhaltimissa sähkömoottori voi olla sijoitettuna kanavan sisä- tai ulkopuolelle. Mallin valinta voi perustua kanavan sisä- ja ulkopuolen välisiin olosuhde-eroihin. Esimerkiksi Ex-tilaan sijoitetun tuloilmapuhaltimen sähkömoottori on kanavan sisään sijoitettuna turvallisempi. Ex-tilan ulkopuolelle sijoitettu poistoilmapuhallin on turvallisempi silloin kun sähkömoottori on kanavan ulkopuolella.

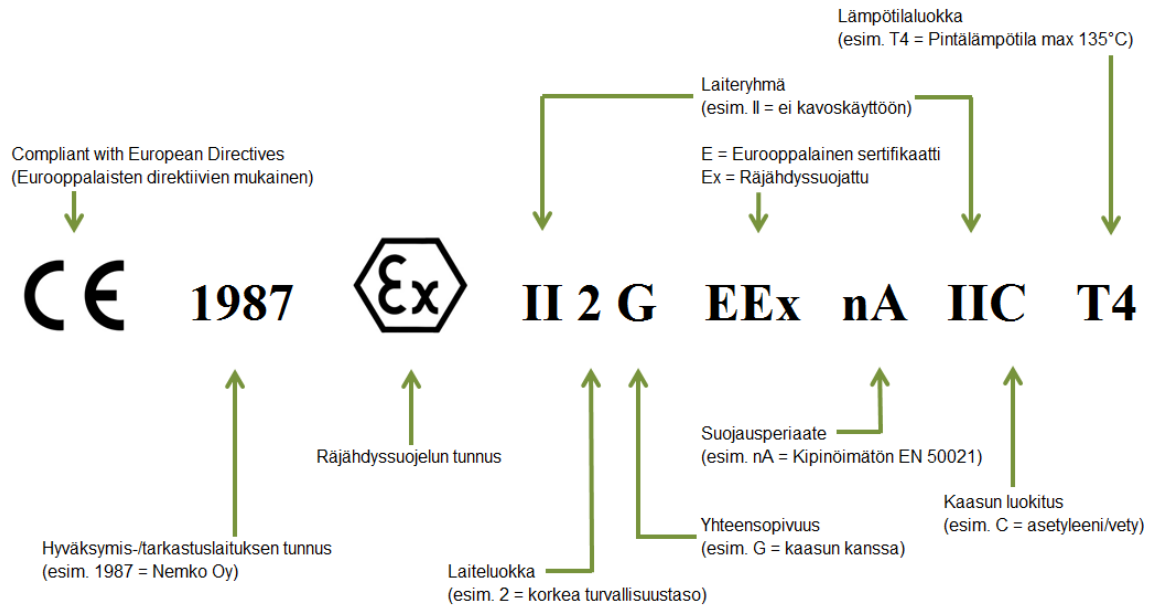


Kuva 5. Ex-luokitellut aksiaali- ja keskipakoispuhallin [8]

Kuvan 5 aksiaalipuhallin (vas.) ja muovirakenteinen keskipakoispuhallin (oik.) ovat Venturin mallistosta ja varusteltavissa useisiin Ex-tilaluokkiin sopiviksi. [8]

5.4 Esimerkki puhaltimen merkinnästä

Ex-tiloissa käytettävät puhaltimet merkitään ATEX- laite- ja suojajärjestelmädirektiivin (94/9/EY) mukaisesti (kuva 6). Monimutkaisen merkinnän tulkitseminen vaatii Ex-tila- ja laitelukitusten tuntemusta.



Kuva 6. Esimerkki laitemerkinnän tulkitsemisesta.

6 Case: Golfautojen lataustilan ilmanvaihdon suunnittelu

6.1 Suunnittelukohde

Kytjä Golf Oy omistaa 100 kappaletta pelaajien käyttöön tarkoitettua golfautoa. Autojen säilytys- ja latauspaikkana (kuva 7) on aikoinaan navettana toiminut kivirakennus. Kaksikerroksisen rakennuksen alakerrassa on latauspaikka 80 autolle ja yläkerrassa 20 autolle. Golfautojen säilytyksen lisäksi rakennuksessa on myös muita varastotiloja sekä taukokeittiö.

Ajovoima-akkujen latauksessa muodostuu kaasuuntunutta vetyä, joka suurissa pituisuuksissa aiheuttaa räjähdysvaaran. Ilmaseos, jonka tilavuudesta yli neljä prosenttia on kaasuuntunutta vetyä, voi räjähtää kipinästä, liekistä tai kuumuudesta. [9]

Tilan käyttötarkoitus luo tarpeen ilmanvaihdon, jonka mitoituksessa huomioidaan korvausilman riittävyys vaarallisten kaasupitoisuuksien laimentamiseksi. Olemassa oleva ilmanvaihto koostuu kahdesta seinälle sijoitetusta poistoilmapuhaltimesta, joita käytetään silloin kun akkuja ladataan. Uusi järjestelmä pitää sisällään koneellisen tulo- ja poistoilman sekä lämmöntalteenoton, jonka avulla voidaan myös säästää lämmityskuluissa.



Kuva 7. Golfautojen säilytys- ja lataustila (Kytäjä Golf).

6.2 Rakennuksen piirustukset

Suunnittelun kohteena olevasta rakennuksesta ei ollut saatavilla pohjapiirustusta, minkä vuoksi päädyin tekemään piirustukset itse. Laser-etäisyysmittaria ja rullamittaa käyttämällä tein rakennuksesta käsivaraisesti pohja- ja leikkauskuvat, jotka piirsin tietokoneella puhtaaksi CADS Planner -ohjelmalla. Mittauksissa pyrin huolellisuuteen ja lopullinen mittatarkkuus piirustuksissa vaihtelee yhden ja viiden senttimetrin välillä. Rakennuksen kerrosalaksi laskin noin 840 neliometriä.

Piirustuksissa seinäpaksuudet ja huonekorkeudet sekä ovien ja ikkunoiden paikat vastaavat todellisuutta. Lisäksi piirustuksissa on myös esitetty rakennuksen ja eri tilojen mitat sekä tilojen käyttötarkoitukset.

