



Alexey Gorchakov

## **PANOSTUSAUTON PROSESSOINTILAITTEISTON LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN**

**PANOSTUSAUTON PROSESSOINTILAITTEISTON  
LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN KEHITTÄMINEN**

Alexey Gorchakov  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

---

Tekijä: Alexey Gorchakov

Opinnäytetyön nimi: Panostusauton prosessointilaitteiston lämmitysjärjestelmän kehittäminen

Työn ohjaaja: Mauri, Haataja

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä: 33 + 1 liite

---

Opinnäytetyössä selvitettiin säiliöautoon kuuluvan lämmitysjärjestelmän toiminta ja rakenne sekä siihen liittyvät lakimääräykset. Järjestelmää tutkittaessa otettiin huomioon tätä ajoneuvoa koskevat säännökset ja määräykset, koska kyseessä on vaarallisten aineiden kuljetus. Eryteisesti kiinnitettiin huomiota säiliöauton prosessointilaitteiston lämmitysjärjestelmälle asetettuihin määräyksiin ja vaatimuksiin.

Työssä pyrittiin selvittämään lämmitysjärjestelmän ongelmakohteet ja mahdolliset puutteet. Yksi sellainen ongelma kuuluu auton veden lämmitysjärjestelmään. Auton käytettäessä kovalla pakkasella veden syöttöputken muodostuu jäätä. Tästä seuraa syöttöputken tukkeutuminen, joka vaikeuttaa räjähdysaineen muodostumis- ja syöttöprosessia. Siksi ennen auton rakentamista keksittiin hyvä ongelman ratkaisu.

Lämmitysjärjestelmän ongelmakohtien korjaamiseksi keksittiin erilaisia ratkaisuja, ja sen jälkeen valittiin niistä paras ratkaisu. Ensimmäisenä ratkaisuideana oli vesisäiliön kuumen veden kierto suljetussa vesisilmukassa. Veden kierto tässä tapauksessa kytketään automaattisesti päälle, kun ulkona on pakkas. Kuuma vesi kiertää tarvittaessa luodussa vesipiirissä eikä siihen muodostu jäätä. Toisen ratkaisun ideana on lämmitysjärjestelmän putken ja vesiputken sellainen yhdistäminen, että lämmitysjärjestelmän lämmin putki, joka on suorassa kosketuksessa vesiputken kanssa, lämmittää vesiputkea. Lämpöteho siirtyy lämmitysneesteestä kumin ja teräksen kautta veteen, joten vesi pysyy koko ajan lämpimänä.

Työssä keksittiin kaksi erilaista veden syöttöongelman ratkaisua. Kahdesta vaihtoehdosta valittiin syöttöputken lämmitys lämmitysjärjestelmän putkea käyttäen sekä molempien putkien eristys. Ratkaisun etuna on helppo toteutus, joka vaatii vähäisiä lisäkuluja. Lisäkuluna ovat eristemateriaali ja sen asennus, mutta ei se mitenkään vaikuta kokonaiskuluihin.

---

Asiasanat: säiliöauto, lämmitysjärjestelmä, Webasto, ADR

## ALKULAUSE

Tämän insinööriyön tilaajana oli Nordic Tank Oy, jonka toimipaikka sijaitsee Oulussa. Työn valvojana tilaajan puolelta toimi kehityspäällikkö Timo Saarela ja oppilaitoksen ohjaajana konetekniikan yliopettaja Mauri Haataja. Kielen ja tyylin ohjauksesta vastasi lehtori Tuija Juntunen. Kiitän edellä mainittuja henkilöitä opinnäytetyön aiheesta, neuvoista ja avusta työn tekemiseen.

Oulussa 19.4.2013

Alexey Gorchakov

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
1 JOHDANTO	6
2 SÄILIÖAUTOA KOSKEVAT SÄÄNNÖKSET	7
2.1 Kuljetuskalusto	7
2.2 Räjähdyssainetta kuljettavan ajoneuvon hyväksyntä	8
2.3 Vaarallisten aineiden kuljettavalle ajoneuvolle määritetyt säännöt	10
2.4 Lämmitysjärjestelmälle määritetyt yleiset vaatimukset	12
3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ	15
3.1 Webasto	16
3.2 Muu säiliöauton prosessointilaitteisto	19
3.3 Ongelmakohta	22
4 VESISYÖTÖN ONGELMAKOHTTEEN RATKAISUT	24
4.1 Suljettu vesipiiri	24
4.2 Lämmitys lämmitysjärjestelmän putkea käyttäen	25
5 ONGELMAKOHTTEEN RATKAISUN LOPPUPÄÄTÖS	31
6 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33
LIITTEET	
Liite 1. Lähtötietomuistio	

# 1 JOHDANTO

Tavoitteena on selvittää vaarallisia aineita kuljettavan panostussäiliöauton lämmitysjärjestelmän toiminta ja rakenne. Järjestelmän tutkittaessa otetaan huomioon tätä ajoneuvoa koskevat säännökset ja määräykset, koska kyseessä on vaarallisten aineiden kuljetus tiellä.

Työn tilanteen yrityksen tavoitteena on rakentaa venäläisen säiliöauton pohjalta samankaltainen auto Suomessa. Venäläisessä auton versiossa on muutama ongelmakohta erilaisissa paikoissa. Yksi ongelma on auton veden lämmitysjärjestelmässä. Auton käytettäessä kovalla pakkasella veden syöttöputkeen muodostuu jäätä. Räjähteen syötön jälkeen syöttöputkeeseen jää jäännösvesi. Jäännösvesi jäähtyy nopeasti pakkasen vaikutukselta. Tästä seuraa syöttöputken tukkeutuminen, joka vaikeuttaa räjähdysaineen muodostumis- ja syöttöprosessia. Siksi ennen auton rakentamista pitää keksiä hyvä ongelman ratkaisu.

