



**SAVONIA**  
AMMATTIKORKEAKOULU

**Tekniikka**

**Palopäällystön koulutusohjelma**

**TOKEVA 2021 KEMIKAALIPUMPUT JA –LETKUT**

**Teemu Hautala**

**SAVONIA–AMMATTIKORKEAKOULU - TEKNIikka, KUOPIO**

Koulutusohjelma

Palopäällystön koulutusohjelma

Tekijä

Teemu Hautala

Työn nimi

Tokeva 2021 Kemikaalipumput ja -letkut

Työn laji

Opinnäytetyö

Päiväys

20.11.2020

Sivumäärä

42

Työn valvoja

vanhempi opettaja Jouni Salminen

Yrityksen yhdyshenkilö

Yritys

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää TOKEVA 2020 -ohjeissa olevat kemikaalipumput ja selvittää, onko markkinoille tullut uusia kemikaalipumppuja ja -letkuja. Nykyinen TOKEVA 2020-ohjeiston kemikaalipumppujen yhteenveto on peräisin 1990-luvulla tehdystä alkuperäisestä TOKEVA-ohjeesta, joten päivitys oli ajankohtainen. Työ rajattiin palokuntakäyttöön soveltuviin kemikaalipumppuihin.

Palokuntakäyttöön soveltuvien pumppujen etsinnässä määriteltiin ensin pumpulta vaadittavat ominaisuudet. Tavoitteena oli löytää mahdollisimman laajan kirjon erilaisia kemikaaleja kestävä pumppu. Selvitettävien pumppujen kriteereiksi asetettiin palavien, syövyttävien ja myrkyllisten nesteiden kestävyys. Lisäksi kemikaalipumpun oli oltava siirrettävä ja kenttäolosuhteisiin soveltuva.

Erilaisista pumpuista haettiin tietoa internetistä sekä suomen- että englanninkielisillä hakusanoilla. Seuraavaksi selvitettiin tarkempia tietoja kiinnostavista pumpuista soittamalla pumppujen myyjille. Selvitystyön tuloksena voi todeta, että pumppujen materiaalit ovat kehittyneet. Erilaisista materiaaleista valmistettuja pumppuja on tarjolla runsaasti. Kaikki TOKEVAssa olevat kemikaalipumput ovat edelleen markkinoilla. Selvitystyön tuloksena löytyi myös muutamia uusia pumputyyppisiä ja uusia käyttötapoja jo käytössä oleville pumpuille.

Avainsanat

kemikaalipumppu, kemikaaliletku, TOKEVA

Luottamuksellisuus

julkinen

<b>SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</b>		
Degree Programme Fire Officer (Engineer)		
Author Teemu Hautala		
Title of Project Tokeva 2021 Chemical Pumps And Hoses		
Type of Project Teemu Hautala	Date 20th November 2020	Pages 42
Academic Supervisor Mr Jouni Salminen, Senior Instructor	Company Supervisor	
Company		
<p>Abstract</p> <p>The objective of this study was to update the list of chemical pumps in the Response Guide for Chemical Accidents (TOKEVA 2020), and to find out whether new chemical pumps and hoses have entered the market. The current summary of chemical pumps in the guide TOKEVA 2020 is based on the original TOKEVA guide made in the 1990s. The work was limited to chemical pumps, which are suitable for fire brigade use.</p> <p>In the search for pumps, which are suitable for fire brigade use, the properties required of the pump were first defined. The aim was to find pumps that are resistant to as a wide range of chemicals as possible. The purpose was to find pumps suitable for flammable, corrosive and toxic liquids. In addition, the chemical pumps have to be portable and suitable for field conditions.</p> <p>Information about the various pumps was searched on the Internet, using both Finnish and English keywords. More detailed information about the pumps chosen was found out by calling the pump sellers.</p> <p>As a result of the study, it can be stated that the materials of the pumps have evolved. There are plenty of pumps available made of different materials. All the pump types, which were listed in the previous TOKEVA guide, are still on market. As a result of the study, a few new pump types and new uses for existing pumps were also found.</p>		
Keywords chemical pump, chemical hose, TOKEVA		
Confidentiality public		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	TYÖN LÄHTÖKOHDAT .....	7
3	TIETOPERUSTA .....	8
3.1	TOKEVA 2020 pumput .....	8
3.2	Kemikaalionnettomuuksien yleisimmät aineet .....	15
3.3	Palokuntakäyttöön soveltuva kemikaalipumppu .....	17
4	TULOKSET .....	20
4.1	Käytettävät materiaalit .....	23
4.2	Paineilmatoiminen kalvopumppu .....	26
4.3	Sähkökäyttöinen kalvopumppu .....	28
4.4	Lohkoroottoripumppu .....	31
4.5	Paloletkut .....	34
4.6	Kemikaaliletkut .....	35
4.7	Liittimet .....	36
5	POHDINTA .....	38
	LÄHTEET .....	40

## SELITTEET JA LYHENTEET

AISI 316	Haponkestävä teräs
ATEX	Laitedirektiivi, jossa säädetään räjähdysvaarallisten tilojen laitteiden turvallisuudesta. (Atmosphères explosibles)
CSM	Klorosulfonoitu polyeteenikumi, yleisin kaupp nimi Hypalon
EPDM	Eteeni-propeenikumi
FKM, FPM	Fluorikumi, yleisin kaupp nimi Viton
PRONTO	Pelastustoimen resurssi- ja onnettomuustilasto
PTFE	Polytetrafluorieteeni, yleisin kaupp nimi Teflon
PVDF	Polyvinyylideenifluoridi yleisin kaupp nimi Kynar
TOKEVA	Torjuntaohjeet kemikaalien aiheuttamille vaaratilanteille
TOKEVA 2020	Viimeisin päivitys tokeva-ohjeista

## 1 JOHDANTO

Nykyinen TOKEVA 2020 -ohjeiston kemikaalipumppujen yhteenveto on peräisin 1990-luvulla tehdystä alkuperäisestä TOKEVA -ohjeesta. Tämän opinnäytetyön aiheena on tarkastella TOKEVA 2020 -ohjeiston kalustoluettelossa olevaa pumppu- ja letkukalustoa. Pelastuslaitokset voivat käyttää TOKEVA-ohjetta apuna suunnitellessaan ja toteuttaessaan kemikaalionnettomuuksien torjuntaa.

Työn toimeksiantajana on Pelastusopiston vanhempi opettaja Jouni Salminen. Työn tarkoituksena on tukea TOKEVAN seuraavaa, vuonna 2021 tehtävää päivitystä. Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, onko nykyisiä kalustoluettelossa olevia kemikaalipumppuja edelleen markkinoilla ja onko yli 20 vuoden aikana tullut uusia tehokkaampia tai kestävämmistä materiaaleista valmistettuja kemikaalipumppuja.

Työ rajataan käsittämään palokuntakäyttöön soveltuvia pumppuja. Tavoitteena oli löytää mahdollisimman laajan kirjon erilaisia kemikaaleja kestävä pumppu. Työn taustatueksi on etsitty kirjallisuudesta taustatietoa pumpputyypeistä ja niiden ominaisuuksista. Nykyisin uusien tietojen löytäminen on helpompaa internetistä, joten tietoa on haettu myös sieltä runsaasti. Työn tuloksia kuvataan useiden kuvien ja taulukoiden avulla.

## 2 TYÖN LÄHTÖKOHDAT

Nykyinen TOKEVA 2020 -ohjeiston kemikaalipumppujen yhteenveto on peräisin 1990-luvulla tehdystä alkuperäisestä TOKEVA -ohjeesta. Kalustoluettelon päivityksestä on tehty opinnäytetyö, jossa ei tehty pumppujen ja materiaalien vertailua. (Heikkilä 2017, 36 - 37.) Opinnäytetyöni perehtyy tähän uusimattomaan aineistoon kemikaalipumppuista.

Työn tilaaja edellytti selvittämään, onko kalustosuosituksissa olevia pumppuja edelleen saatavilla ja onko markkinoille tullut uudenlaisia vaarallisten aineiden pumppaukseen soveltuvia pumppuja. Lisäksi tavoitteena on selvittää, onko tullut parempia kemikaaliletkuja. Jos opinnäytetyössä tulee esille jotain uutta kemikaalipumppuista ja -letkuista, saatuja tuloksia käytetään tarvittaessa seuraavassa TOKEVAN päivityksessä.

Työ rajataan käsittämään palokuntakäyttöön soveltuviin kemikaalipumppuihin. Onnettomuuspaikoilla resurssit ovat rajalliset, jolloin pumppujen tulee olla kahden henkilön selvitettävissä. Pumppujen tuoton tulee olla noin 300 l/min 1 - 3 bar paineella (Lautkaski & Teräsmaa 2006, 160). Tarkasteltavien tuotteiden kemikaalinkestävyys rajataan PRONTO-tietojärjestelmään kirjattujen vaarallisten aineiden onnettomuuksissa vuosina 2010 - 2018 mukana olleisiin yleisimpiin pumpattaviin kemikaaleihin.

### 3 TIETOPERUSTA

Työssä käytin lähtökohtana TOKEVA 2020:n kalustosuositusten liitteenä 4 olevaa kemikaalipumppujen yhteenvetotaulukkoa (Taulukko 1) sekä TOKEVA:n menetelmäohjetta M10a. (TOKEVA 2020.) Lisäksi tietoa kemikaalipumppujen vaatimuksista sain Vaarallisten aineiden torjunta -kirjasta (Lautkaski ym. 2006).

#### 3.1 TOKEVA 2020 pumput

Aluksi selvitin TOKEVA 2020 kemikaalipumppujen yhteenvedon mukaisten pumppujen saatavuutta. Kaikkia pumppuja löytyi edelleen markkinoilta, osaan pumpuista on tullut pieniä muutoksia esimerkiksi materiaalien osalta. Kaikki kemikaalipumppujen yhteenvedossa mukana olevat pumput ovat edelleen käyttökelpoisia.

Taulukko 1 TOKEVA 2020, kemikaalipumppujen yhteenvedo (TOKEVA 2020, liite 4)

**KEMIKAALIPUMPPUJEN YHTIENVETO (eTokeva)**

**LIITE 4**

Tyyppi	Nimell. pumpp. teho l/min	Nimell. syöttö-paine bar	Massa kg	Sovelt. VAK-luokka	Ex-suojaus	Huomautuksia
Käsi käyttöinen kalvopumppu	150	0.6	11.5	3, 6.1, 8	ei vaadita	soveltuu 0-alueelle
Erikoisteräksinen tynnyripumppu	100	0.4	10	3, 6.1, 8	Eex de IIC T4 >135 °C	vain pumppu hyväksytty 0-alueelle
Polypropeeni-nen tynnyripumppu <sup>1</sup>	100	0.4	8	6.1, 8	ei ole	ei hyväksytty palaville nesteille
Kemikaalien siirtopumppu GUP 3-1,5 <sup>2</sup>	300	1.5	90	3, 6.1, 8	Eex de II T3 >200 °C	1- ja 2-alue, ulkona tai tuuletetut tilat
Kemikaaliletkupumppu <sup>3</sup>	300	2	90	3, 6.1, 8	Eex de II T3 >200 °C	itseimevä
Sähkökäyttöinen happojen uoppopumppu <sup>4</sup>	240 (340)	0.8 (0.4)	50	6.1, 8	ei ole	ei hyväksytty palaville nesteille
Erikoisteräksinen turbiinipumppu	750 vesi 760	2.5 vesi 5	55	3, 6.1, 8	ei vaadita	vain 0-alueelle <sup>5</sup>
Erikoisteräksinen turbiinipumppu	980 vesi 600	2.2 vesi 4	40	6.1, 8	ei ole	ei hyväksytty palaville nesteille
Kuljetettava siirtopumppu TUP 3-1.5	300	1.5	70	3	Eex de II T3 >200 °C	1- ja 3-alueet, ulkona tai tuuletetut tilat

<sup>1</sup> Siirtää myös viskooseja, tahnamaisia, kaasuja/kiinteitä aineita sisältäviä nesteitä.