6.3 Esiselvitys

6.3.1 Tilojen ja tarpeiden kartoitus

Ennen varsinaisen suunnittelun aloittamista kävin tilaajan kanssa läpi tarpeet ja suunnittelun reunaehdot. Tarve keskittyi lähinnä golfautojen säilytystilan turvallisuuteen, mutta toiveena oli myös golfkentän puutarhurin varastohuoneen sekä taukotilan ilmanlaadun parantaminen. Suunnitteluun tilaaja antoi melko vapaat kädet, mutta järjestelmän investointikustannukset tuli pitää alhaisella tasolla. Toisin sanoen mitään niin sanotusti ylimääräistä suunnitteluun ei ollut tarvetta sisällyttää.

Kanavien reitityksen hahmottelin mielessäni samalla kun tein rakennuksen piirustuksia. Reitityksissä otin huomioon kaikki olemassa olevat rakenteet ja kiinteät kalusteet, jotta asennusvaihe sujuisi mahdollisimman helposti. Seinä- ja kattoläpivienneille katsoin paikat kevyistä rakenteista, jotta kivirakenteisiin ei tarvitsisi juurikaan koskea.

IV-koneen sijoittaminen pääsisäänkäynnin viereen oli yksi helpoimmista päätöksistä. Ulko-oven yläpuolella olevaan levyseinään voisi helposti tehdä raitisilmalle läpiviennin, ja noin viiden metrin päässä olisi jäteilmalle sopiva vesikatolle asti kulkeva valmis kanaali. Lisäksi IV-koneen käyttö olisi mahdollisimman helppoa heti ulko-oven välittömässä läheisyydessä. IV-koneen tarvitseman sähkönsäätavuus ei aiheuttaisi ongelmia, sillä golfautojen latureiden ja katossa olevien säteilylämmittimien takia rakennuksessa on jopa 63 ampeerin pääsulakkeet.

Rakennuksen toisessa kerroksessa golfautojen latauspaikkoja on 20 eli vain neljännes pohjakerroksen 80 paikkaan verrattuna. Lisäksi ylemmän kerroksen suurempi tilavuus ja vähemmän tiiviit rakenteet tekevät sen räjähdysvaarattomaksi ilman koneellista ilmanvaihtoa.

Rakennus on tarkastettu säännöllisesti paikallisen palotarkastajan toimesta. Tilat eivät ole Ex-luokiteltuja, mutta tarkastusten yhteydessä on aina muistutettu riittävän ilmanvaihdon tärkeydestä. Ilman koneellista ilmanvaihtoa tilaluokitus olisi todennäköisesti 0 tai 1, mikä tarkoittaisi käytännössä potentiaalisten syttymislähteinä toimivien laitteiden ja koneiden korvaamista Ex-laitteilla.

6.3.2 Lähtötiedot akkujen lataustoiminnalle

Lyijyakun lataus synnyttää kaasuuntunutta vetyä ja voimakkaimmillaan kaasuntuotto on latausjakson lopussa ja 30–60 minuuttia latauksen päätyttyä. Yksinkertaisesti selitettynä akussa olevan lyijyn ja veden kemiallisessa reaktiossa lyijyatomit vastaanottavat vesimolekyyliltä happiatomin, jolloin vetyatomi jää vapaaksi. [9]

Sähkökäyttöisessä Club Car -golfautossa on kuusi 8 V:n ajovoima-akkua (kuva 8), joiden latauksessa käytetään autovalmistajan omaa PowerDrive™-laturia (kuva 9). Club Car on laatinut oppaan (liite 1), joka pitää sisällään golfautojen säilytystiloja koskevia ohjeita. Ilmanvaihdon osalta vaaditaan, että vetykaasun osuus huoneilmassa ei missään olosuhteissa ylitä kahta tilavuusprosenttia. Oppaassa on myös laskukaava vetykaasun muodostumiselle. Näillä lähtötiedoilla voidaan laskea kaasupitoisuuden riittävään laimennukseen tarvittava ilmamäärä. [10]

Club Car -oppaassa on myös erillinen suositus säilytystilan erittäin voimakkaasta, jopa viisinkertaisesta (5/h) ilmanvaihdosta. Kyseessä on todennäköisesti valmistajan keino luopua vastuusta mahdollisessa räjähdystapauksessa, sillä suosituksen toteutus ei ole missään määrin perusteltua. Esimerkiksi 200 m²:n tilassa (huonekorkeus 2,5 m) puhdasta korvausilmaa tulisi puhaltaa noin 700 l/s. [10]



Kuva 8. Sähkökäyttöisessä Club Car -golfautossa on kuusi 8 V:n ajovoima-akkua.



Kuva 9. Club Car -golfautoille tarkoitettu PowerDrive™-laturi.

6.4 Ilmanvaihdon suunnittelu

6.4.1 Työkalut ja menetelmät

Kanavistojen piirtämisessä ja tulosteiden tekemisessä käytin CADS Planner -ohjelman Hepac Standard -sovellusta, jossa ei ole kanaviston mitoitustoimintoa. Mitoituksen tein käsin Fläkt Woodsin painehäviökäyrästöjen perusteella.

6.4.2 Vetykaasun muodostuminen ja laimentaminen

Aloitin suunnittelun laskemalla vetykaasun muodostumisen tilanteessa, jossa kaikki golfautot ovat yhtä aikaa latauksessa. Laskelmat perustuvat autovalmistajan oppaassa esitettyihin lukuarvoihin (taulukko 7). Ajovoima-akkuja käsittelevässä standardissa (EN 50272-3) on laskukaava vedyn laimennukseen tarvittavalle ilmamäärälle. Kaavan toimivuus tässä tapauksessa epäilyttää, koska vastaukseksi saatu ilmamäärä jäi todella pieneksi.

$$Q \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{v * q * s * n * I_{gas} * C_n}{100} \left[\frac{m^3}{h} \right] \quad (1)$$

jossa

Q on tuuletusilmavirtaus

v on vedyn tarvittava laimennuskerroin; 24 → Standardista

q on syntynyt vety; $0,42 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3/\text{Ah)}$ → Standardista

s on turvakerroin vedylle; 5 → Standardista

n on kennojen lukumäärä; 1920 (kpl) → 80 autoa, joissa kussakin 24 kennoa

I_{gas} on kaasua tuottava virta; 10,7 (A/100Ah) → Ajoneuvovalmistajan määrittelemä

C_n on kennon nimellisjännite; 37,5 (Ah/kpl) → Akun kapasiteetti 150 Ah, 4 kennoa/akku

Vertailun vuoksi laskelmat on esiteltynä myös ajovoima-akkuja käsittelevän standardin mukaisesti. Syötin standardista, golfauton valmistajalta ja akkujen tyypistä poimitut tiedot kaavaan 1, josta sain vastaukseksi 107 l/s. Pieneltä vaikuttava ilmamäärä johti paremmin tilanteeseen soveltuvien laskukaavojen kehittelyyn.