Nordic Tanc -konserni syntyi, kun Obas Oy:n sekä SITE Oy:n ja Interconsulti Falkenberg Ab:n säiliöperävaunujen ja säiliöpäällirakenteiden valmistus yhdistettiin yritysjärjestelyllä uudeksi Nordic Tank Oy:ksi. Tehtaat sijaitsevat Kuortaneella, Oulussa ja Falkenbergissa. Nordic Tank Oy on Skandinavian suurin raskaiden säiliöperävaunujen ja säiliöpäällirakenteiden valmistaja. Yhtiön kotipaikka on Oulu, ja sen pääomistajat ovat Teknoventure Management Oy:n hallinnoimat rahastot, Suomen Teollisuussijoitus Oy ja Jyki Group Oy. (1.)

Yritys valmistaa, myy ja huoltaa säiliöperävaunuja ja säiliöpäällirakenteita. Tarvittaessa se rakentaa myös yksilöllisen ratkaisun erikoitarpeeseen. (1.)

## 2 SÄILIÖAUTOA KOSKEVAT SÄÄNNÖKSET

Työssä tutkittava ajoneuvo on vaarallisten aineiden kuljettava säiliöauto (kuva 1). Tämän takia auton tutkittaessa pitää ottaa huomioon kaikki mahdolliset tutkimuskohdetta koskevat säännökset ja määräykset. Se on melko tärkeä työn osa, koska kyseessä on räjähdysaineiden kuljetus.



KUVA 1. Säiliöauto (2)

### 2.1 Kuljetuskalusto

Tutkittava ajoneuvo ei kuljeta valmiita räjähdysaineita, vaan räjähdysaine syntyy sekoittamalla emulsio nesteytetyn kaasun kanssa. Jokainen sekoittava aine sijaitsee siksi omassa säiliössä. Sekoitus tapahtuu vain silloin, kun tarvitaan valmiita räjähdysainetta maaporaukseen syöttöä varten. Toisin sanoen kaikki kuljettavat aineet ovat erillään toisistaan aina, paitsi päätehtävän suoritusaikana. Auton prosessilaitteistoon kuuluvat seuraavat pääosat:

- emulsion pääsäiliö, jonka sisällä on emulsion syöttöruuvi
- nesteytetyn kaasun säiliö
- vesisäiliö
- hydraulisäiliö, hydrauliiikan tuottoyksikkö ja hydrauliiikan ohjausventtiilit
- Webastolla toimiva lämmitysjärjestelmä

- räjähdysaineen syöttöputken kela ja sen syöttöpuomi
- kompressori ja ilmanpaineella toimiva ohjauspiiri
- pumpput
- erilaiset anturit.

## 2.2 Räjähdyksainetta kuljettavan ajoneuvon hyväksyntä

Ajoneuvon hyväksyntä on kansainvälinen tai kansallinen menettely, jossa hyväksyntäviranomaisen varmentaa ajoneuvo- tai komponenttityypin täyttävän sitä koskevat tekniset ja turvallisuutta koskevat vaatimukset. Tyyppi-, yksittäis-, ADR- tai VAK-hyväksyntöihin liittyvät vaatimukset tulevat joko kansainvälisistä tai kansallisista säädöksistä. Suomessa tyyppihyväksyntäviranomaisena toimii Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi.

ADR-sopimus tarkoittaa vaarallisten tavaroiden ja aineiden kansainvälisistä tiekuljetuksista tehtyä eurooppalaista sopimusta mukaan lukien erillissopimukset, jotka on allekirjoitettu kaikissa kuljetukseen osallistuvissa valtioissa (3, s. 137). VAK-laki tarkoittaa vaarallisten aineiden kuljetuksesta annettua lakia numero 719 vuonna 1994. VAK-säännökset tarkoittavat Suomen kansallisten vaarallisten aineiden tiekuljetusta. (3, s.155.)

VAK-hyväksyntä tarkoittaa Liikenteen turvallisuusviraston valtuuttaman katsastuksen suorittajan ajoneuville antamaa hyväksyntää, joka osoittaa, että yksittäinen vaarallisten aineiden kuljetukseen tarkoitettu ajoneuvo täyttää EX/III-ajoneuville sekä MEMU-ajoneuville sovellettavat tekniset vaatimukset. ADR-hyväksyntä tarkoittaa VAK-hyväksyntää vastaavaa ajoneuville kansainväliseen ADR-liikenteeseen annettua hyväksyntää. (3, s. 1265.) ADR-hyväksytyä ajoneuvoa saa käyttää myös kansallisissa vaarallisten aineiden kuljetuksissa, jos ajoneuvon säiliö täyttää Suomessa voimassa olevat vaatimukset. Säiliön materiaalin on kestävä  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilaan saakka. (3, s. 1267.)