<sup>2</sup> Soveltuu erityisesti öljytuotteiden siirtoon.

<sup>3</sup> Pystyy vaivatta siirtämään roskaisia, viskooseja tai vaahtoavia nesteitä.

<sup>4</sup> Soveltuu erityisesti alhaisen kiehumispisteen kemikaaleille.

<sup>5</sup> Kun letkumateriaali täyttää Ex-suojauksen vaatimukset.







Kuva 2 Kahdella kalvolla varustettu käsikäyttöinen kalvopumppu (Wastecorp).

**Sähkökäyttöisiä tynnyripumppuja** on saatavilla useilta valmistajilta. Esimerkiksi ATEX-suojattuun sähkömoottoriin on saatavilla erilaisia pumppuosia, joita voidaan käyttää ATEX 1 ja 2 -alueilla. Kuvassa 3 on pumppuja erilaisilla moottoreilla ja pumppuosilla. Pumpun tuotto on jopa 240 l/min. Saatavilla on myös lopputyhjennykseen tarkoitettuja pumppuosia, joissa tuotto on 120 l/min. Tällaisella pumpulla esimerkiksi 200 litran tynnyriin jää lopulta enää 0,05 litraa nestettä. Pumpun sähkömoottorin voi korvata myös paineilmatoimisella moottorilla, jolloin pumpun tuotoksi saadaan 240 l/min. Paineilma-moottori kuluttaa ilmaa 900 l/min 8 bar paineella. (Flux-pumps.)



Kuva 3 Paineilmatoiminen tynnyripumppu ruostumattomalla putkella, sähkökäyttöinen pumppu polypropyleeniputkella ja sähkökäyttöinen suurempien viskositeettien ruuvi-pumppu (Dunlophiflex).

**Kemikaalien siirtopumppu GUP 3-1,5** (kuva 4) on sähkömoottorilla varustettu keskipakopumppu kemikaalien siirtämiseen. Pumpun tuotto 300 l/min 1,5 bar paineella tai 620 l/min 0,5 bar paineella. Pumppu on valmistettu haponkestävästä teräksestä (AISI 316), ja tiivisteet on valmistettu fluorikumista (FKM/Viton). Sähkömoottori on suojattu ATEX EEx II 2 G c IIB T3 -luokan mukaisesti, jonka vuoksi sitä voidaan käyttää ATEX 1 ja 2 -alueilla. Pumppu on varustettu käsikäyttöisellä alkuimulaitteella, jolla saavutetaan 8,4 m imukorkeus. Kiinteiden kappaleiden maksimikoko on 10 mm. Pumppu on hyväksytty mineraaliöljyjen ja aggressiivisten nesteiden kuten happojen ja syövyttävien aineiden pump-paukseen. Se on sertifioitu käytettäväksi myös joidenkin lentopolttoaineiden kuten Jet A1 ja JP 4 kanssa. (Mast.)



Kuva 4 Vaarallisten kemikaalien siirtopumppu Mast GUP 3-1,5 (Mast).

**Kemikaaliletkupumppu** eli peristalttinen pumppu on sähkömoottorilla varustettu letkupumppu kemikaalien siirtämiseen. Letkupumpussa on 1 - 4:llä rullalla tai kengällä varustettu roottori, joka pyöriessään puristaa pumpun pesässä olevan joustavan letkun tiiviisti kiinni. Letkussa oleva pumpattava aine työntyy edellä letkua pitkin. Puristuksen jälkeen letku palautuu takaisin muotoonsa ja muodostaa alipaineen, jonka ansiosta letku täyttyy pumpattavalla aineella. (Flowrox; Verder; Crane. )

Pumppu voidaan varustaa nitrilikumista tai klorosulfonidusta polyeteenikumista (CSM/Hypalon) valmistetulla letkulla. Kuvassa 5 on yleisesti käytössä oleva ELRO valmistama letkupumppu. Pumpun tuotto on 300 l/min 1,5 bar paineella. Pumppu on itseimevä ja imukorkeus 9,5 m. Sähkömoottori on suojattu ATEX II 2G Ex h IIC T3 Gb -mukaisesti. Suurimmat kiintokappaleet voivat olla 12 mm. Pumpun paino on 98 kg. (Crane.)



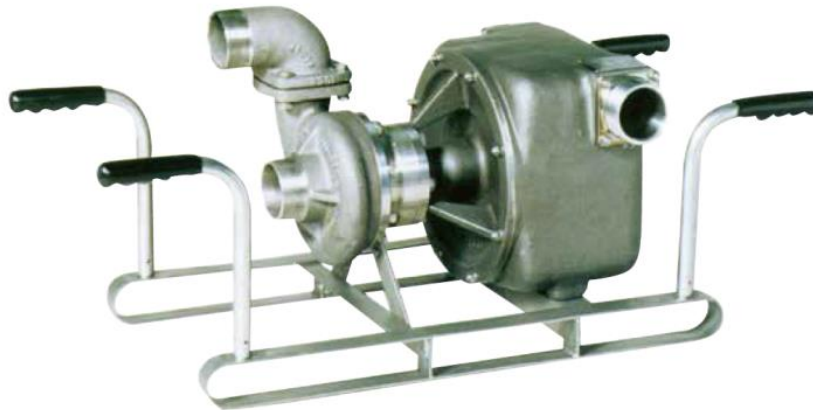
Kuva 5 Kemikaaliletkupumppu ELRO GUP 20/10 EX (YTM-Industrial).

**Sähkökäyttöinen happojen uppopumppu** (kuva 6) on ruostumattomasta teräksestä valmistettu, pumpattavaan nesteeseen upotettava pumppu. Se soveltuu kemiallisesti saastuneen veden ja happojen pumppaamiseen. Pumppu on räjähdyssuojattu Ex II 2G EEx d IIB T4 -luokan mukaisesti. Sitä voidaan käyttää ATEX 1 ja 2 -alueilla. Pumppua ei saa käyttää syttyvien nesteiden pumppaukseen. Kiinteiden kappaleiden maksimikoko on 10 mm. Pumpun teho on 240 l/min tai 400 l/min 0,5 bar paineella. Sähkökaapelin pituus on 8 m, ja pumpun paino kaapeleineen on 50 kg. (Mast.)



Kuva 6 Sähkökäyttöinen happojen uppopumppu (Mast).

**Erikoisteräksinen turbiinipumppu** (kuva 7) on ruostumattomasta teräksestä valmistettu keskipakoturbiinipumppu. Pumpun imukorkeus on 8 m, ja pumppukammio tulee täyttää nesteellä imun aikaansaamiseksi. Pumppu saa käyttövoimansa vesiturbiinista, jota pyöritetään yleensä paloauton pumpulla. Pyörikykseen käytettävä vesi pysyy puhtaana omassa kierrossaan. Kun turbiiniin syötetään 750 l/min 5 bar paineella, saadaan pumppuosan tuotoksi 500 l/min 1,5 bar paineella. Ex-suojatuilla letkuilla varustettua pumppua voidaan käyttää kaikilla ATEX -alueilla. Kiinteän aineen maksimikoko on 18 mm. Paino ilman letkuja on 50 kg. (Deltaservice.)



Kuva 7 Eri-koisteräksinen turbiinipumppu Turbimat S III inox (Deltaservice).

**Erikoisteräksinen turbiiniuoppopumppu** (kuva 8) on ruostumattomasta teräksestä valmistettu turbiiniuoppopumppu. Sitä voidaan käyttää ATEX 1 ja 2 -alueilla happojen, lipeän, syttyvien nesteiden ja liuottimien pumppaamiseen. Pumppua ei saa käyttää herkästi syttyvien nesteiden pumppaukseen. Pumppu saa käyttövoimansa vesiturbiinista, jota pyöritetään yleensä paloauton pumpulla. Pyöriytykseen käytettävä vesi pysyy puhtaana omassa kierrossaan. Kun turbiiniin syötetään 600 l/min 4 bar paineella, saadaan tuotoksi 400 l/min 1 bar paineella. Kiinteän aineen maksimikoko on 10 mm. Paino ilman letkuja on 38 kg. (Deltaservice.)



Kuva 8 Turbiiniuoppopumppu Turbimat TU 65 VA (Deltaservice).

**Kuljettava siirtopumppu TUP 3-1.5** (kuva 9) on alumiiniseoksesta valmistettu keskipakopumppu mineraaliöljyjen ja muiden ei-aggressiivisten aineiden siirtoon. Pumpun imukorkeus on 8,4 m, ja pumpun pesään tulee laittaa nestettä alkuimun aikaansaamiseksi. Pumpun tuotto on 320 l/min 1,5 bar paineella tai 600 l/min 0,5 bar paineella. Kiinteän aineen maksimikoko on 4 mm, ja pumppu painaa 56 kg. (Mast.)



Kuva 9 Kuljettava siirtopumppu Mast-pumpen TUP 3-1,5 (Mast).

### 3.2 Kemikaalionnettomuuksien yleisimmät aineet

TOKEVA 2020 -ohjeessa on yli 3000 vaarallista ainetta. TOKEVA 2020 -ohjeessa on mukana PRONTO -tietokannasta tehty poiminta Suomessa sattuneista kemikaalionnettomuuksista vuosilta 2011 – 2018. (TOKEVA 2020.) Tätä PRONTO-tietokannasta otettua poimintaa on hyödyllistä tarkastella, kun mietitään, millaisia kemikaaleja varten kemikaalipumppu kannattaa hankkia.

Taulukko 2 Vuosina 2011-2018 Suomessa kemikaalionnettomuuksissa olleet aineet (TO-KEVA 2020.)