Taulukko 7. Lähtötiedot ja laskelmat vetykaasun muodostumiselle [10]

Vetykaasun muodostuminen:
Laitteisto: PowerDrive™-laturi ja 48 voltin akusto
- 0,418 litraa vetyä / ampeeritunti yhtä kennoa kohden
- Yhdessä akussa kennoja 4 kappaletta
- Yhdessä autossa akkuja 6 kappaletta
- Latausvirta 4 ampeeria
Yksi auto: $0,418 \text{ l/Ah/kenno} \times 4 \text{ A} \times 24 \text{ kennoa} = 40,13 \text{ l/h}$
80 autoa: $40,13 \text{ l/h} \times 80 = 3210,4 \text{ l/h}$

Rakennuksen alakertaan sijoitettujen golfautojen yhdenaikainen latauksessa voi enimmillään muodostua $3,21 \text{ m}^3$ vetyä tunnissa. Käytännössä luku ei koskaan kasva näin

suureksi, sillä laskennassa käytetyt lukuarvot toteutuvat vain latauksen loppujaksolla, jonka pituus vaihtelee noin 30 ja 60 minuutin välillä. Jakson pituus riippuu akkujen latauksen tasosta latauksen alkuhetkellä. Tyhjäksi asti akkuja ajetaan erittäin harvoin.

Ilmassa olevan vaarallisen kaasun pitoisuutta voidaan laimentaa ilmanvaihdolla. Riittävän ilmamäärän selvittämiseksi täytyy tuntea kyseessä olevan kaasun ominaisuudet ja muodostumisnopeus, joita verrataan huoneen ilmatilavuuteen. Esimerkiksi kaasuuntunut vety on räjähdysvaarallista, kun sen osuus ilmaseoksen tilavuudesta on yli neljä prosenttia. Huomioitava seikka on myös vetyatomien pieni massa, jonka vuoksi se ilmassa pyrkii nousemaan ylöspäin.

$$\text{Ilmanvaihtokerroin } (1/h) = \frac{\text{Kaasun muodostuminen } (m^3/h)}{\text{Maksimipitoisuus (til.%) * Huoneen tilav.}(m^3)} \quad (2)$$

$$\text{Tilavuusvirta } (l/s) = \frac{\text{Ilmanvaihtokerroin } (1/h) * \text{Huoneen tilav.}(m^3) * 1000 (l/m^3)}{3600 (s/h)} \quad (3)$$

Golfautojen säilytystilan ilmatilavuus on 1 700 m³ ja 80 autoa tuottaa vetykaasua enimmillään 3,21 m³/h. Kun vedyn maksimipitoisuutena huoneilmassa käytetään arvoa 2 %, saadaan kaavoja 2 ja 3 käyttämällä ilmanvaihtokertoimeksi 0,094 1/h ja ilmamääräksi 44,6 l/s. Laskelmat riittävät pitämään tilan keskimääräisen vetypitoisuuden arvossa 2 %, mutta ne eivät ota huomioon paikallisia korkeampia pitoisuuksia.

Vety pyrkii ilmaa kevyempänä kaasuna nousemaan kohti huonetilan kattoa, ja näin ollen voidaan olettaa, että suurin osa huoneessa olevasta vetykaasusta kasaantuu tilan ylimpiin osiin.

$$\text{Tarkennettu ilmanvaihtokerroin } (1/h) = \frac{\text{Ilmanvaihtokerroin } (1/h)}{\text{Tilavuus, johon kaasu kerääntyy } (\%)} \quad (4)$$

Tässä kohdassa jouduin arvioimaan, kuinka pieneen tilavuuteen vety katonrajassa kasaantuu. Päädyin arvoon 20 %, joka tässä tapauksessa 3,50 m korkeassa huonetilassa tarkoittaa vedyn kasaantumista välille 2,80–3,50 m lattiasta. Kaavoilla 3 ja 4 laskin tarkennetuksi ilmanvaihtokertoimeksi 0,47 1/h ja tilavuusvirraksi 223 l/s.

6.4.3 Muut suojelutoimenpiteet

Vetykaasun pitoisuus voi akkujen läheisyydessä kohota vaarallisen korkealle jos se ei pääse vapaasti nousemaan. Tämän vuoksi akkujen ympärillä tulee olla 0,5 m:n suojaluokka, jonka sisäpuolella ei saa olla kipinöiviä, valokaaria aiheuttavia, hehkuvia tai kuumia laitteita. Vedyn vapaata nousua ei saa estää. [9]

6.4.4 Ilmavirrat tiloittain

Golfautojen säilytykseen ja huoltoon liittyvien tilojen lisäksi ilmanvaihtoa tuli parantaa myös puutarhurin varaston ja taukotilan osalta.

Taulukko 8. Ilmavirrat tiloittain.