EX/III-ajoneuvo tarkoittaa räjähdysaineiden kuljetukseen tarkoitettua ajoneuvoa (3, s. 1246). MEMU eli mobile explosives manufacturing unit tarkoittaa räjähteiden valmistukseen ja panostukseen käytettävää yksikköä tai yksiköllä varustettua ajoneuvoa, jossa kuljetettavat vaaralliset aineet eivät itse ole



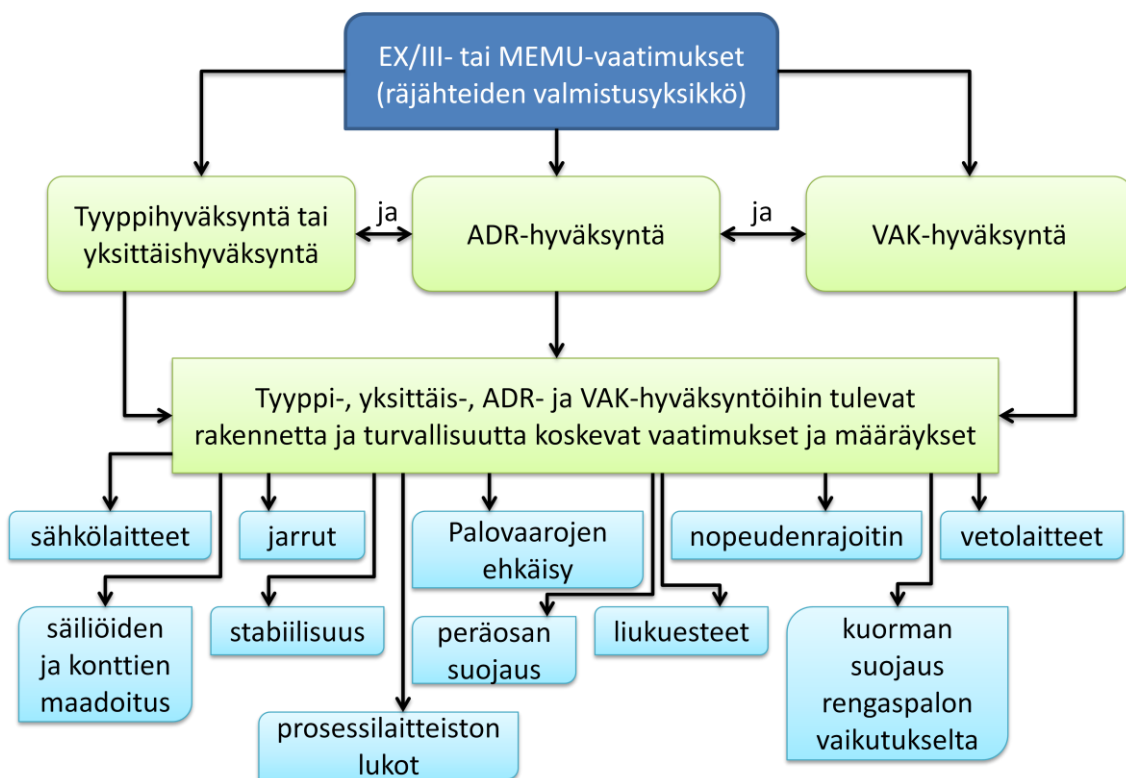
räjähteitä. Yksikkö koostuu erilaisista säiliöistä ja irtotavarakonteista, prosessilaitteistosta sekä pumpuista ja vastaavista laitteista. (3, s. 146.) MEMU on vuosittain katsastettava, jotta varmistutaan, että ne täyttävät määritetyt tekniset vaatimukset, säännökset ja yleiset asiaankuuluvat turvallisuutta koskevat säännökset. (3, s. 1266.)

Osoituksena siitä, että EX/III ja MEMU täyttää kaikki rakennetta ja turvallisuutta koskevat vaatimukset, Liikenteen turvallisuusvirasto valtuuttama katsastuksen suorittaja myöntää VAK/ADR-hyväksymistodistuksen jokaiselle hyväksytyksi tarkastetulle ajoneuvolle. (3, s. 1266.) MEMUn on täytettävä laissa määritetyt ajoneuvon rakennetta koskevat säännökset (3, s. 1273.). Tärkeimmät säännökset koskevat seuraavia rakenneosia ja ajoneuvon turvallisuutta (3, s. 1273 - 1288):

- sähkölaitteet:
  - johtimien koot, eristys ja virtapiirien suojaus sulakkeilla
  - akun päävirtakatkaisimen rakenne ja sijainti
  - akkujen navojen eristys ja sijainti
  - pysyvästi jännitteiset virtapiirit
  - ohjaamon takana sijaitsevien sähköasennuksien suunnittelu, rakenne ja suojaus
- ajoneuvon jarrut
- palovaarojen ehkäisy:
  - ajoneuvon ohjaamon materiaalit
  - polttoainesäiliöiden sijainti ja liekkisuojoilla varustettu täyttöaukko
  - moottorin rakenne ja sijainti sekä automaattinen sammutusjärjestelmä
  - pakokaasujärjestelmän ja sen putkien suunnaus ja suojaus
  - hidastimen lämpökilpi
  - polttoon perustuvat lämmityslaitteet, niiden toiminta ja sijainti
- nopeudenrajoitin on pakollinen tälle ajoneuvolle
- perävaunujen vetolaitteet

- MEMUjen metallista tai lujitemuovista valmistettujen säiliöiden ja irtotavarakonttien maadoitus
- MEMUjen stabiilisuus eli koko ajoneuvon tasopainovaatimukset
- ajoneuvon peräosan suojaus mahdollisesta iskusta
- kuorman suojaus rengaspalon vaikutukselta
- prosessilaitteiston lukot
- liukuesteet, esimerkiksi nastarenkaat tai lumiketjut.