Aine	Yhteensä
Ammoniakki	64
Ammoniakki vesiliuos	40
Asetyleeni (liuotettu)	18
Bensiini	1 379
Butaani	25
Diesel, kevyt polttoöljy	4 936
Fosforihappo (liuos)	6
Happi (jäähdytetty neste)	31
Happi (puristettu)	24
Hiilidioksidi	18
Hiilidioksidi (jäähdytetty neste)	7
Hydrauliikkaöljy	1 095
Kaliumhydroksidi (liuos)	10
Kloori	16
Lentopetrooli (kerosiini)	30
Metaani (jäähdytetty neste)	3
Metaani (puristettu, myös maakaasu tai kaupunkikaasu)	31
Muu vapautunut aine	248
Muu öljy (esim. tuntematon jäteöljy, pilssiöljy)	257
Muurahaishappo	23
Natriumhydroksidi	39
Natriumhypokloriitti	17
Natriumkloriidi	12
Nestekaasu	196
Propani	33
Raskas polttoöljy	104
Rikki	15
Rikkidioksidi	13
Rikkihappo	84
Styreeni	5
Suolahappo	36
Typpi	45
Typpihappo	38
Vetyperoksidi	28
Voiteluöljy	878



### 3.3 Palokuntakäyttöön soveltuva kemikaalipumppu

Yleisimmät käytössä olevat pumpput ovat keskipakoispumppuja. Tämä koskee myös kemikaalipumppuja. Keskipakoispumpussa pumpattava neste saa pyörivän juoksupyörän vaikutuksesta sekä paineen että nopeusenergian lisäyksen. Nesteen liike-energia muuttuu juoksupyörältä lähtiessään paineeksi. Keskipakoispumpun toiminta ei käynnisty, ellei pumpussa ole nestettä. Pumppu tulee varustaa alkuimulaitteella tai täyttää pumpun pesä nesteellä. (Häkkinen 1994, 144.)

Keskipakoispumpun pyöriessä voidaan sen tuottoa pienentää kuristamalla pumpun venttiiliä. Keskipakoispumppu kestää hyvin pumppausta suljettua venttiiliä vasten, jos pumpaus tulee hetkellisesti keskeyttää. Jos venttiili on pitkään suljettuna, alkaa pumpattava neste ja pumppu lämmetä. Keskipakopumpun ollessa pysähdyksissä voi pumpattava neste valua omalla painollaan pumpun läpi takaisin tyhjennettävään säiliöön. Tämä voidaan estää sulkemalla pumpun venttiili.

Toinen yleisesti käytettävä pumpputyyppe on syrjäytyspumppu. Syrjäytyspumppu siirtää tietyn määrän nestettä imupuolelta painepuolelle kierroksensa aikana. Syrjäytyspumppussa paineen tuotto ei perustu nopeuteen, vaan pumppu pystyy tuottamaan painetta myös hyvin hitaalla pyörimisnopeudella. (Nesbitt 2006, 31.)

Syrjäytyspumppun tuotto on suoraan verrannollinen pumpun pyörimisnopeuteen. Syrjäytyspumppua ei voi käyttää suljettua venttiiliä vasten, vaan painetta tulee vähentää pyörimisnopeutta säätämällä. Syrjäytyspumput ovat itseimeviä. Esimerkiksi kemikaalipumpuna käytettävä letkupumppu on yksi esimerkki syrjäytyspumppusta.

Teollisuudessa käytettävät kemikaalipumput on yleensä suunniteltu tiedossa olevia aineita varten ja ne on asennettu kiinteästi osaksi tehtaan prosessia. Pelastustoimen käytössä olevilta kemikaalipumpuilta vaaditaan yleensä useita erilaisia ominaisuuksia. Onnettomuustilanteissa kemikaalit eivät ole ennalta tiedossa, ja pumppausolosuhteet voivat olla hyvinkin erilaisia.

Pumpun, imu- ja paineletkujen sekä liittimien tulisi kestää pumpattavia kemikaaleja noin kolmen tunnin ajan. Yleensä tässä ajassa pumpattava säiliö on saatu tyhjäksi. Pumpun tulisi kestää tinnereitä, ksyleeniä, trikloorietyyleeniä, rikkihappoa (96 - 98 %), typpihappoa (65 %), natriumhydroksidia (48 %) ja ammoniakkin vesiliuosta (25 %). (Lautkaski ym. 2006, 160.)

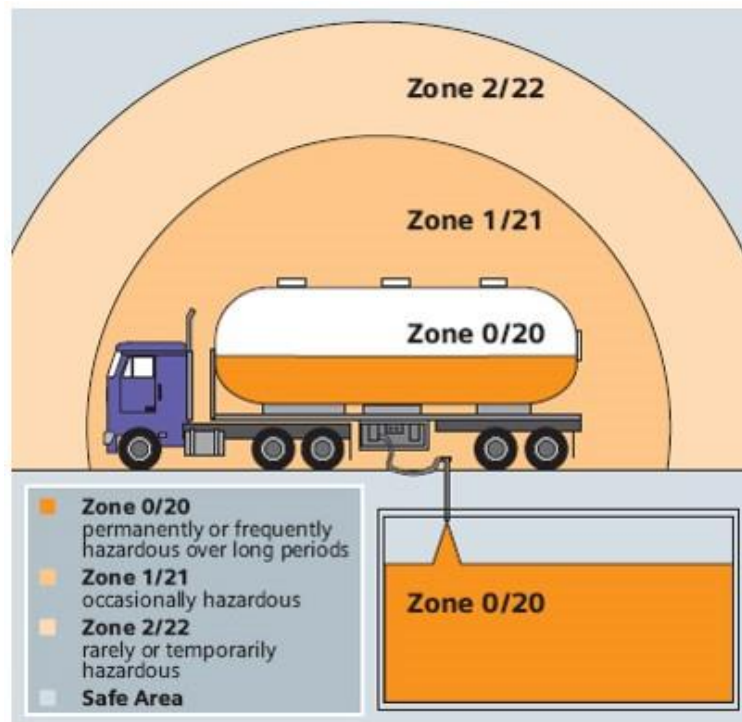
Pumpun tuoton tulisi olla noin 300 l/min. Pienempi tuotto aiheuttaa pumppauksen keston pitenemistä, mikä voi onnettomuustilanteessa aiheuttaa muita ongelmia. Suurempi tuotto taas lisää nesteen virtausta ja siten staattisen sähkövarauksen vaaraa, jolloin palava neste saattaa syttyä. Pumpun paineen tulisi olla 1 - 3 bar. Tätä suurempi paine aiheuttaa kuohuntaa ja paine saattaa rasittaa letkuja ja liittimiä. (Lautkaski ym. 2006, 160 -163.)

Pumppujen valmistuksessa pyritään pitämään kustannukset matalina. Yleensä valitaan edullisin materiaali, joka täyttää asetetut vaatimukset. Joihinkin pumppuihin on saatavilla lisävarusteena paremmista materiaaleista tehtyjä osia. On myös mahdollista kasata pumppu itse tarjolla olevista materiaaliveitohdoista.

Pumpun käyttökelpoisuutta lisää se, jos pumppu täyttää ATEX-standardin mukaiset vaatimukset. Tällöin pumpulla voidaan pumpata myös palavia nesteitä tai pumppua voidaan käyttää tiloissa, joissa voi esiintyä räjähdysvaarallinen ilmaseos. Tilat määritellään ATEX-tilaluokkiin räjähdysvaarallisen ilmaseoksen esiintyvyyden mukaan (taulukko 3). Onnettomuustilanteessa tilaluokan määrittäminen on vaikeaa, ja pumppu tulisi sijoittaa riittävän etäälle syttymisvaaran välttämiseksi.

Taulukko 3 ATEX -tilaluokitukset (Tukes).

<b>Tilaluokka 0</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>jatkuvasti, pitkäaikaisesti tai usein.</b>
<b>Tilaluokka 1</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostama räjähdyskelpoinen ilmaseos esiintyy <b>normaalitoiminnassa satunnaisesti.</b>
<b>Tilaluokka 2</b>	Tila, jossa ilman ja kaasun muodossa olevan palavan aineen muodostaman räjähdyskelpoisen ilmaseoksen esiintyminen <b>normaalioloissa on epätodennäköistä ja se kestää vain lyhyen ajan.</b>



Kuva 10 ATEX -standardin mukaiset tilaluokitukset (Verkkokoulu).

Palavaa nestettä sisältävässä säiliössä on jatkuvasti räjähdyskelpoinen seos, ja se kuuluu 0-alueeseen. Välittömästi säiliön ulkopuolella on 1-alue, jossa satunnaisesti voi muodostua syttymiskelpoisia seoksia. 2-alueella syttymiskelpoisten ilmaseoksien esiintyminen on epätodennäköistä.

#### 4 TULOKSET

Soveltuvien pumppujen etsinnässä määrittelin ensin pumpulta vaadittavia ominaisuuksia. Pyrkimyksenä oli löytää mahdollisimman laajan kirjon kemikaaleja kestävä pumpu. Sen tuli lisäksi täyttää ATEX-luokitus niin, että tarvittaessa sillä voitaisiin pumpata myös palavia nesteitä. Selvittelyssä tuli esille muutamia uusia pumpputyyppejä sekä myös uusia käyttötapoja vanhoille jo käytössä oleville kemikaalipumpuille. Materiaaleissa on myös tapahtunut kehitystä.

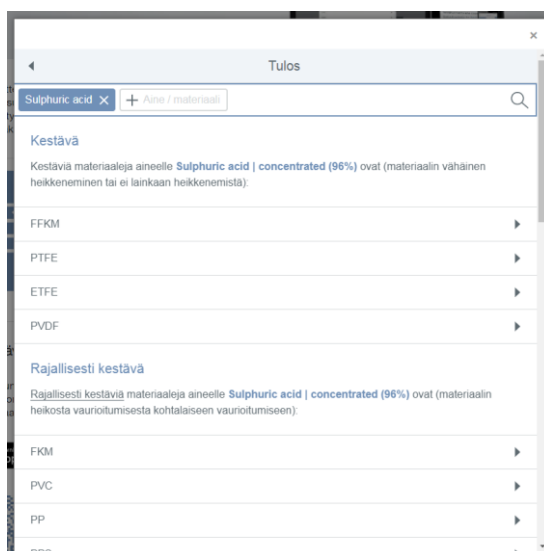
Tietoa hain aluksi internetistä. Teollisuuteen tarkoitettuja kemikaalipumppuja löytyi valtavasti, mutta niiden ominaisuudet eivät yleensä joltain osin kuitenkaan sopineet pelastustoimen käyttöön, ja karsintaa piti tehdä. Pumppujen yleisen tarkastelun jälkeen etsin teknisistä tiedoista tarvittavia lisätietoja. Esimerkiksi suoritusarvoiltaan muuten hyvältä vaikuttanut letkupumpu saattoi olla kiinteäksi tarkoitettu ja painaa yli 300 kg. Suomalaisen maahantuojien sivuilta ei aina kaikkia tarvittavia tietoja löytynyt, ja jouduin etsimään tietoa myös valmistajien ulkomaisilta sivuilta. Etsin myös suoraan englanninkielisillä hakusanoilla, mikä laajensi tarjontaa valtavasti.