Tila	Selitys	Tulo	Poisto	Siirto	Kerroin	Tilavuus
1	Golfautojen säilytys	+ 220 l/s	- 280 l/s	+ 60 l/s	0,6	1700 m ³
2	Golfautojen huolto	+ 30 l/s		- 30 l/s	0,7	156 m ³
3	Varasto	+ 40 l/s		- 40 l/s	0,4	360 m ³
4	Taukotila	+20 l/s	- 15 l/s	- 5 l/s	0,9	85 m ³
5	Puutarhurin varasto		- 15 l/s	+ 15 l/s	1,1	48 m ³

Ilmamäärien valitseminen (taulukko 8) perustuu riittävän ilman vaihtuvuuden lisäksi myös oikeiden tilojenvälisten painesuhteiden toteutumiseen. Golfautotilaa ympäröivät tilat suunniteltiin ylipaineisiksi, jotta räjähdysvaarallinen vetykaasu voidaan hallitusti pitää yhdessä tilassa. Tästä syystä golfautotilan tuloilmamäärä on vain noin 80 % poistoilmamäärästä. Taukotila on ylipaineinen viereiseen varastoon nähden, mikä varmistaa siirtoilmavirtojen liikkumisen puhtaammasta tilasta likaisempaan. Keskimääräiseksi ilmanvaihtokertoimeksi suunnittelun kattamalla alueella tuli 0,5 1/h.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 ohjeissa taukotilan raitisilmamäärä tulisi olla 5 l/m². Kohteen 26 m²:n taukotilassa raitisilman määrä olisi 130 l/s, mikä tuntui vähäisellä käytöllä olevaan tilaan kohtuuttoman suurelta. Valitsin tilan raitisilmamääräksi 20 l/s, joka vastaa suuruusluokaltaan asuinrakennuksen keittiön poistoilmavirtaa. Varastojen osalta ohjeiden mukainen ilman vaihtuvuus 0,35 l/m² toteutuu hyvin. [11]

6.4.5 Ilmanvaihtokoneen valinta

Ilmanvaihtokoneen valintaan vaikutti sopivan ilmamäärän ja paineentuoton lisäksi lämmöntalteenoton rakenne. Suurin osa sopivan kokoluokan koneista on nykyaikana varustettu pyörivällä lämmöntalteenotolla, joka onkin hyötysuhteeltaan paras. Pyörivän lämmöntalteenoton kautta voi kuitenkin päästä puhtaaseen tuloilmaan pieniä määriä poistoilmaa. Halusin varmistaa huoneilmasta poistetun vedyn kulkeutumisen ulos valitsemalla ristivirtausperiaatteella toimivan lämmöntalteenoton, jossa tulo- ja poistoilma eivät ole kosketuksissa toisiinsa.

Suunnitelmiin tyypitetty ilmanvaihtokone: Iloxair, ILOX 297

Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku on valmistajan käyrästön mukaan laskien 1,16.

6.4.6 Kanaviston suunnittelu

Kanavisto tehdään kierresaumattusta peltikanavasta. Mitoituksessa on käytetty ilman virtausnopeutta 2–4 metriä sekunnissa.

Asennustyön helpottamiseksi kanavien reititys on pidetty suoraviivaisena ottaen huomioon olemassa olevat rakenteet ja kiinteät kalusteet. Kondenssiveden muodostuminen raitis- ja jäteilmakanavien pintaan estetään Armaflex-lämpöeristeellä.

6.4.7 Kanavatuotteet

Tulo- ja poistoilmakanaviin asennettavat pyöreät äänenvaimentimet on valittu Fläkt Woodsin mallistosta. Tilan käyttötarkoituksen takia tarkemmille äänitasolaskelmille ei ole tarvetta.

Kanaviin asennetaan puhdistusluukut tarvittaviin kohtiin, jotta koko kanavisto puhdistettavissa.

6.4.8 Päätelaitteet

Kaikki suunnitelmissa käytetyt päätelaitteet ja siirtoilmasäleiköt on tyypitetty Fläkt Woodsin mallistosta. Tulo- ja poistoilman venttiilien koko on valittu siten, että painehäviö voidaan säätää välille 20–50 pascalia.

Poistoilmaventtiilit sijoitetaan lähelle katonrajaa, jonne akkujen latauksessa muodostunut vetykaasu pyrkii nousemaan.

6.5 Suunnitteludokumentit

Pohjapiirustuksen lisäksi piirsin kanavistosta myös leikkauskuvan, jossa korkotasot ja olemassa olevat rakenteet ovat yksityiskohtaisemmin esitettyinä. Piirustusten lisäksi suunnittelutyöhön kuului IV-työselityksen laatiminen sekä lupakäsittelyä varten IV-suunnitelmaselvitys ja laskelmat käytettyjen ilmamäärien riittävydestä.

6.6 Energiaselvitys

Suunnitelmat eivät pidä sisällään energialaskelmia, koska edes kohtuullisella tarkkuudella tehtävät arviot vaatisivat laajoja tutkimuksia. Rakennuksen lämpö- tai sähköenergian kulutuksesta ei ollut saatavilla käyttökelpoista tietoa, ja lisäksi vuotoilmanvaihdon määrää on vaikea arvioida. Rakennuksen potentiaaliset säästötoimenpiteet liittyvätkin ehdottomasti vuotoilnamäärän pienentämiseen ja tämänhetkisen sähkö- ja öljylämmityksen osittaiseen korvaamiseen esimerkiksi ilmalämpöpumpuilla.

6.7 Lupahakemus

Suunnitelmille tullaan hakemaan lupaa Hyvinkään kaupungin rakennusvalvonnasta kesän 2013 aikana.

8 Yhteenveto

Insinööriyössä perehdyttiin räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuuteen sekä niissä käytettäviin laitteisiin. Erilliseksi kokonaisuudeksi muodostui golfautojen lataustilan ilmanvaihtosuunnittelu.

Kytäjä Golf Oy:lle tehty ilmanvaihtosuunnitelma oli haasteellisempi kuin aluksi vaikutti. Golfautojen latauksessa muodostuvan vetykaasun pitoisuuden laimentamiseen liittyvien laskelmien tekeminen oli tehtävä erityisen tarkasti, koska tässä tapauksessa liian pieni ilmavirta ei aiheuta epämukavuutta vaan räjähdysvaaran. Suunnittelukohteen laajuus ja haastavuus olivat mielestäni insinööriyölle sopivaa tasoa, mikä oli työn mielekkyydenkin kannalta positiivinen asia. Suunnitelmat ovat kaikilta osin valmiit kesän 2013 aikana haettavaa lupaa varten.

Teoriaosion kokoaminen vaati yksityiskohtaisesti laadittujen direktiivien ja standardien läpikäymisen. Pääkohtien poimiminen onnistui kuitenkin hyvin ja lopputuloksena syntyikin laajuudeltaan sopiva paketti räjähdysvaarallisten tilojen perusteista. Ex-tilojen ilmanvaihtoa käsittelevä kappale tuo esiin ilmanvaihdon tärkeyden sekä siltä vaadittavia ominaisuuksia.