Kuvastasta 2 nähdään, miten vaarallisia aineita kuljettavan ajoneuvon hyväksyntä- ja käyttöönottoprosessi tapahtuu. Siihen on koottu mahdolliset hyväksyntävaiheet.



KUVA 2. Ajoneuvon hyväksyntävaiheet

### 2.3 Vaarallisten aineiden kuljettavalle ajoneuville määritetyt säännöt

Tähän lukuun on koottu tärkeimmät lakivaatimukset, joiden perusteella tutkitaan ja kehitetään lämmitysjärjestelmää. Pääsääntönä on vaarallisten aineiden kuljetukseen tai tilapäiseen säilytykseen käytettävän ajoneuvon pakkauksen ja säiliön turvallisuus. Ajoneuvon pakkaus tai säiliö on valmistettava ja

tarkastettava määräaikaaisesti. Sitä on käytettävä niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta, omaisuutta tai ympäristöä. (3, s. 17.)

Vaarallista ainetta kuljettava ajoneuvo pitää soveltua rakenteltaan, teknisiltä ominaisuuksiltaan ja varusteiltaan soveltuva erityisesti vaarallisten aineiden kuljetukseen. Sellaisen ajoneuvon voi tyyppihyväksyä liikenteen turvallisuusvirasto. (3, s. 12.)

Vaarallisten aineiden säiliöille on määritetty eräät kestovaatimukset.

Vaarallisten aineiden kuljetukseen käytettävän painelaitteisiin kuuluvan säiliön ja sen varusteiden materiaalin on kestävä haurasmurtumaa vastaan  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :n lämpötilaan saakka (3, s. 30). Säiliöt, niiden kiinnitys- ja käyttölaitteet sekä kaikki muut rakenteelliset varusteet on suunniteltava kestäväksi sisällön vuotamatta (3, s. 1163 - 1164).

Säiliöt valmistetaan sopivasta metallista, joka kestää sisällön vakutusta eikä reagoi sen kanssa. Säiliöiden metallin on kestävä haurausmurtumaa ja jännityskorroosiota lämpötilavälillä  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ... $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . (3, s. 1164 - 1165.)

Säiliöauton käyttölaitteet ja muut rakenteelliset varusteet saa valmistaa myös muista sopivista kuin metallisista materiaaleista. Käyttölaitteet ja varusteet on asennettava siten, etteivät ne repeydy tai vaurioidu kuljetuksen tai käsittelyn aikana. Turvallisuustasoltaan varusteet ja käyttölaitteet on oltava sama kuin säiliön. Niiden on oltava myös yhteensopivia kuljetettavien aineiden kanssa, ja ne kestävät sisällön vuotamatta, staattiset ja dynaamiset rasitukset sekä vähimmäisrasitukset. (3, s. 1173.)

Prosessointilaitteiston putkistot on suunniteltava, valmistettava ja asennettava siten, että voidaan ehkäistä lämpölaajenemisen ja -supistumisen, mekaanisen iskun ja värinän aiheuttama vaurioituminen (3, s. 1173). Säiliöiden tyhjennysputken aukot on varustettu sulkettavilla umpilaipoilla tai muilla yhtä luotettavilla laitteilla (3, s. 1187).

Säiliöauton käyttölaitteet ja rakenteelliset varusteet on asennettava ja suunniteltava siten, että estetään vauriot, jotka tavanomaisissa käsittely- ja kuljetusolosuhteissa voivat johtaa sisällön vuotamiseen paineastiasta.

Sulkuventtiileihin johtavien kokoojaputkistojen on oltava sen verran taipuisia, että pystytään suojaamaan venttiileitä ja putkistoa murtumiselta ja sisällön vuotamiselta. (3, s. 1189.)

Tämän työn aiheena on lämmitysjärjestelmän ja siihen kuuluvan vesisäiliön ongelma. Vesisäiliölle määritetyt vaatimukset eivät ole niin korkeat, koska puhtaan veden vuoto ei aiheuta mitään vaaraa.

#### **2.4 Lämmitysjärjestelmälle määritetyt yleiset vaatimukset**

Tutkittava lämmitysjärjestelmä toimii kuormatilan lämmitysjärjestelmänä, jolla tarkoitetaan kaikentyyppisiä kuormatilan lämpötilan nostamiseen suunniteltuja laitteita (4). Polttolämmitin on laite, joka käyttää suoraan nestemäistä tai kaasumaista polttoainetta ja joka ei käytä ajoneuvon käyttömoottorin hukkalämpöä. Polttolämmittimen tyypillä tarkoitetaan laitteita, jotka eivät eroa toisistaan seuraavien olennaisten ominaisuuksien osalta (4):

- polttoainetyyppi, esimerkiksi nestemäinen tai kaasumainen
- lämmönsiirtoväline, esimerkiksi ilma tai vesi
- sijainti ajoneuvossa, esimerkiksi matkustamo tai kuormatila.

Korin osat ja muut lämmittimen läheisyydessä olevat osat ja varusteet on suojattava niin, ettei liiallinen kuumuus ja mahdollinen polttoaineen tai öljyn aiheuttama likaantuminen aiheuta vaaraa. Polttolämmitin ei saa aiheuttaa palovaaraa edes silloin, kun se ylikuumenee. Tämä vaatimus täytetään, jos lämmityslaitteen asennuksessa varmistetaan riittävä etäisyys kaikkiin osiin, tuuletus on sopiva ja käytetään tulenkestäviä materiaaleja ja lämpökilpiä. Lämmittimen sijoituspaikan valinnassa toteutetaan kaikki mahdolliset varotoimet loukkaantumisvaaran ja henkilökohtaisen omaisuuden vahingoittumisvaaran rajoittamiseksi mahdollisimman vähiin. (4.)