Seuraavaksi soitin myyjille ja kysyin lisätietoja kiinnostavilta vaikuttavista pumpuista ja letkuista. Lähestyin myyjä ongelman kanssa eli kerroin tarvitsevani kemikaalipumpun vaarallisille aineille. Pumpattavia aineita olisivat palavat, syövyttävät ja myrkylliset nesteet sekä mahdollisesti myös nesteytetyt kaasut. Kerroin myyjille myös, etten tiedä kemikaalien tarkempia ominaisuuksia, vaan tarvitsen mahdollisimman monia kemikaaleja kestävä pumpun. Pumpun tulisi olla siirrettävä ja sovelluttava kenttäolosuhteisiin. Koska olin tulostanut yrityksen nettisivulta pumppujen tiedot paperille, myyjän kanssa oli helppo käydä yhdessä läpi tarjolla olevat pumput. Lisäksi tein tarkentavia kysymyksiä, jos en ollut löytänyt tarvittavia tietoja internetsivuilta. Pumpuista karsittiin heti aluksi huonosti soveltuvat vaihtoehdot.

Keskipakoispumpuista löytyi runsaasti vaihtoehtoja monille eri kemikaaleille. Magneettivälitteisen pumpun akselitiiviteen puuttuminen lisäsi pumpun kestävyyttä kemikaaleille, mutta heikensi pumpun käyttöä siirrettävänä. Keskipakoispumppuja oli myös saatavilla eri muovilaaduilla vuorattuina, jolloin ne kestivät hyvin eri kemikaaleja. Muovi vuoratut pumput olivat ainakin vielä tarkoitettu kiinteisiin asennuksiin.

Annetuilla esitiedoilla päädyttiin hyvin usein kalvopumppuihin. Kalvopumppujen valmistuksessa käytettävät materiaalit ovat kehittyneet viime aikoina. Pumpun runkoja on saatavilla useista eri metalleista, jotka kestävät kemikaaleja suhteellisen hyvin. Eri muovilaaduista valmistetut rungot tarjoavat lisää kestoja eri kemikaaleille. Polytetrafluorieteenistä (Teflon) valmistettu pumppu kestää lähes kaikkia kemikaaleja. Sitä on saatavana myös sähköä johtavana, jolloin se soveltuu myös palavien nesteiden pumppaukseen. Painelματοimisten kalvopumppujen huono puoli on niiden tarvitsema suuri paineilmamäärä, jonka tuottaminen vaatii ison ilmakompressorin. Muutamalla valmistajalla oli kehitettynä kalvopumpuista sähkökäyttöinen versio. Sähkön tuottaminen onnettomuuspaikalla on helpompaa pelastusajoneuvoissa valmiina olevien generaattoreiden ansiosta. Palavien nesteiden pumppaamiseen oli saatavilla ATEX-hyväksytyllä sähkömoottorilla varustettuja versioita.

Pumppuvalmistajilla oli tarjolla hyvin erilaisia materiaaleja pumppuihinsa. Keräsin tietoa saatavilla olevista materiaaleista ja selvitin niiden kestävyyttä Suomessa vuosina 2011 - 2018 kemikaalionnettomuuksissa olleisiin kemikaaleihin. Taulukkoa 4 tehdessäni yhdistelin tietoja useiden eri valmistajien materiaalinkestävyystaulukoista, joita oli pumppuvalmistajien internet-sivuilla. Lisäksi tein hakuja kemikaalien kestävyydestä pumppuvalmistajien internetsivuilla olevilla hakutoiminnoilla (kuva 11).



Kuva 11 Rikkihapon 96 % liuoksen kestävät materiaalit tarkasteltuna Bürkert resistApp-sovelluksella (Bürkert).

Taulukko 4 materiaalien kestävyystaulukko vuosina 2011 - 2018 onnettomuuksissa olleille kemikaaleille (Bürkert; Aro; Thorn; Gtweed).

	rungot									Kalvot						Tiivisteet		
	Aluminum	Cast/Ductile Iron	Stainless 304	Stainless 316	Hastelloy C	Acetal (POM)	PVDF	Polypropylene	PTFE	PTFE	Santoprene(EPDM + Pol)	Buna	EPR, EPDM	Fluoroelastomer (FKM)	Geolast (Buna+ Polyprop)	PTFE	Chemraz (FFKM)	Fluoroelastomer (FKM)
A: Erinomainen																		
B: Hyvä																		
C: Välttävä																		
D: Ei suositella																		
- : Ei tietoa																		
Ammoniakki	-	-	-	-	-	A	D	B	A	A	A	A	A	D	-	A	A	D
Ammoniakki vesiliuos	D	A	A	-	B	D	A	A	A	A	A	-	A	D	-	A	B	D
Asetyleeni (liuotettu)	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A	-	B	A	A	B	A	A	A
Bensiini	A	A	A	A	A	A	C	D	A	A	C	D	D	A	D	A	A	A
Butaani	A	A	A	A	A	B	A	D	A	A	D	A	D	A	A	A	A	A
Diesel, kevyt polttoöljy	A	A	-	A	B	A	D	A	A	A	A	-	A	-	A	A	A	-
Fosforihappo (liuos)	D	D	A	-	-	-	A	A	A	A	-	D	B	-	D	A	A	-
Happi (jäähdytetty neste)	A	A	-	A	-	-	A	D	A	A	-	D	-	B	-	A	B	B
Happi (puristettu)	A	B	A	A	-	A	A	C	A	A	A	C	A	A	-	A	A	A
Hiilidioksidi	A	D	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	B	B	-	A	A	B
Hiilidioksidi (neste)	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	-	A	B	B	A	A	B	B
Hydrauliikkaöljy	A	A	A	A	A	B	A	D	A	A	D	D	D	A	D	A	A	A
Kaliumhydroksidi (liuos)	D	C	B	A	B	C	A	A	A	A	A	B	A	D	-	A	A	D
Kloori	D	D	D	D	D	D	A	D	A	A	D	D	D	A	D	A	A	A
Lentopetrooli (kerosiini)	A	A	A	A	B	A	A	D	A	A	D	A	D	A	A	A	A	A
Metaani (puristettu)	A	D	A	A	A	A	A	B	A	A	D	A	D	B	A	A	A	B
Muurahaishappo	D	D	C	C	A	D	A	B	A	A	A	D	B	C	D	A	A	C
Natriumhydroksidi	D	B	A	-	B	D	A	A	A	A	A	B	A	-	-	A	A	-
Natriumhypokloriitti	D	D	D	A	B	D	B	D	A	A	A	D	C	D	B	A	A	D
Natriumkloriatti	C	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A
Nestekaasu	A	B	A	-	A	A	A	D	A	A	C	A	D	A	-	A	A	A
Propani	A	A	A	A	-	A	A	D	A	A	-	A	D	A	-	A	A	A
Raskas polttoöljy	C	A	A	A	A	C	B	C	B	B	C	A	D	A	-	B	A	A
Rikki	-	-	-	-	-	D	-	D	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-
Rikkidioksidi	D	D	D	A	C	D	A	A	A	A	A	D	B	D	D	A	A	D
Rikkihappo	D	B	A	-	A	D	A	D	A	A	C	D	C	A	-	A	A	A
Styreeni	A	B	A	A	D	A	B	D	A	A	C	D	D	B	D	A	A	B
Suolahappo	D	D	D	D	A	C	A	B	A	A	-	D	D	A	-	A	A	A
Typpi	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	-	A	A	A
Typpihappo	D	D	A	A	B	D	A	D	A	A	D	D	D	B	D	A	A	B
Vetyperoksidi	A	D	A	-	-	D	A	A	A	A	-	D	C	A	-	A	A	A
Voiteluöljy	A	A	A	-	A	A	A	C	A	A	D	-	D	A	-	A	A	A

#### 4.1 Käytettävät materiaalit

Pumppujen vertailussa aiheutti hankaluuksia se, että valmistajat käyttivät samasta aineesta erilaisia nimiä. Materiaalissa saattoi olla hiukan erilainen sekoitussuhde, jolloin voitiin käyttää eri kaupunimeä. Aineiden fysikaaliset ominaisuudet olivat kuitenkin samanlaiset. Materiaalien käyttölämpötiloissa oli suuria eroja. Tähän vaikuttaa aineen käyttötapa sekä mahdollinen seos.

Osa materiaaleista on ollut olemassa jo kauan, mutta ne ovat tulleet markkinoille vasta myöhemmin. Esimerkiksi perfluoroelastomeeri (FFKM) ja fluorikumi (FKM) ovat molemmat kehitetty 60-luvun vaihteessa. FFKM:llä on paremmat ominaisuudet kuin FKM:llä, mutta patenttirajoitusten takia FFKM laajamittainen tuotanto pääsi alkamaan vasta 80-luvun lopulla. (Gtweed.) Tällöin FKM eli Viton oli jo laajasti käytössä.

Koska kemikaalien kestävyystaulukoissa on eroavaisuuksia, tulee pumppua hankittaessa ottaa huomioon kyseisen valmistajan suositukset. Taulukot on tehty pitkäaikaista käyttöä varten, ja esimerkiksi metallien syöpmistä mitataan yleensä millimetrin osina vuodessa. Esimerkiksi puhtaassa rikkihapossa ruostumattoman teräksen seokset saattavat syöpyä jopa 0,1 mm/y, syöpyminen ei ole tasaista pumpun kaikissa osissa. (Pracht & Perschnick 2016, 422.) Onnettomuustilanteissa kemikaalien pumppaukseen tällaisillä syöpymillä ei ole mitään merkitystä.

Seuraavaksi on listattu erilaisia markkinoilla olevia materiaalivaihtoehtoja, joita tuli esiin kemikaalipumppujen materiaalitalukoista. Tiedot on haettu useista eri lähteistä, mutta esimerkiksi käyttölämpötilat on otettu Gracon sähkökäyttöisen kalvopumpun materiaali- taulukosta (kuva 12). (Graco.)

**Nitriilikumilla (NBR)** on hyvä öljynkestävyys. Se soveltuu laimeille kemikaaleille, esimerkiksi mineraalitärpätille ja sen käyttölämpötila on  $-12^{\circ}$  -  $+82^{\circ}\text{C}$ . Nitriilikumin yleinen kaupp nimi on **Buna-N**.

**Eteeni-propeenikumi (EPDM)** ei sovellu käytettäväksi öljyjen, rasvojen ja useimpien liuottimien kanssa. Se kestää hyvin heikkoja happoja ja emäksiä, ja sen käyttölämpötila on  $-51^{\circ}$  -  $+135^{\circ}\text{C}$ . Yleisiä kaupp nimiä ovat **Nordel / Dutral**.

**Geolastilla** on hyvä hankauksen kesto sekä öljynkestävyys. Se soveltuu laimeille kemikaaleille, esimerkiksi mineraalitärpätille, ja sillä on samankaltainen kemiallinen yhteensopivuus kuin Buna-N:llä. Geolastin käyttölämpötila on  $-40^{\circ}$  -  $+66^{\circ}\text{C}$ .

**Santoprenella** on hyvä kulutuksen ja kemikaalien kestävyys. Se on yhteensopiva joidenkin liuottimien kuten asetonin, metyylietyyliketonin, emäksisten liuosten, laimeiden happojen ja alkoholien kanssa. Santoprenen käyttölämpötila on  $-40^{\circ}$  -  $+82^{\circ}\text{C}$ .