Itselleni tärkeimmät tulokset insinööriyöstä olivat kokemus todellisen suunnitteluprosessin läpiviemisestä sekä valtavan räjähdysvaarallisiin tiloihin liittyvän tietomäärän omaksuminen.

Lähteet

- 1 ATEX, Räjähdyksvaarallisten tilojen turvallisuus. 2003. Tukes opas. Turvatekniikan keskus.
- 2 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 94/9/EY. 1994. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, L100/1.
- 3 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 1999/92/EY. 2000. Euroopan yhteisöjen virallinen lehti, L23/57.
- 4 ATEX-luokitukset. 2013. Verkkodokumentti. VEM Motors Finland Oy. <www.vem.fi/toimialaratkaisut/rajahdysvaaralliset-ymparistot/atex-luokitukset>. Luettu 8.4.2013.
- 5 ATEX-merkinanto- ja hälytyslaitteet. 2013. Verkkodokumentti. SKS Automaatio Oy. <www.sks.fi/download/sks_werma_atex-merkinanto_ja_halytyslaitteet>. Luettu 8.4.2013.
- 6 SFS-EN 60079-10-1. Räjähdyksvaaralliset tilat. Osa 1-10: Tilaluokitus. Kaasuräjähdyksvaaralliset tilat. 2010. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 7 SFS Käsikirja 59. Räjähdyksvaarallisten tilojen luokittelu. Palavat nesteet ja kaasut. 2012. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 8 ATEX Räjähdyssuojatut puhaltimet. 2013. Verkkodokumentti. Ventur Finland Oy Ab. <www.ventur.fi/fi/products/subcategories/111> Luettu 11.4.2013.
- 9 SFS-EN 50272-3. Akkujen ja akkuasennusten turvallisuusvaatimukset. Osa 3: Ajovoima-akut. 2003. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto.
- 10 Golf Car Storage Layout Program. Club Car, Inc.
- 11 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2011. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.



Golf Car Storage Layout Program

*Jason C. Lutes
Golf Car Storage Layout Designer
Customer Service-Aftermarket Sales*

*Club Car, Inc.
637 Industrial Park Drive
Evans, GA 30809
Office: (800) 227-0739 ext. 3441
Fax: (706) 860-4147
E-mail: jason_lutes@clubcar.com*

Recommended Storage Facility Ventilation Requirements

Club Car recommends a minimum of five air exchanges per hour in a golf car storage facility. This value has been the historical industry standard apparently based on experiences. The charge facility ventilation system needs to provide enough fresh air to insure that the hydrogen gas concentration will never exceed 2% by volume.

To estimate battery gassing by calculation, we used a published value of .418 liters hydrogen/amp-hr for each battery cell. For our 48-volt system we have the following characteristics.

Charge finish rate:	4 amps
Number of cells on 48 V system:	24

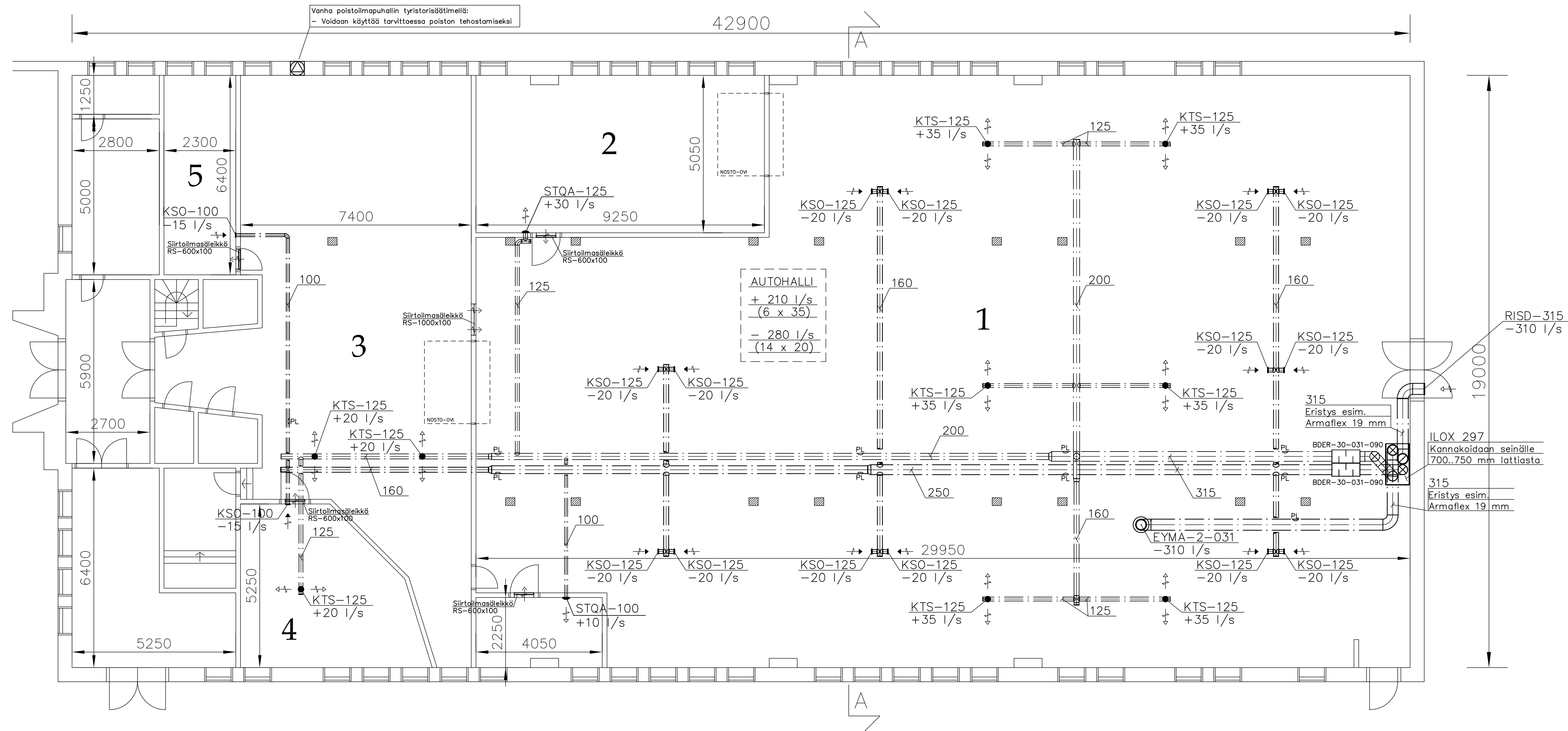
Gassing Flow Rate = .418 liters/amp-hr-cell × 4 amps × 24 cells = **40.13 liters/hour**

The gassing only occurs at this rate during the final portion of the charge cycle. Depending on the depth of discharge, this time period will vary. The deeper the discharge, the longer the gassing event.