Lämmityslaitteena on nestemäisellä polttoaineella toimiva lämmitin, jonka polttoaineensyöttö on ajoneuvon polttoaineensyötöstä erillinen. Tämän takia polttoainetyyppi ja täyttöaukon sijainti on merkittävä selvästi. (4.)

Koska kyseessä oleva lämmitin on nestemäisellä polttoaineella toimiva lämmitin, sillä on ilman imuputki ja pakoputki, jonka kautta palotapahtumassa

muodustuneet pakokaasut pääsivät ulos. Pakoaukko sijoitetaan siten, että päästöjen tunkeutuminen ajoneuvoon tuulettimien, lämmitysilmän ottoaukkojen tai avautuvien ikkunoiden kautta estetään. Imuputken ilmanottoaukko sijoitetaan tai suojataan siten, etteivät roskat tai matkatavarat pääse tukkimaan sitä. (4.)

Lämmitysjärjestelmän ohjauspääte kytkeytyy automaattisesti pois päältä, ja polttoaineensyötön on loputtava viiden sekunnin kuluessa ajoneuvon moottorin sammumisesta. Jos jokin manuaalinen laite on jo aktivoitu, lämmitysjärjestelmä voi pysyä toiminnassa. Lämmitysjärjestelmän yleisiin vaatimuksiin kuuluvat myös seuraavat (4):

- Ajoneuvon kuljettaja ja matkustajat eivät saa missään tapauksessa matkan aikana joutua kosketuksiin palovammoja aiheuttavien ajoneuvon osien tai lämmitetyn ilman kanssa.
- Polttolämmittimien pakokaasupäästöjen määrä on pysyttävä sallituissa rajoissa.

Polttolämmitin ja sen pakokaasureitti on suunniteltava, sijoitettava, suojattava tai peitettävä siten, että kaikki kuorman kuumentumiseen tai syttymiseen liittyvät kohtuuttomat riskit on estetty. Tämän vaatimuksen täytetään, jos polttoainesäiliö ja laitteen pakojärjestelmä noudattavat seuraavia määräyksiä (4):

- Laitteen polttoainesäiliöiden on täytettävä seuraavat vaatimukset:
  - Vuodon tapahtuessa on polttoaineen valuttava maahan joutumatta kosketuksiin ajoneuvon tai kuorman kuumien osien kanssa.
  - Bensiiniä sisältävät polttoainesäiliöt on varustettava tehokkaalla liekkisuojoilla varustetulla täyttöaukolla tai sululla, jolla aukko voidaan pitää ilmatiiviisti suljettuna.
- Pakokaasujärjestelmä ja pakoputket on suunnattava ja suojattava siten, ettei kuormalle ja muille laitteistoille aiheudu mitään lämmöstä tai kipinöistä syntyvää vaaraa. Suoraan dieselöljyllä täytetyn polttoainesäiliön alapuolelle sijoitettujen pakokaasujärjestelmän osien on oltava vähintään 100 mm etäisyydellä polttoainesäiliöstä, tai ne suojattava lämpökilvellä.

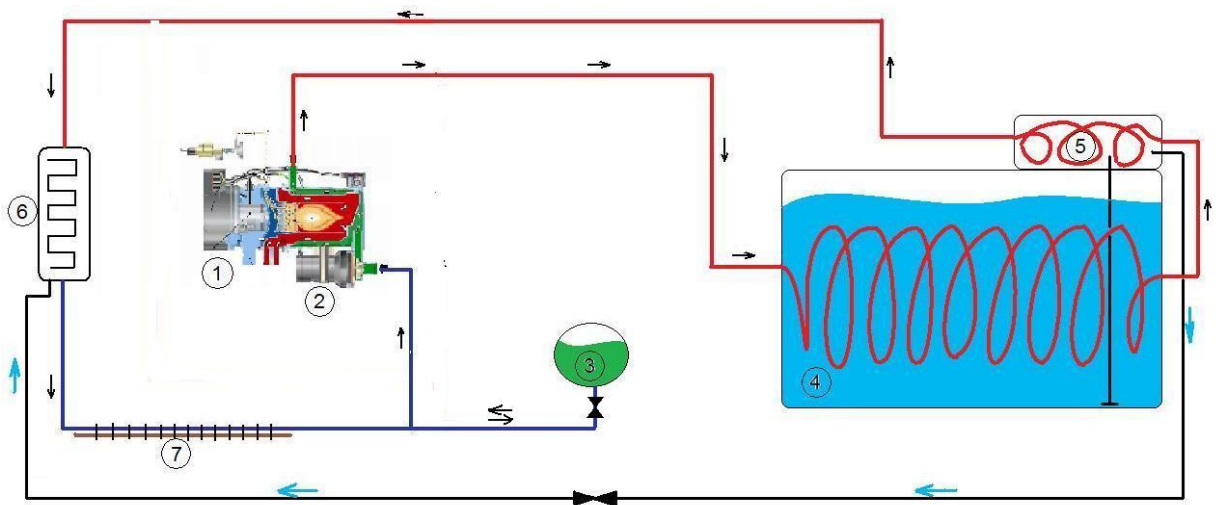
Polttolämmitin voidaan kytkeä päälle manuaalisesti. Ohjelmointilaitteet ovat kiellettyjä. Kaasumaisia polttoaineita käyttävät polttolämmittimet eivät ole sallittuja. Polttolämmittimien toiminta voidaan katkaista ainakin seuraavilla menetelmillä (4):

- tarkoituksellisesti varustetulla käsikatkaisimella ohjaamosta
- ajoneuvon moottorin sammussa, jolloin kuljettaja tarvittaessa voi manuaalisesti käynnistää lämmityslaitteen uudelleen
- käynnistämällä moottoriajoneuvon syöttöpumppu vaarallisen aineen pumppausta varten.