**Fluorikumi (FKM / FPM)** soveltuu öljyille, bensiinille sekä aggressiivisille kemikaaleille kuten hapoille ja joillekin liuottimille, mutta se ei sovellu ketoneille eikä maalinliuottimille. Fluorikumi kestää korkeita lämpötiloja ja sen käyttölämpötila on  $-15^{\circ}\text{C}$  -  $+200^{\circ}\text{C}$ . Yleinen kaupp nimi on **Viton**.

**Polytetrafluorieteeni (PTFE)** kestää lähes kaikkia kemikaaleja, lukuunottamatta nesteistä natriumia ja fluoriyhdisteitä. Sillä on erinomainen korroosionkestävyys ja pieni kitkakerroin, ja se on tarttumaton. Polytetrafluorieteenilla on heikko kulutuskestävyys. Pumpun kalvoissa on yleensä tukirakenteena EPDM-kumi, ja sitä on saatavana sähköä johtavana Atex-versiona. Polytetrafluorieteenin käyttölämpötila on  $-20^{\circ}\text{C}$  -  $+130^{\circ}\text{C}$ , ja yleinen kaupp nimi **Teflon**.

**Perfluoroelastomeeri (FFKM)** on elastinen tiivistemateriaali, jolla on lähes sama kemiallinen ja lämmönkestävyys kuin Teflonilla. Käyttölämpötila  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $+325^{\circ}\text{C}$ , ja yleisiä kaupp nimiä ovat **Chemraz / Kalrez / Isolast**.

**PP / Polypropeeni** on yleiskäyttöinen muovi, joka kestää hyvin erilaisia liuottimia, emäksiä ja happoja. Polypropeenin käyttölämpötila on  $0^{\circ}\text{C}$  -  $+66^{\circ}\text{C}$ .



**Polyoksimetyleeni (POM)** on erinomainen kulutuskestävyys ja soveltuu laajaan valikoiman erilaisia liuottimia sekä on sähköä johtava. Käyttölämpötila on -12°- +82°C. Yleisiä kauppanimiä ovat **Acetal ja Delrin**.

**Ruostumaton teräs (AISI 304)** on terässeos, johon on lisätty kromia ja nikkeliä lisäämään korroosion kestoja. Ruostumaton teräs on sitkeää ja lujaa.

**Haponkestävä teräs (AISI 316)** on ruostumatonta terästä, johon on lisätty kromin ja nikkelin lisäksi molybdeenia. Seoksella saavutetaan vielä parempi korroosionkestävyys kovia happoja kohtaan.

**Hastelloy C** on nikkelipohjainen seos, johon on sekoitettu kromia ja molybdeenia. Hastelloylla on ruostumatonta terästä parempi korroosionkestävyys.

**Duplex** on terässeos, jonka pääainesosia ovat kromi ja nikkeli. Lisäksi seoksessa käytetään molybdeenia. Duplex-teräkset ovat hyvin korroosionkestäviä lujia.

**GRACO**

### Materials of Construction Guide

MATERIAL	*TEMPERATURE RANGE	PRICE	AVAILABILITY			CONDITIONS				**SPECIFIC GRAVITY	COLOUR	NOTES	
			SEAT	BALL	DIAPHRAGM	**MILD CHEMICALS	**AGGRESSIVE CHEMICALS	**HIGH TEMP. RATURE	ABRASIVES				
POLYPROPYLENE	0° to 66°C (32° to 150°F)	€	X			X					NA	White	Wide chemical compatibility. General purpose.
GELCAST	-40° to 66°C (-40°F to 150°F)	€	X	X	X	X			X		0.97	Black	Good abrasion resistance. Approximately same chemical compatibility as Buna.
EPDM	-51° to 120°C (-60°F to 275°F)	€			X	X		X			NA	Black	High heat resistance. Good resistance to gas permeability and to steam. OK with caustic solutions, dilute acids, ketones and alcohols. Recommended for use with CP Sanitizing Agent OXOMA.
TPE (HYTREL)	-29° to 66°C (-20°F to 150°F)	€	X	X	X	X			X		1.19	Cream	Good low temperature properties. Good abrasion resistance.
ACETAL (DELIN)	-12° to 82°C (10°F to 180°F)	€	X	X		X			X		1.32	Orange or White	Wide range of solvent resistant and withstands extreme fatigue. Good level of abrasion resistance. Not for use with acids or bases.
ALUMINIUM	-73° to 204°C (-100° to 400°F)	€	X			X		X	X	X	NA	Silver	Medium corrosion and abrasion resistance. Not for use with halogenated hydrocarbons.
SANTOPRENE	-40° to 82°C (-40°F to 180°F)	€€	X	X	X	X			X		0.84	Blue	Good abrasion and chemical resistance. OK for use with some solvents, (e.g. MEK, acetone) caustic solutions, dilute acids, and alcohols. Often substituted for EPDM or EPR.
UHMWPE	-40° to 101°C (-40° to 184°F)	€€	X		X	X	X		X	recommended	NA	White	Best option for abrasion resistance — high level of chemical resistance.
STANDARD POLYCHLOROPRENE (NEOPRENE)	-18° to 82°C (0° to 180°F)	€€		X	X	X			X		1.42	Black	High resilience. Good with whiskey, wine, beer and natural gas. Good with animal and vegetable oil, moderate chemicals, fats and greases. Not for use with strong oxidizing acids, esters, ketones, chlorinated aromatic and nitro hydrocarbons.
OVERMOLDED POLYCHLOROPRENE	-18° to 82°C (0° to 180°F)	€€€			X	X			X		NA	Black	Longer life than standard polychloroprene. Great in abrasive applications. High resilience.
BUNA N (NITRILE/NBR)	-12° to 82°C (10°F to 180°F)	€€	X	X	X	X					1.43	Black w/ yellow dot	Good for petroleum-based fluids, water, oils, hydrocarbons and MILD chemicals (e.g. mineral spirits). Not for use with strong solvents or chemicals (e.g. acetone, MEK, caustic, chlorinated hydrocarbons, and nitro hydrocarbons).
PVDF (KYNAR)	-12° to 107°C (10°F to 225°F)	€€€	X			X	X	X			NA	Milky White	Strong chemical resistance: Acids and bases. Good abrasion resistance. High temperature resistance.
VITON (FKM)	-40° to 150°C (-40°F to 300°F)	€€€	X	X	X	X	X	X	X	recommended	1.80	Black or White	High heat resistance. Good resistance to aggressive chemicals including acids and some solvents (e.g. Xylene and mineral spirits). Good resistance to steam as well as animal, vegetable and petroleum oils. Resists unbleached fuels. Not for use with ketones, low molecular weight ester and nitro containing compounds.
PTFE	4° to 150°C (40°F to 312°F)	€€€	X	X	X	X	X	X	recommended	X	2.16	White	Widest chemical compatibility, extreme corrosion resistance, very low frictional coefficient, non-adhesive, high heat resistance. Poor abrasion resistance.
OVERMOLDED PTFE	-10° to 82°C (14°F to 180°F)	€€€			X	X	X	X	X	X	NA	Blue	Overmolded design improves wear and diaphragm life with no exposed diaphragm plate on the fluid side. Longer diaphragm life in more abrasive applications that still require PTFE. Available for sanitary and industrial diaphragm pumps.
STAINLESS STEEL	-40° to 430°C (-40° to 800°F)	€€€	X	X		X	X	X	X	X	7.95	Silver	High level of corrosion and abrasion resistance. Passivated 316 grade.
WEIGHTED POLYCHLOROPRENE (NEOPRENE)	-18° to 82°C (0° to 180°F)	€€€		X		X					9.42	Black	High resilience. Good with whiskey, wine, beer and natural gas. Good with animal and vegetable oil, moderate chemicals, fats and greases. Not for use with strong oxidizing acids, esters, ketones, chlorinated aromatic and nitro hydrocarbons.

\*Temperature limits are based on mechanical stress only. Certain chemicals will further limit the fluid temperature range. Stay within the temperature range of the most-restricted wetted component. Operating at a fluid temperature that is too high or too low for the components of your pump may cause equipment damage.  
\*\*Consult Graco's Chemical Compatibility Guide. This guide is intended to be used as a general guideline for pump material selection. If you are unsure of the compatibility of your chemical, we recommend testing a sample of the material in question with the chemical.  
\*\*\*The specific gravity of a liquid or solid is defined as the ratio of the weight of a given volume of the material to the weight of an equal volume of water, (e.g. = weight of a given volume of a material) / weight of an equal volume of water.

©2015 Graco Inc. Part No. 3405000101 Rev. 0-14-15. Printed in Dallas.  
All other brand names or marks are used for identification purposes and are trademarks of their respective owners.

To order a diaphragm pump, use the online selector tool at [www.graco.com/products](http://www.graco.com/products) click on "Online Diaphragm Pump Selector Tool".

Kuva 12 Husky 2150E sähköisen kalvopumpun materiaalivaihtoehdot (Graco).

## 4.2 Paineilmatoiminen kalvopumppu

Paineilmatoimista kalvopumppua ei ole mainittu TOKEVA 2020:n kemikaalipumppujen yhteenvetotaulukossa. Se on kuitenkin mainittu TOKEVA 2020:n liitteessä 5 (TOKEVA-kontin kalusto). Paineilmatoimisessa kalvopumpussa on sama toimintaperiaate kuin käsikäyttöisessä kalvopumpussa. Pumpussa on kaksi vastakkain olevaa kalvoa, joiden välissä olevaa mäntää liikutetaan paineilmalla. Pumpun tuottoa voidaan säädellä paineilman paineella. Pumppuja on eri tehoisia, pienestä 11 l/min aina 800 l/min saakka. Saatavana on useita eri materiaalivaihtoehtoja. Pumpun rungoksi voi valita esimerkiksi haponkestävän teräksen (AISI 316) tai Hastelloy C:stä valmistetun metallisen rungon. Runkoja on saatavana myös kokonaan sähköä johtavasta polytetrafluorieteenistä (PTFE/Teflon) tehtyinä.