If you assume a 30 minute finish = 20 liters/car total volume
If you assume a 1 hour finish = 40 liters/car total volume


The total volume is not as important as the gas flow rate. The flow rate is what will determine the gas concentration level at any given time.

Note that this flow rate is only valid for the PowerDrive™ 48-volt charging system that has a constant current finish and will not change as the batteries age.



- Tilojen käyttötarkoitukset:
1. Golfautojen (n.80 kpl) säilytys ja lataus
 2. Golfautojen huolto/korjaus
 3. Varasto
 4. Taukotila
 5. Puutarhurin varasto

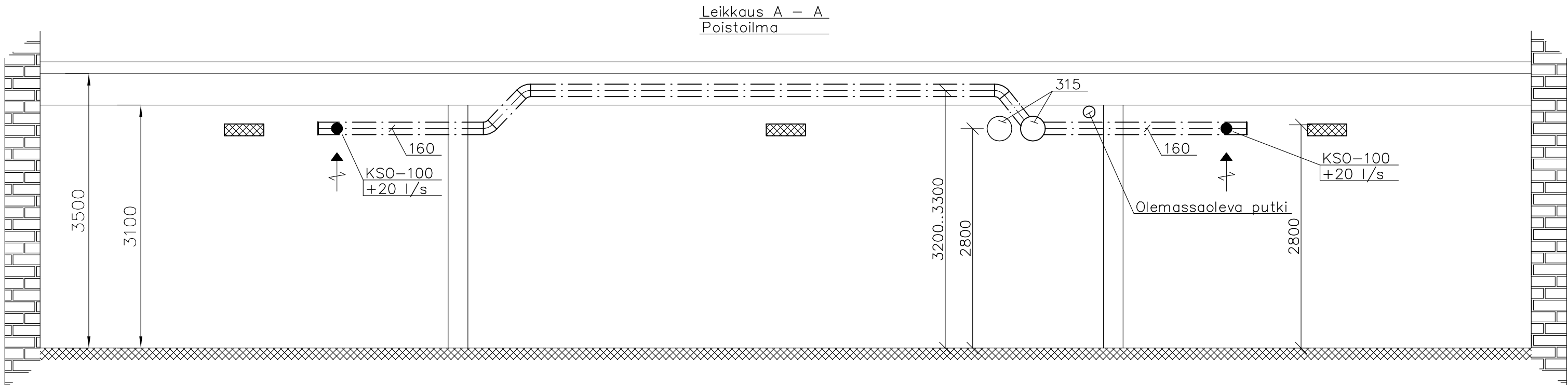
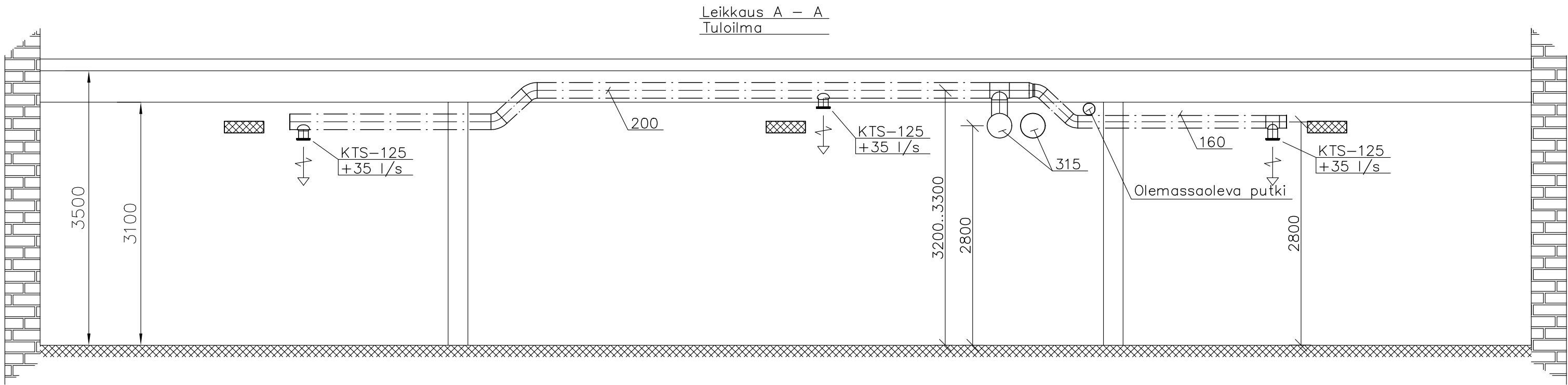
Ilmanvaihto on mitoitettu siten,
että golfautojen lataustoiminnassa
muodostuvan vedyn pitoisuus tilassa
ei ylitä arvoa 2 %.