Lämmityslaitteen jälkikäynti sallitaan sen jälkeen, kun polttolämmitin on kytketty pois toiminnasta. Edellä tarkoitetuissa menetelmissä polttoilman tulo on katkaistava sopivalla tavalla jälkikäynnin kestätyä enintään 40 sekuntia. Vain sellaisia lämmittimiä saa käyttää, joiden toiminnasta voidaan taata, että lämmönvaihdin kestää 40 sekuntiin lyhennetyn jälkikäynnin laitteen koko normaalin käyttöajan ajan. (4.)

### 3 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄ

Säiliöauton lämmitysjärjestelmä toimii polttoon perustuvalla lämmitimellä. Lämmittimeksi oli valittu tehokas 9,1 kW:n Webasto Thermo 90 ST, joka lämmittää ja kiertää suljetussa piirissä glykolin ja veden seosta. Seos on kaikille autoilijoille tuttu jäähdytysneste. Lämmitysjärjestelmän toiminta- ja periaatekaavio nähdään kuvasta 3.



KUVA 3. Lämmitysjärjestelmä (ks. 5)

Kuvaan 3 on merkitty numeroilla lämmitysjärjestelmän pääosat ja lämmitettävä prosessilaitteisto. Punainen linja on Webastolta (1) tuleva lämmitysaine, joka pumpataan Webastolle kuuluvan pumpun (2) avulla. Nesteen lämpötilan noustessa se laajenee eli tarvittava tilavuus kasvaa. Tämän takia järjestelmässä on paisuntasäiliö (3), johon tulee ylimääräinen neste. Vesisäiliössä (4) on ruostumattomasta teräksestä valmistettu lämmityskierukka, jonka kautta nesteen lämpö siirtyy vedelle. Kierukan jälkeen lämmitysneeste pääsee vesipumpulle (5), jossa on oma lämmityspiiri.

Sininen linja on Webastolle menevä paluuneste. Vesipumpun jälkeen neste pääsee räjähdysainesekoitimelle (6), joka myös vaatii lämmitystä. Numerolla 7 on merkitty paluulinjan pätkä, joka on kiinnitetty nippusideilla kaasuaineputkeelle. Musta linja on puhtaan lämmitetyn veden imu- ja

syöttöputki, jolla syötetään vettä räjähdysainesekoitimelle 6. Nuoleilla on merkitty nesteiden kulkusuunnat.

### 3.1 Webasto

Saksalainen Webasto on perustamisestaan vuodesta 1901 asti valmistanut liikkumisen mukavuutta lisääviä laitteita erilaisiin kulkuneuvoihin.

Lämmityslaitteet valmistetaan erilaisiin tarpeisiin, esimerkiksi henkilöauton sisätilojen ja moottorin lämmitys. Työn ajoneuvossa Webasto toimii auton prosessilaitteiston lämmityksenä. Säiliöauto on varustettu erittäin tehokkaalla Webasto Thermo 90 ST:lla (kuva 4), joka on tarkoitettu kuorma-autoihin ja linja-autoihin.



*KUVA 4. Webasto Thermo 90 ST erillisen laatikon sisällä*

Webasto sijaitsee erillisessä metallilaatikossa auton oikealla puolella, vesisäiliön ja emulsiosäiliön välissä. Lämmityslaitteen laatikko on sijoitettu riittävän kauaksi kaikista muista prosessointilaitteistoista (kuva 5), joten kaikki sijaintia koskevat vaatimukset täyttyvät.