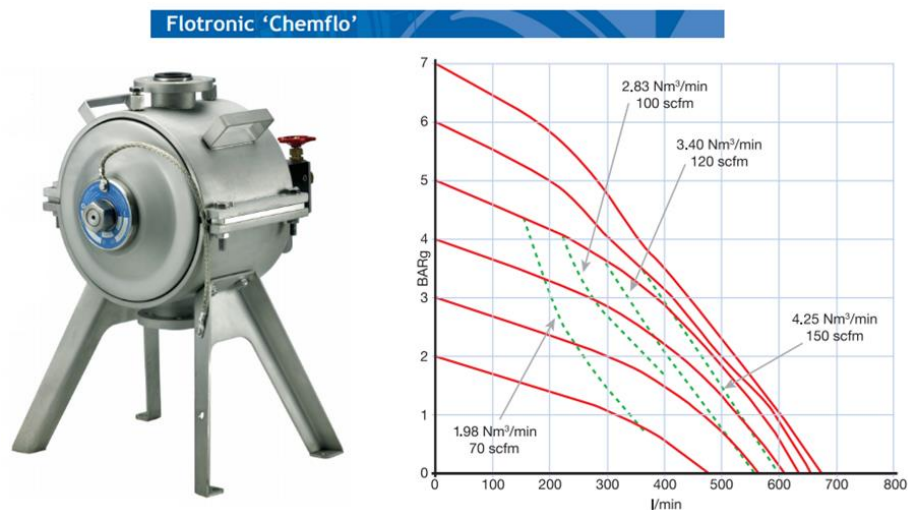
Kalvoista ja takaiskuventtiileistä on myös useita eri vaihtoehtoja. Saatavilla on kemikaaleja parhaiten kestävästä fluorikumista (FKM/ Viton) tai polytetrafluorieteenistä (PTFE/Teflon) valmistettuja kalvoja. Kalvojen vaihtaminen onnistuu osasta pumpuista helposti. Esimerkiksi Flotronicin One Nut –kalvopumppuihin voidaan molemmat kalvot vaihtaa avaamalla yksi mutteri. (Flotronicpumps.) Pumppuihin on saatavilla myös puskurikammio, joka lisää neutraalilla nesteellä täytetyn kammion pumpun kalvon ja käyttökoneiston väliin. Puskurikammiossa on anturi, joka havaitsee pumpun kalvon rikkoutumisen. Pumppu itsessään on koneistettu yhdestä yhtenäisestä polytetrafluorieteenipalasta. (Verderair pure) Pumppuun on mahdollista lisätä myös pulssinvaimennin, joka tasaistaa pumpun tuottamaa sykkivää painetta.

Paineilmatoimista kalvopumppua voi käyttää myös uppopumppuna. Tällöin pumpun kaikkien materiaalien tulee kestää pumpattavaa kemikaalia, ja pumpun käyttämiseen tarvittu poistoilma tulee johtaa letkulla pois nesteestä. Myös ilmaletkujen tulee kestää pumpattavaa nestettä. Upottamalla pumppu nesteeseen voidaan pumpata herkästi kaasuuntuvia nesteitä, koska tällöin pumpun imupuolella oleva staattinen paine ylittää nesteen höyrystymispaineen. (Nesbitt 2006, 146.)



Kuva 13 Paineilmakäyttöinen kalvopumppu varustettuna imusihdillä (Depa).

Paineilmatoiminen kalvopumppu vaatii toimiakseen suuren paineilmakapasiteetin. Valmistajasta riippumatta pumpun noin 300 l/min tuotto vaatii paineilmaa 1500 - 2000 l/min. Sellaisen paineilmamäärän saaminen on mahdollista vain teollisuuden valmiissa putkistossa. Onnettomuuspaikoilla tarvittaisiin sellaiseen tuottoon pystyvä kompressori. Auton perässä vedettävillä dieselkäyttöisillä kompressoreilla tuotot on yli 1500 l/min, jopa 12 000 l/min saakka. Pumppujen tuottokaaviosta selviää kunkin pumpun tarvitsema paineilman tarve. Esimerkiksi kuvassa 14 oleva Chemflo-pumpun 350 l/min tuotto 0,9 bar paineella (punainen käyrä) tarvitsee käyttövoimaksi 1980 l/min ilmantuoton (vihreä katkoviiva). (Flotronicpumps.)



Kuva 14 Flotronic Chemflo –pumppu tuottokaavioineen (Flotronicpumps).

Paineilmakäyttöiset kalvopumput on hyväksytty käytettäväksi ATEX 1 ja 2 -alueille. Tapflo on saanut kesällä 2020 myyntiin paineilmakäyttöisen kalvopumppumalliston, joka on hyväksytty ATEX 0 -alueelle. Pumppu tulee maadoittaa, ja varustaa sähköä johtavilla letkuilla. Pumppua on saatavana kuutena eri kokona: 11 l/min, 24 l/min, 60 l/min, 125 l/min , 330 l/min sekä 800 l/min. (Tapflo.)



Kuva 15 ATEX alue 0:lle hyväksytty Tapflo TZ -kalvopumppu (Tapflo).

#### 4.3 Sähkökäyttöinen kalvopumppu

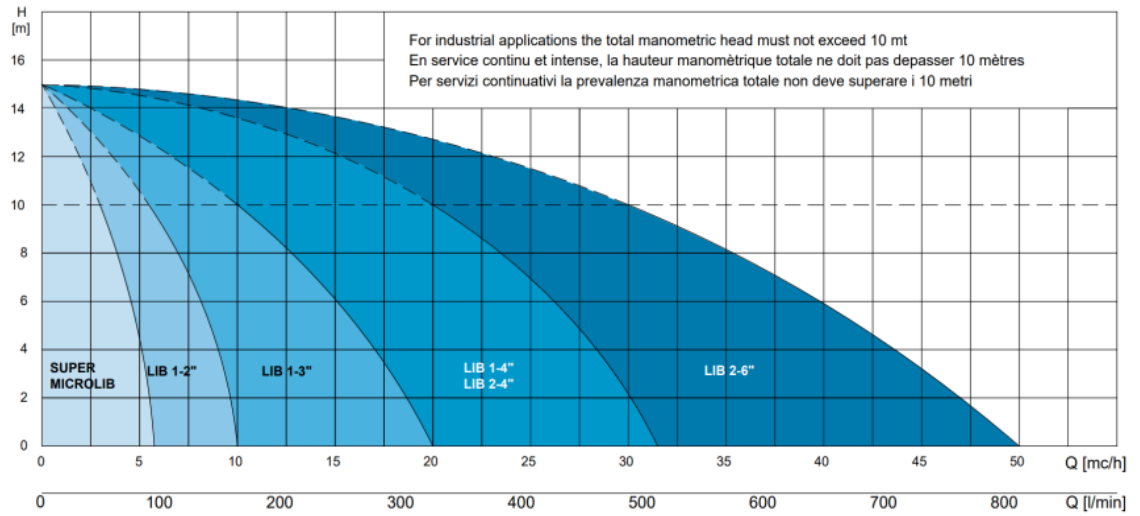
Sähkökäyttöisessä kalvopumpussa on sama toimintaperiaate kuin paineilmatoimisessa kalvopumpussa, mutta toimilaitetta liikuttaa sähkömoottori. Pumppua on saatavilla ATEX-suojatulla moottorilla, jolloin sitä voidaan käyttää ATEX 1 ja 2 -alueilla. Sähkömoottorin toimilaitteen ja kalvon välissä on paineilmaa, jonka avulla säädetään pumppeustehoa. Paineen ollessa pieni kalvot liikkuvat vähän ja tuottavat pienen ja sykkeettömän pumpkauksen. Kalvot liikkuvat enemmän paineen ollessa kova, mutta silti paineilma toimii puskurina, jos painepuolen venttiili suljetaan. Pumppuja on saatavana usealla eri tuotolla, myös noin 300 l/min.



Kuva 16 Sähkökäyttöinen kalvopumppu kuljetuskärryssä (Cdrpumps).

Sähkökäyttöinen kalvopumppu on itseimevä imukorkeuden ollessa kuivana noin 5 metriä ja märkänä noin 8 metriä. Pumppu pystyy käymään kuivana pitkänkin ajan ilman vaurioita. Kiinteän aineen maksimikoko on noin 10 mm. Sähkökäyttöisiä kalvopumppuja on saatavana useasta eri materiaalista. Myös kokonaan sähköä johtavasta polytetrafluorieteenistä (PTFE/Teflon) tehtynä. Pumpun paino on materiaalista riippuen 100 - 150 kg ja on saatavilla myös pyörillä varustettuna (kuva 16).

Markkinoilla on myös yhdellä kalvolla varustettu sähkötoiminen kalvopumppu. Pumppu kestää käyntiä kuivana ja on itseimevä, sen imukorkeus kuivana on 7 m. Sitä on saatavana useilla moottorivaihtoehdoilla, myös ATEX-suojatulla sähkömoottorilla. Pumpulla voidaan pumpata suuren viskositeetin nesteitä ja myös nesteessä olevia alle 60 mm kokoisia kiinteitä kappaleita. Pumpumateriaalivaihtoehtoja ovat alumiini, valurauta, haponkestävä teräs (AISI 316), pronssi ja fluoropolymeerillä pinnoitettu teräs. Kalvomateriaaleina on neopreeni, eteeni-propeenikumi (EPDM), klorosulfonoitu polyeteenikumi (Hypalon), fluorikumi (Viton) ja nitrilikumi. Pumpulla on suuri iskutilavuus, ja iskutaajuuden (välityksien mukaan 16 - 54 krt/min) vuoksi voidaan joutua käyttämään painepuolella iskunvaimennusta. Paino on noin 110 kg, ja pumppua on saatavilla erilaisilla kantokehikoilla ja pyörävarustuksella (kuva 18). (Caffinipumps.)



Kuva 17 Caffini Libellula -pumppujen tuottokäyrät (Caffinipumps).

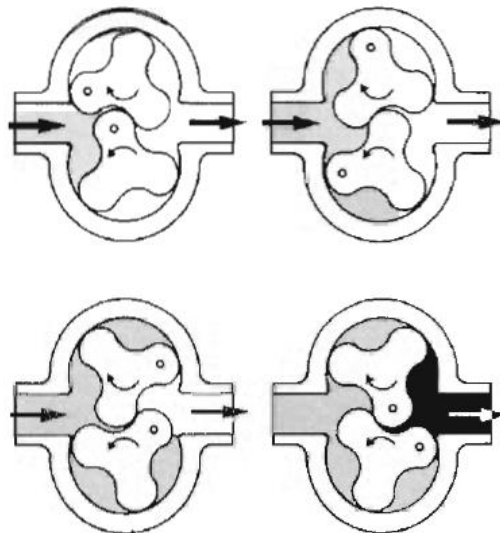


Kuva 18 Caffini Libellula -pumppu varustettuna polttomoottorilla ja kuljetuspyörillä (Caffinipumps).

#### 4.4 Lohkoroottoripumppu

Lohkoroottoripumpuissa on kaksi roottoria, jotka on pumpun vaihteistossa synkronoitu pyörimään vastakkaisiin suuntiin (kuva 19). Pumpun akseleiden laakerit sijaitsevat myös vaihdelaatikossa. Roottorit eivät yleensä ole kosketuksessa toisiinsa eivätkä pumpun koteloon. Välys on suuruudeltaan 0,025 – 0,5 mm. Välyksen ansiosta osien kulumista tapahtuu ainoastaan pumpattavan nesteen kuluttavasta vaikutuksesta tai kiintoaineista. Tällöin voidaan hyvin käyttää myös huonomman kulutuskestävyyden polytetrafluorieteenia (PTFE/Teflon). Välys aiheuttaa pientä imukorkeuden menetystä ja vähäistä nesteen takaisinvirtausta pumpun ollessa pysäytettynä. (Nesbitt 2006, 36-37.)

Lohkoroottoripumppu pystyy välyksen ansiosta pyörimään pidempään kuivana. Pumpattavan nesteen ollessa kuumaa voivat välykset kuitenkin pienentyä lämpölaajenemisen seurauksena, jolloin roottoreihin ja pumpun pesään voi tulla pieniä vaurioita varsinkin, jos käytetään metallisia roottoreita.