K.OSA/KYLÄ		KORTTELI/TILA		TONTTI/RN: O		VIRANOMAISTEN ARKISTOMERKINTÖJÄ VARTEN	
Kytäjärvä		Vanhakylä		Golf 52:114		PIIRUSTUSLAJI ILMANVAIHTO	
RAKENNUSLOITMENPIDE						JUOKS. N: O	
RAKENNUSKOITTEEN NIMI JA OSOITE						MITTAKAAVAT	
Kytäjä Golf						POHJAPIIRUSTUS	
Navetta						1:100	
Kytäjäntie 1265							
05720 Hyvinkää							
		SUUNN. SK		PIIRIT. SK		SUUNNITTELUALA, TYÖN NUMERO JA PIIRUSTUKSEN NUMERO	
		YHT.HLO		TARK.		MUUTOS	
		PVM.		3.4.2013		LVI 100 101	
		ALLEKIRJ.				TILAAJAN N: O	
Saku Korhonen							

Kanava-asennusten periaate

Kanavien asennuskorot mukailevat olemassaolevia rakenteita

Olemassaolevat valaisimet ja säteilylämmittimet



K.OSA/KYLÄ		KORTTELI/TILA		TONTTI/RN: 0		VIRANOMAISTEN ARKISTOMERKINTÖJÄ VARTEN	
Kytäjä Golf		52:114					
RAKENNUSTOMENPIDE				PIIRUSTUSLAJI		JUOKS. N: 0	
				ILMANVAIHTO			
RAKENNUSKOHTEN NIMI JA OSOITE				PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ		MITTAKAAVAT	
Kytäjä Golf				LEIKKAUS A–A		1: 50	
Navetta							
Kytäjantie 1265							
05720 Hyvinkää							
<div><div></div><div>KYTÄJÄ GOLF</div><div>Saku Korhonen</div></div>		SUUNN. SK		PIIRT. SK		SUUNNITTELUALA, TYÖN NUMERO JA PIIRUSTUKSEN NUMERO	
		YHT.HLO		TARK.			
		PVM. 3.4.2013				LVI 100 102	
		ALLEKIRJ.				TILAAJAN N: 0	

IV-TYÖSELITYS

KYTÄJÄ GOLF OY

NAVETTARAKENNUS

Kytäjäntie 1265
05720 Hyvinkää

25.3.2013
Saku Korhonen
040 552 5949
saku.korhonen@enersys.fi

1. Kohteen tiedot

Kytäjä Golf Oy
Kytäjäntie 1265, 05720 Hyvinkää

Navettarakennus, 1.kerros:

Käyttötarkoitus	Golfautojen säilytys Muu varastotila
Kerrosala	n. 800 m ²
Tilavuus	n. 2800 m ³
Ulkoseinät	Tiili
Kantavat väliseinät	Tiili
Kevyet väliseinät	Puurunko/levytetty
Välipohja	Betoni

2. Muutostöiden lähtökohta

Golfautojen ajovoima-akkujen lataustoiminnassa muodostuu kaasuuntunutta vetyä, jonka suuri pitoisuus huoneilmassa voi aiheuttaa räjähdysvaaran.

Ilmanvaihtosuunnitelma on laadittu siten, että tyypillisessä käyttötilanteessa kaasuuntuneen vedyn pitoisuus huonetilassa ei koskaan ylitä arvoa 1,0 til-%.

Golfautojen latauskäytössä oleva tila on suunniteltu rakennuksen muihin tiloihin nähden alipaineiseksi.

3. Tilaajan velvoitteet ja hankinnat

Varastointitilan järjestäminen asennettavalle materiaalille.

Irtaimiston siirtäminen asennustöiden sujuvan ja turvallisen toteutuksen varmistamiseksi.

Sähkönsyöttökaapelin johtaminen IV-koneen läheisyyteen (400V 16A – MMJ 5 x 2,5 S).

Kivi- ja/ tai betonirakenteisiin tehtävät läpiviennit.

Tarvittavat toimenpiteet jäteilmakanavan esteetöntä vesikatolle johtamista varten sekä vesikattoläpiviennin tiivistys.

Yli 50kg painavien tarvikkeiden nostot rakennusalueella (IV-kone).

4. Ilmanvaihtourakoitsijan työt ja hankinnat

Ilmanvaihtourakoitsija sitoutuu työn suorituksessa käyttämään hyvää asennustapaa sekä noudattamaan viranomaisten, asetusten ja työselityksen määräyksiä ja ohjeita.

Ilmanvaihtourakoitsija varustaa ja kiinnittää toimittamansa laitteet tarvittavilla kannakkeilla ja muilla lisätarvikkeilla sekä järjestää ja kustantaa kaikki tarpeelliset, viralliset tarkastukset. Laitos on töiden päättyessä täysin käyttökunnossa ja valmiina suunnitelman edellyttämässä laajuudessaan.

Tässä työselityksessä ja piirustuksissa mainittujen laitteiden tilalle voi ilmanvaihtourakoitsija asentaa muun merkkisen vastaavan laitteen. Laitteen vaihtaminen on hyväksyttävä tilaajalla.

Työn valmistuttua urakoitsija järjestää tilaajalle vastaanottotarkastuksen sekä käyttö- ja huoltokoulutuksen. Ilmamäärät tulee olla mitattuna ja pöytäkirjasta on ilmentävä jokaisen venttiilin sijainti, vaadittu ja mitattu ilmamäärä, asentoluku sekä painehäviö.

Jos urakoitsija poikkeaa sopimuksesta tai suorittaa työn virheellisesti, on virhe perusteellisesti korjattava.

Muutos- ja lisätöistä on sovittava tilaajan kanssa ennen työn aloittamista.

Kanavat:

Kanavistot tehdään kierresaumatusta pyöreästä peltikanavasta SFS 3282 mukaisesti. Kanavat liitetään toisiinsa tehdasvalmiilla osilla kumitiivistein lukittuna teräs-popniitein.

Kanavien tiiveysvaatimus SRMK D2 mukaan.

Kanaviin asennetaan puhdistusluukut tarvittaviin kohtiin, jotta koko kanavisto on puhdistettavissa.

Raitis- ja jäteilmakanavat lämpimässä tilassa eristetään esim. 19mm. Armaflex-matolla.