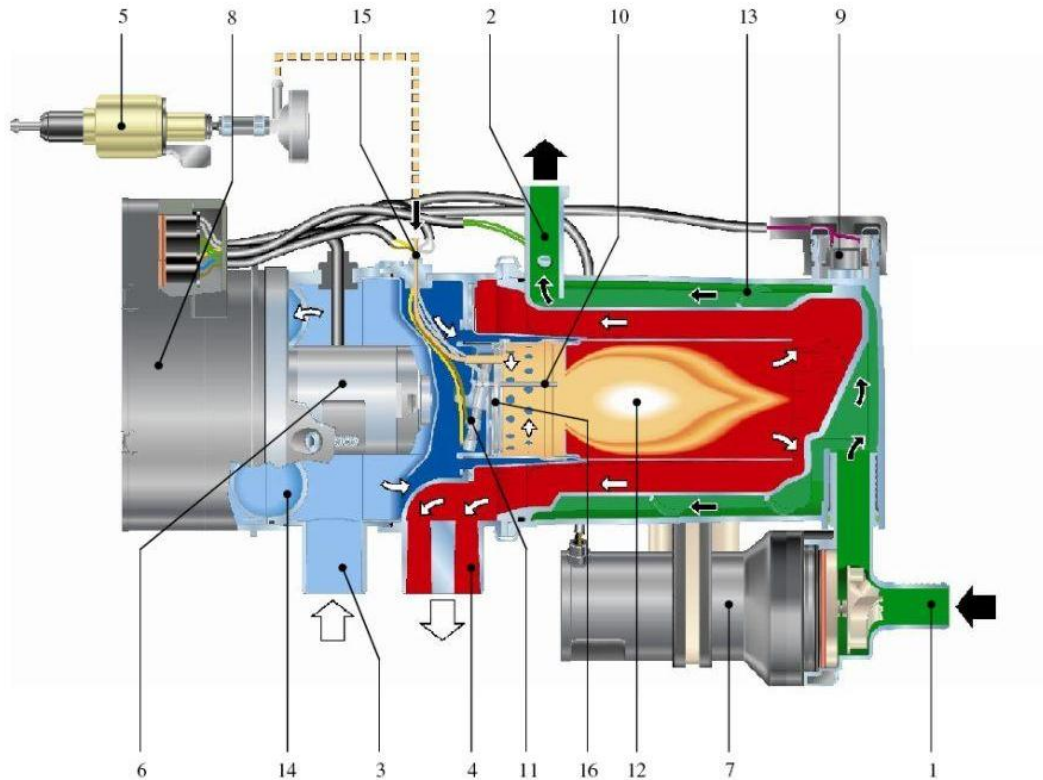




*KUVA 5. Webaston laatikko emulsiosäiliön ja vesisäiliön välissä*

Webasto-lämmitin ottaa lämmitysenergiansa ajoneuvon käyttämästä polttoaineesta. Kaikki Webasto-lisälämmittimet toimivat samalla periaatteella. Ne huolehtivat tehokkaalla tavalla tarvittavasta lämpötilasta ja ylläpitävät sitä. Lämmitin aktivoidaan ohjauslaitteella, jolloin lämmittimen palotilaan muodostuu liekki. Webaston pumpun avulla jäähdytysneste ohjautuu lämmittimen läpi ja liekki kuumentaa sen. Lämmin neste virtaa edelleen ajoneuvon lämmittimen lämmönvaihtimeen. Siitä lämmin neste virtaa kaikkien lämmitystä tarvittavien laitteistojen kautta ja palaa takaisin Webastolle. Kun neste on virrannut takaisin lämmityslaitteeseen, kierto alkaa alusta. (5.)

Webaston toimintaperiaate perustuu ilma-polttoaineseoksen polttoon. Lämmittimen toimintaperiaate on kuvassa 6.



- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1. Vesipumpun paluupuoli     | 9. Lämpötilan valvonta-anturi |
| 2. Vesipumpulta menevä neste | 10. Liekianturi               |
| 3. Ilman imuputki            | 11. Hehkutulppa               |
| 4. Pakoputki                 | 12. Palopesä                  |
| 5. Polttoainepumppu          | 13. Lämmönvaihdin             |
| 6. Sähömootori               | 14. Palamisilman puhallin     |
| 7. Vesipumppu                | 15. Polttoaineletku           |
| 8. Ohjausyksikkö             | 16. Höyrystin                 |

**KUVA 6. Webasto Thermo 90 ST:n pääosat (6)**

Ilman ottoputken (3) kautta ulkoilma pääsee palamisilmapuhalttimeen (14), joka tulee toimeen sähkömoottorin (6) pyörimisenergialla. Polttoainepumppu (5) pumppaa dieseliä polttoaineletkun kautta välikammioon, jossa tapahtuu palamisilman ja dieselin sekoitus. Hehkutulpalla sytytetään ilma-polttoaineseos, jolloin palopesällä (12) syntyy liekki. Liekki lämmittää lämmönvaihtimen (13) seinämää, josta lämmitysenergia siirtyy jäähdytysnesteelle. Vesipumppu (7) kiertää jäähdytysnestettä suljetussa vesipiirissä. Ohjausyksikkö (8) saa virtaa auton akusta ja ohjaa Webaston toimintaa. Anturit 9 ja 10 huolehtivat siitä, että Webasto toimii oikein. Jos lämmitin ylikuumentuu, anturi 9 kytkee Webaston pois päältä. Anturi 10 huolehtii liekin muodostumisesta.

Mahdollista lämmösiirtymälaskentaa varten tarvitaan lämmityslaitteen teknisiä tietoja ja suoritusarvoja. Webasto Thermo 90 ST:n tärkeimmät tekniset tiedot ja suoritusarvot ovat taulukossa 1.

*TAULUKKO 1. Webasto Thermo 90 ST:n tekniset tiedot (7)*

Lämmitystehot	1,8 – 9,1 kW
Polttoaine	Diesel/polttoöljy
Kulutus	0,19-1,1 l/h
Nimellisjännite	12/24 V
Sähkön kulutus	37-83 W
Kiertovesipumpun tuotto	700 l/h
Ulkomitat	117x150x44 mm
Paino	4,8 kg