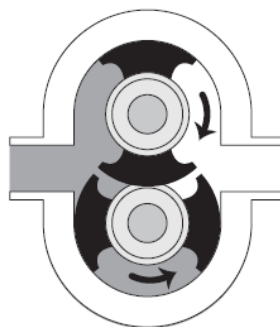
Kuva 19 Lohkoroottorin toimintaperiaate (Nesbitt 2006, Fig. 1.77).

Roottoreita on saatavana useilla eri profiileilla (kuva 20), jotka eivät muuta pumpun toimintaperiaatetta. Profiilit, joissa on vähemmän lohkoja, aiheuttavat poistoletkuun suurempia painepulsseja. Pumput toimivat kuitenkin yleensä suhteellisen pienillä nopeuksilla ja siten tuottavat suurelta osin sykkeettömän virtauksen. Lohkoroottoripumput ovat pumpattavalle tuotteelle hellävaraisia ja soveltuvat kiintoainetta sisältäville ja korkean viskositeetin omaaville nesteille. (Börger.)



Kuva 20 Erilaisia roottoreita eri käyttötarkoitukseen (Börger).

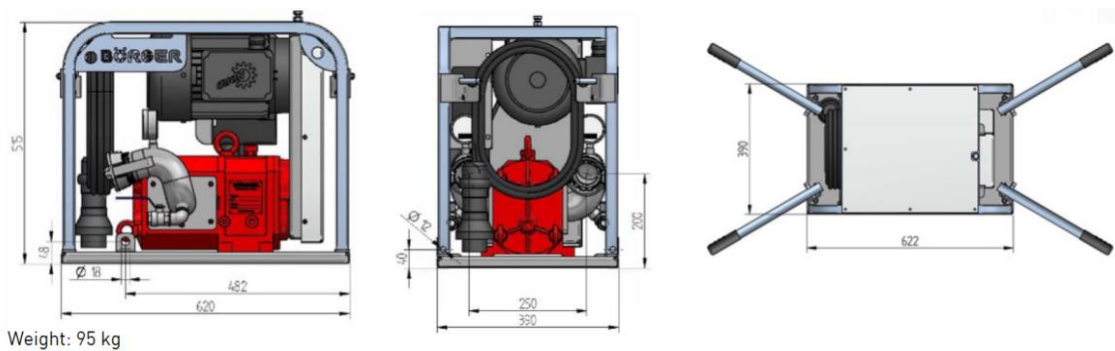
Kiertomäntäpumppu on muunnos lohkoroottoripumpusta. Pumpussa on kaarevat roottorin siivet, ja se on suunniteltu toimimaan pienemmillä välyksillä (kuva 21). Yhdessä suuremman tiivistyspinnan kanssa se soveltuu erittäin hyvin matalaviskositeettisten nesteiden pumppaamiseen. (Nesbitt 2006, 37.)



Kuva 21 Kiertomäntäpumppun imuvaihe (Alfalaval).



Börger on valmistanut vaarallisten aineiden siirtopumppaukseen tarkoitetun lohkoroottoripumpun (kuva 22), jonka tuotto on valinnan mukaan 230 l/min tai 350 l/min. Pumpun imukorkeus on 7 m ja paino 95 kg. Pumppu on sähkötoiminen ja saatavilla ATEX-hyväksytyllä moottorilla. Kiintoaineen koko on maksimissaan 30 mm. Pumpun kaikki materiaalit voi valita useista eri vaihtoehdoista.



Kuva 22 Börger HMTP –lohkoroottoripumppu (Börger).

#### 4.5 Paloletkut

Palokuntien käytössä olevat paloletkut on tarkoitettu ensisijaisesti veden pumppaukseen. Letkujen sisäpinta on yleisimmin EPDM-kumiseosta, ja vaippa on kudottu polyesterilangasta. Valmistajien mukaan letkut kestävät rajoitetusti myös mietoja kemikaaleja (kuva23). Vaikka letkujen sisäpinnoite kestäisi kemikaaleja, ei vaippana oleva polyesteririkudos niitä välttämättä kestä. Esimerkiksi polyesteririkudos ei kestä happoja. EPDM-letkut eivät kestä öljyjä, hiilivetyliuottimia tai kloorattuja hiilivetyjä.



**RAUPLAN OY**

**PALOLETKUT**  
**FIRE FIGHTING HOSES**

Tuoteryhmä / Product group : 18



**RAUPLAN**

---



**OSW -PALOLETKUT**

**SYNTEX EXTRA, EXTRA C (Colour)**

---

Tuote nro 180

**OMINAISUUKSIA:**

- otsonin, sään, UV-säteilyn ja hapettumisen kestävä
- lämmönkesto + 130°C päivittäisessä käytössä ja + 150°C lyhytaikaisessa tai vaihtelevassa käytössä
- kylmänkesto - 40 °C
- säteilyä kestävä
- sopiva vedelle, kuumalle vedelle, vesihöyrylle ja merivedelle

**VAIPPA:** 100 % polyesterilanka, vahvistettu

**SISÄPINTA:** Korkealaatuista, täyssynteettistä EPDM-kumiseosta

**MITÄ LETKUN LÄPI VOIDAAN JUOKSUTTA?**

- alkali- ja maa-alkalimäksiä tai rikasteita
- ammoniakkaa
- suolahappoa max 35 %
- rikkihappoa max 70 %
- typpihappoa max 10 %
- rikkidioksidia kuivana ja kosteana
- klooria ainoastaan kuivana
- etikkahappoa max 50 %
- ketonit kuten asetoni, metyyliketoni
- esterit kuten etyyliasettaatti
- alkoholit kuten etanoli, metanoli jne.
- aminit, kuten etanoliiamiini tai metanoliiamiini
- kasvirasvat ja -öljyt



DIN 14811 mukaan testattu ja hyväksytty

**VÄRIT:**

Syntex Extra - valkoinen

Kuva 23 OSW-Syntex extra -letkujen tuotekortti (Rauplan)

Myynnissä on myös paremman kemikaalinkeston PVC/nitriilikumi -seoksella ulko- ja sisäpuolelta pinnoitettuja letkuja. Nitriilikumisen ulkopinnoituksen on testattu kestävänsä tavallisimpien kemikaalien vaikutusta vaadittavat kolme tuntia. (Lautkaski ym. 2006, 165.)

#### 4.6 Kemikaaliletkut

Teollisuudessa käytetään kemikaalien siirtoon jäykempiä letkuja, jotka on suunniteltu ennalta tiedossa olevien kemikaalien siirtämiseen. Aggressiivisimmille aineille suunnitellut letkut toimivat usein myös miedommille kemikaaleille. Valitsemalla paremmat letkut saavutetaan laajempi sopivuus pumpattaville aineille. Vaikka kemikaaliletkut kestävät aggressiivisia kemikaaleja, on niiden ulkopinta yleensä EPDM-kumia. Tällä saavutetaan kulutuskestävyyttä ja standardien edellyttämää liekin kestävyyttä. EPDM- kumi kestää huonosti öljyjä, jolloin se alkaa pehmenemään ja turpoamaan. (Teknikum.)

Letkuksi kannattaa valita teräslangalla vahvistettu kemikaaliletku, jolloin sitä voidaan käyttää imu- ja paineletkuna. Tällöin mukana tarvitsee kuljettaa vain yhdenlaisia letkuja. Staattisen sähkön syntymisen estämiseksi on saatavilla sähköä johtavista materiaaleista valmistettuja letkuja. Esimerkiksi Multi-Tek 2810BC -letku soveltuu imu- ja paineletkuksi (kuva 24). Sen sisäpinnalla on UHMWPE -kalvo, joka kestää 98 % yleisimmistä teollisuuskemikaaleista. Letku johtaa sähköä koko letkun pituudelta ja myös seinämän läpi. Pinta on EPDM-kumia. Letkua valmistetaan 19 – 102 mm paksuisena. (Teknikum.)



Kuva 24 Multi-tek 2810BC -imu- ja paineletku (Teknikum).

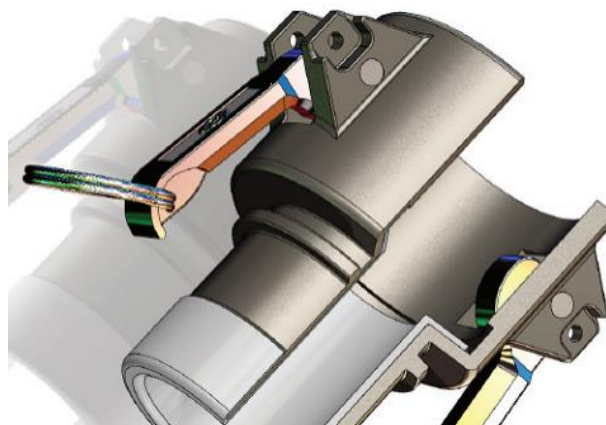
Markkinoilla on myös esimerkiksi 25,40 mm sisähalkaisijalla olevia sähköjohtavasta PTFE:stä valmistettuja letkuja, jotka on päällystetty AISI 316 -kudosverkolla (kuva 25). Letkun maksimi työpaine on 67 bar ja alipaine 0,4 bar. Koska letku kestää erittäin hyvin kemikaaleja ulko- ja sisäpinnaltaan, se soveltuu hyvin esimerkiksi uppopumppuna käytettävän paineilmatoimisen kalvopumpun paineilman syöttöön tai pienemmän uppopumpun paineletkuksi.



Kuva 25 Hoseflon SW, PTFE -letku AISI 316 -verkolla (Salhydro).

#### 4.7 Liittimet

Liittimien tulee kestää myös pumpattavia aineita. Yleisimmät liitinmateriaalit ovat polypropyleeni, alumiini, messinki ja haponkestävä teräs. Messingistä valmistetut liittimet kestävät hyvin kemikaalien vaikutusta. Vain typpihappo voi heikentää messinkiliitintä niin, että kaula pettää kolmen tunnin aikana. Haponkestävästä teräksestä valmistetut liittimet kestävät lähes kaikkia kemikaaleja. (Lautkaski ym. 2006, 166.) Nykyisin saatavilla on myös liittimiä, joiden sisäpinta on valmistettu PTFE:stä. Pinnoite on saatavilla myös sähköä johtavana.



Kuva 26 PTFE -sisäholkilla varustettu Camlock-liitin (LMC-Couplings).

Liittiminä tulee käyttää valmistajan suosittelemia malleja. Osassa letkuista sisäpinta on kovempaa muoviseosta, jolloin pinnoitteen ehjänä pysyminen tulee varmistaa käyttämällä liittimiä, joissa on sileä kara. Kiinnitys tapahtuu ulkopuolelle tulevan turvakiristimen avulla, jonka sisäpinnassa olevat kohoumat puristuvat letkun ulkopintaan. Tällöin letkun sisäpinnoite ei vaurioidu. (Haaranen 2020.)