Venttiilit, hajottajat ja säleiköt:

Koneellisen tuloilman venttiilit esim. Fläkt Woods

- KSO
- STQA

Koneellisen poistoilman venttiilit esim. Fläkt Woods

- KSO

Raitisilmasäleikkö esim. Fläkt Woods

- RISD

Jäteilman poistohajottaja esim. Fläkt Woods

- EYMA

Siirtoilmasäleiköt esim. Fläkt Woods

- RS

Ilmanvaihtokone:

Fläkt Woods – Iloxair: ILOX 297 (L)

- Lisävarusteena tehostusajastin

Tulo- ja poistoilmaputkien äänenvaimentimet esim. Fläkt Woods

- BDER

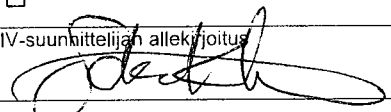


HYVINKÄÄN KAUPUNKI
Rakennusvalvonta
Suutarinkatu 2, 05900 HYVINKÄÄ
PL 21, 05801 HYVINKÄÄ
Puhelin (019) 45 911
Telefax (019) 459 4679

IV-SUUNNITELMASELVITYS

Liite 5

LUPATUNNUS _____ - _____ - _____

Rakennushankkeeseen ryhtyvä/kiinteistön omistaja Kytaja Golf Oy				Puhelinno 019-456 5700	
Kiinteistön osoite Kytajantie 1265, 05720 Hyvinkää					
Kaupunginosa	Kortteli	Tontti	Kylä Kytajarvi	Tilannimi Vanhakyla Golf	RN:o 52:114
Omakotitalo <input type="checkbox"/> pari-/rivitalo <input type="checkbox"/> kerrostalo <input type="checkbox"/> toimistorakennus <input type="checkbox"/> liikerakennus <input type="checkbox"/> teollisuus-/varastohalli <input checked="" type="checkbox"/> koulu <input type="checkbox"/> päiväkot <input type="checkbox"/> ravintola <input type="checkbox"/> tehdasrakennus <input type="checkbox"/> muu <input type="checkbox"/>					
Uudisrakennus <input type="checkbox"/> laajennus <input type="checkbox"/> saneeraus <input checked="" type="checkbox"/> rakennuksia kpl 1 asuntoja kpl - kerroksia kpl 1					
Rakennuksen paloluokka on P1 <input type="checkbox"/> P2 <input type="checkbox"/> P3 <input checked="" type="checkbox"/>					
Ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenottojärjestelmä (t) Ristivirtakenno <input checked="" type="checkbox"/> vastavirtakenno <input type="checkbox"/> pyöriväkenno <input type="checkbox"/> väliaineen avulla (neste) <input type="checkbox"/> poistoilmalämpöpumppu <input type="checkbox"/> muu <input type="checkbox"/> jäähdytys <input type="checkbox"/> miten _____					
Energiatehokkuus ilmanvaihdolle. Laskelmissa on huomioitava kaikki LTO-vaatimuksen piiriin kuuluvat poistoilmavirrat 1. Poistoilman LTO:n vuosiyhtöysuhde laskettu ympäristömisteriön monisteen 122 mukaan <input type="checkbox"/> laskelma liitteenä <input type="checkbox"/> Lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilasuhde * 0.6 = _____ % <input type="checkbox"/> käytetään kun 1. vaihtoehto ei ole mahdollinen Ilmanvaihtojärjestelmän laskettu SFP-luku <u>1,16</u> kW (m ³ /s) <input type="checkbox"/> laskelma liitteenä <input type="checkbox"/> Ei lämmöntalteenottoa <input type="checkbox"/> , perusteet _____					
IV-suunnittelija Saku Korhonen			Puhelinno 040 552 5949		Syntymäaika 13.12.1987
LVI-tekniinen tutkinto Valmistuva insinööri			Valmistumisvuosi Työkokemusvuodet ja tehtävä IV-suunnittelijana		
Osoite -			Postinumero -		
Suunnittelutoimisto/yritys			Puhelinno		
IV-suunnittelijan arvio suunnittelutehtävän vaativuudesta AA <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>			IV-suunnittelija arvio kelpoisuudestaan AA <input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>		
Päiväys 8.4.2013		IV-suunnittelijan allekirjoitus 			

Katso 2. sivun tiedot

Lisätietoja suunnitelmasta _____

Huomautuksia _____

TULOSTA TYHJENNÄ

K.OSA/KYLÄ		KORTTELI/TILA		TONTTI/RN: O		VIRANOMAISTEN ARKISTOMERKINTÖJÄ VARTEN	
Kytäjä Golf		Vanhakylä Golf		52:114			
RAKENNUSTOIMENPIDE						PIIRUSTUSLAJI	
						ILMANVAIHTO	
RAKENNUSKOHTTEEN NIMI JA OSOITE						PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ	
Kytäjä Golf						KAASUPITOISUUSLASKELMA	
Navetta							
Kytäjäntie 1265							
05720 Hyvinkää							
		SUUNN.		PIIRT.		SUUNNITTELUALA, TYÖN NUMERO JA PIIRUSTUKSEN NUMERO	
		SK		SK		MUUTOS	
		YHT.HLÖ		TARK.		LVI 100 103	
		PVM.		3.4.2013			
ALLEKIRJ.						TILAAJAN N: O	
Saku Korhonen							

KAASUPITOISUUSLASKELMA

1. Lähtökohta

- Golfautojen akkujen lataustoiminnassa muodostuu vetykaasua, joka aiheuttaa tilassa räjähdysvaaran ylittäessään 4 til.% rajan.
- Laskelmassa pitoisuuden rajana käytetään 2 til.%.

2. Kaasun muodostuminen

- Ajoneuvovalmistajan (Club Car) määrittelemä maksimiarvo vedyn tuotolle on 40,13 l/h yhtä ajoneuvoa kohden. Maksimiarvo toteutuu vain latausvaiheen loppujaksolla, jonka pituus vaihtelee välillä 30..60 min.
- Tilassa säilytettävät 80 golfautoa voivat olla samanaikaisesti latauksessa, jolloin vedyn tuotto on maksimissaan;

$$80 \text{ kpl} * \frac{40,13 \text{ l/h}}{\text{kpl}} = 3,21 \text{ m}^3/\text{h}$$

3. Pitoisuuden laimentaminen

- Tarvittavan ilmanvaihtokertoimen määrittäminen kun tilan ilmatilavuus on 1700 m³;

$$\frac{3,21 \text{ m}^3/\text{h}}{2 \text{ til. \%} * 1700 \text{ m}^3} = 0,094 \text{ 1/h}$$

- Huomioidaan vedyn pyrkimys nousta kohti kattoa → Suurin osa vedystä kasaantuu huonekorkeuden ylimmän viidenneksen alueelle (arvioitu).

$$\frac{0,094 \text{ 1/h}}{20 \%} = 0,47 \text{ 1/h} = 222 \text{ l/s}$$

- Suunnitelmissa esitetty ilmamäärä golfautojen säilytys-/latausalueella on 280 l/s ja kattaa laskennallisen maksimitarpeen 126 prosenttisesti.