Liittimiä on usealla erilaisella standardilla, mutta yleisin on Camlock-nokkavipuliitin. Liittimessä on erilliset uros- ja naarasliittimet, jolloin letku voidaan asentaa vain tietyn suuntaisesti. Naarasliittimessä on yleensä kaksi vipua, joilla liittimet kiinnitetään yhteen. Vivut voidaan lukita sokilla kiinniasentoon, jolloin ne eivät voi vahingossa avautua.

## 5 POHDINTA

Aluksi olin hieman epäileväinen, löytyykö kemikaalien pumppaukseen uudentyyppisiä pumppuja. Pumppu on kuitenkin peruseriaateeltaan ollut samanlainen jo pitkään. Ajattelin, että jotain parannuksia on saattanut tulla materiaaleihin tai uusia merkkejä markkinoille. Aluksi selvitin Suomesta ja ulkomailta palokuntakäytössä olevia pumppuja. Pumput olivat samoja, joita oli TOKEVAN kalustoluettelon liitteenä. Totesin, että pelastustoimi on kuitenkin hyvin marginaalinen toimija kemikaalien pumppauksessa, ja ettei pumppujen kehittäminen pelastustoimelle taida olla kannattavaa. Hankitut pumputkin pysyvät kalustossa yleensä hyvin pitkään.

Teollisuudessa varmasti riittää käyttökohteita, joita varten kehitellään uusia ratkaisuja. Vaikka se ei ole punaiseksi maalattu, se voi ajaa hyvinkin asiansa tilapäisissä kemikaalien pumppauksissa. Lähdin siis selvittämään teollisuuteen tarkoitettuja kemikaalipumppuja. Päätin, etten kehitä mitään omaa pumppuratkaisua, vaan pyrin löytämään valmiin ja siirrettäväksi tarkoitetun tuotteen.

Kerroin heti aluksi myyjille, että olen selvittämässä erilaisia pumppausratkaisuja ja ettei mahdollista hankintaa välttämättä ikinä tule. Asioidessa oli kuitenkin apua siitä, että olin valmiiksi tutustunut heidän edustamiinsa tuotteisiin. Pääsääntöisesti tiesin etukäteiselvitystyön perusteella, mitä pumppua myyjät suosittelisivat, mutta vastaan tuli selviä yllätyksiäkin.

Esimerkiksi Caffinin kalvopumppu löytyi jätevesipumpuista. Myyjä muisteli, että sitä olisi saatavilla myös haponkestävästä teräksestä ja että niitä käytetään ulkomailla myös vaarallisten aineiden pumppaamiseen teollisuudessa. Pumppu oli saatavilla tilauksesta polttomoottorin sijaan myös ATEX-suojatulla sähkömoottorilla ja Viton-kalvolla. Pumpun löytyi lisäksi erilaisia kehikoita ja pyöriä. Pumppu voi toimia pitkiä aikoja kuivana, ja 60 mm kokoiset kiintokappaleet menevät pumpusta läpi. Yksinkertainen ja kestävä rakenne voi toimia kemikaalien pumppauksessa hyvin. Internetistä löytyi käytettyjä polttomoottorilla varustettuja pumppuja, joilla oli käyttötunteja merkitty 2000 h, joten pumpun rakenne täytyi olla kestävä. Lisäksi kun uusia polttomoottorilla varustettuja löytyi 5600 € hintaan (valurautapesällä ja neopreenikalvolla), vaikutti se aika hyvältä. Nyt vain pitäisi ostaa sellainen ja kokeilla käytännössä, miten se toimii.

Hyviä ratkaisuja löytyi myös paineilmatoimisista kalvopumpuista, ja pumppumateriaalit kestävät jo lähes kaikkia kemikaaleja. Ainoa huono puoli on paineilman saatavuus, koska sitä kuluu paljon. Paloauton perään laitettava kompressori on välttämätön. Jos kompressori on saatavilla kohtuullisen nopeassa ajassa onnettomuuspaikalle, silloin paineilmatoiminen kemikaalipumppu on varmasti hyvä ratkaisu. Kalvopumppuihin on alkanut tulla käyttövoimaksi myös sähkö, joten ne varmasti kehittyvät vielä.

Olen aina ollut kiinnostunut tekniikasta ja siitä, miten jokin asia toimii. Selvitystyö oli mielenkiintoista, kun sai perehtyä uuteen tekniikkaan ja miettiä, miten sitä voitaisiin käytännössä pelastustoimessa käyttää. Tiedonhakuja tein paljon ulkomaisilta nettisivuilta ja kirjallisuudesta. Englannilla kyllä pärjäsi, mutta koska turbiinipumpun tiedot löytyivät ainoastaan puolaksi, joutui käännösohjelmakin ihmettelemään konsonanttien määrää. Erilaisia pumppuja tuli käytyä läpi valtavasti. Osasta en ollut ikinä kuullutkaan, ja osasta havaitsi heti, etteivät ne sovellu nyt haettavaan palokunta käyttöön.

Lopulta tuli kuitenkin vastaan se punainen palokunnan käyttöön suunniteltu lohkoroottoripumppu. Malli on tullut markkinoille vasta tänä vuonna. Valmistajan nettisivuilla ei vielä edes ollut uudesta mallista kuvia, vaan tiedot löytyivät ainoastaan PDF:nä internet-sivujen download-osiosta. Pumpun materiaalit ovat sellaiset, että se kestää käytännössä mitä vain. On mielenkiintoista nähdä, miten se tulee markkinoille pääsemään. Jos hinta on järkevä, kilpailee se varmaankin letkupumpun kanssa.

## LÄHTEET

Alfalaval. www-dokumentti. <https://www.alfalaval.fi/tuotteet-ja-jarjestelmat/virtaustekniikka/pumput/kiertomantapumput/>. 7.11.2020.

Aro. www-dokumentti. <https://www.arozone.com/en-fi/tools/chemical-compatibility-guide>. 5.11.2020.

Bürkert. www-dokumentti. <https://www.burkert.fi/fi/Asiakaspalvelu-ja-varaosat/Tuki/Terminologia/Kemikaalien-resistenssi-tilukko>. 5.11.2020.

Börger www-dokumentti. [https://www.boerger.com/en\\_UK/products/mobile-pumps/fire-department-pumps/portable-pumps.html](https://www.boerger.com/en_UK/products/mobile-pumps/fire-department-pumps/portable-pumps.html). 6.11.2020.

Caffinipumps. www-dokumentti. <https://www.caffinipumps.it/english/pompe-membrana.aspx>. 5.11.2020.

Cdrpumps. www-dokumentti. <https://www.cdrpumps.co.uk/product/eodd/>. 7.11.2020.

Crane. www-dokumentti. <https://www.cranecpe.com/chem-energy/products/pumps/peristaltic-pumps/elro-sup-andreg-/sup-peristaltic-pumps-series-gp20/10-ex-and-gup3-15>. 1.11.2020.

Deltaservice. www-dokumentti. <https://www.deltaservice.com.pl/kategorie/pompy-dosubstancji-niebezpiecznych>. 29.10.2020.

Depa. www-dokumentti. <https://depapumps.co.uk/air-operated-diaphragm-pumps/metallic-pumps/cast-iron.html>. 5.11.2020.

Dunlophiflex. www-dokumentti. <https://dunlophiflex.fi/tuotteet/voiteluvarusteet/>. 27.10.2020.

Flotronicpumps. www-dokumentti. <https://www.flotronicpumps.com/products/chemflo-ptfe-pump/>. 7.11.2020.

Flowrox. www-dokumentti. <https://flowrox.com/fi/tuote/lpp-t-siirtopumput/>. 1.11.2020.



Flux. www-dokumentti. <https://www.flux-pumps.com/en-DE/products/drum-and-container-pumps.html>. 28.10.2020.

Graco. www-dokumentti. <https://www.graco.com/fi/fi/products/process/husky-2150e-electric-diaphragm-pump.html>. 9.11.2020.

Gtweed. www-dokumentti. <https://www.gtweed.com/materials/chemraz-ffkm/>. 10.11.2020.

Haaranen, M. 2020. Sales Manager. Teknikum. Haastattelu 6.11.2020.

Heikkilä, H. 2017. *Tokeva: Kalustosuositukset ja riskien mukainen toimintavalmius*. Opinnäytetyö. Savonia AMK. Kuopio.

Häkkinen, P. 1993. *Laivan koneistot*. Julkaisu. Teknillinen korkeakoulu. Otoniemi.

Lautkaski, R ja Teräsmaa, I. 2006. *Vaarallisten aineiden torjunta*. 3. korjattu painos. Suomen Pelastusalan Keskusjärjestö. Helsinki.

LMC-Couplings. www-dokumentti. [https://lmc-couplings.com/en/products/customer\\_solutions/coating-and-lining/chemaline-3000/](https://lmc-couplings.com/en/products/customer_solutions/coating-and-lining/chemaline-3000/). 4.11.2020.

Mast. www-dokumentti. <https://mast-pumpen.de/produkte/pumpen/gefahrgutpumpen/>. 28.10.2020.

Nesbitt, B. 2006. *Handbook of Pumps and Pumping*. Iso-Britannia: Elsevier, Roles & Associates Ltd.

Pracht, G ja Perschnick, N. 2016. *A material challenge – Pumps in sulphuric acid application*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581600465>. 15.11.2020.

Rosenbauer. www-dokumentti. <https://www.rosenbauer.com/en/ch/rosenbauer-world/products/equipment/hazmat-and-decontamination-equipment>. 27.10.2020.

Rauplan. OSW-paloletkujen tuotekortti. Esite.

Tapflopumps 2020. Tapflo TZ –series pump. Sähköpostiviesti 18.11.2020. Vastaanottaja T. Hautala.

Salhydro. www-dokumentti. <https://www.salhydro.fi/en/hydrauliikkaletkut-1/ptfe-teflonletku>. 2.11.2020.

Teknikum. www-dokumentti. <https://teknikum.com/fi/tuoteryhmat-ja-merkit/teknikum-teollisuusletkut/>. 6.11.2020.

Thor. www-dokumentti. <https://download.thorhoses.com/>. 5.11.2020.

TOKEVA 2020. www-dokumentti. [www.tokeva.fi](http://www.tokeva.fi). 26.10.2020.

Tukes. www-dokumentti. <https://tukes.fi/documents/5470659/8293726/ATEX-starttipaketti-2017.pdf/b440ed57-218e-4eda-a5b9-42df468e0b5f/ATEX-starttipaketti-2017.pdf>. 12.11.2020.

Verder. www-dokumentti. <https://www.verderliquids.com/ch/fr/how-do-peristaltic-pumps-work/>. 1.11.2020.

Verderair pure. www-dokumentti. <https://www.verderliquids.com/int/en/purchasing-diaphragm-pumps-verderair/verderair-pure/>. 1.11.2020.

Verkkokoulu. www-dokumentti. <https://verkkokoulu.com/verkkokurssit/atex/>. 10.11.2020.

Wastecorp. www-dokumentti. <https://wastecorp.com/Products/Hand-Pumps>. 27.10.2020.

YTM-Industrial. www-dokumentti. <https://www.ytm.fi/tuotteet/prosesiteknikka/pumput/elro-letkupumput/>. 1.11.2020.