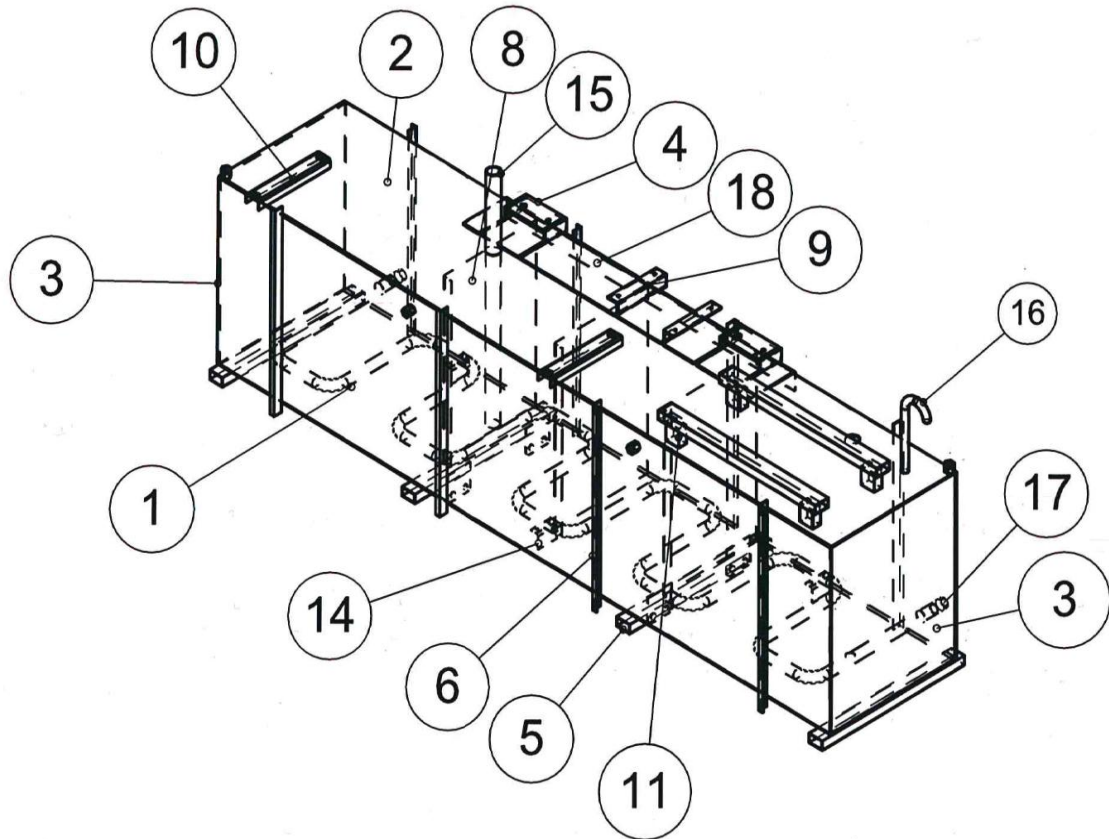
### **3.2 Muu säiliöauton prosessointilaitteisto**

Jäähdytysnesteen tilavuus kasvaa lämpötilan noustessa. Tämän takia lämmitysjärjestelmässä on paisuntasäiliö (kuva 7), johon tulee ylimääräinen neste. Säiliön tilavuus on noin 2 - 3 l, ja se on valmistettu muovista. Paisuntasäiliö on kytketty suoraan paluulinjaan (kuva 3) ja sijaitsee ohjaamon takana vesisäiliön yllä.



*KUVA 7. Paisuntasäiliö*

Vesisäiliö (kuvat 5 ja 8) on valmistettu ruostamattomasta teräksestä, ja se sijaitsee auton alustalla. Sen tilavuus on noin 670 l, ja kooltaan se on 2290 x 482 x 600 mm. Vesisäiliön sisällä on ruostumattomasta teräksestä valmistettu lämmityskierukka (kuva 8, numero 1), jonka avulla tapahtuu veden lämmitys. Kuvan 8 muilla numeroilla ovat merkitty vesisäiliöön kuuluvat osat.



*KUVA 8. Vesisäiliö (2)*

Vesisäiliön päällä sijaitsee vesipumppu (kuva 9), jonka tehtävä on veden syöttö räjähdysainesekoitimelle (kuva 10). Vesipumpussa sijaitseva anturi huolehtii syötetyn veden määrästä, joka pitää olla joka syötön yhdeydessä tarkasti määritetty.



*KUVA 9. Vesipumppu*

Räjähdysainesekoittimen (kuva 10) tehtävä on räjähdysaineiden sekoitus. Myös sekoittimen sisälle muodostuu ns. vesipiiri, jonka tehtävänä on räjähdysaineiden tasainen sekoittaminen yhtenäiseksi massaksi. Toisin sanoen sekoittimen sisällä on vesikalvo, joka huomattavasti helpottaa sekoittamisprosessia.



*KUVA 10. Veden syöttöputki ja räjähdysainesekoitin (auton vasen puoli)*

### **3.3 Ongelmakohde**

Räjähdysaineiden sekoitus tapahtuu vain silloin, kun tarvitaan valmiita räjähdysainetta maaporaukseen syöttöä varten. Sekoitus- ja syöttöprosessi vaatii lämmintä vettä. Sekoittimen sisällä syntyy ns. vesipiiri, jonka avulla räjähdysaineiden sekoitus tapahtuu erinomaisesti. Toinen vesisyötön tehtävä on putkistojen puhdistus räjähdysainesyötön maaporaukseen jälkeen. Veden syöttö myös tapahtuu siis vain päätehtävän suoritusaikana. Vettä prosessia varten pumpataan vesisäiliön päällä sijaitsevalla pumpulla (kuvat 3 ja 9). Silloin kun veden syöttö lopetetaan, syöttöputkeen (kuvat 10 ja 11) jää jäännösvettä. Kovalla pakkasella jäännösvesi muuttuu jääksi, koska syöttöputkella ei ole mitään lämmitystä. Tämän ongelman seurauksena on syöttöputken tukkeuma, joka vaikeuttaa räjähdysaineen muodostumis- ja syöttöprosessia.



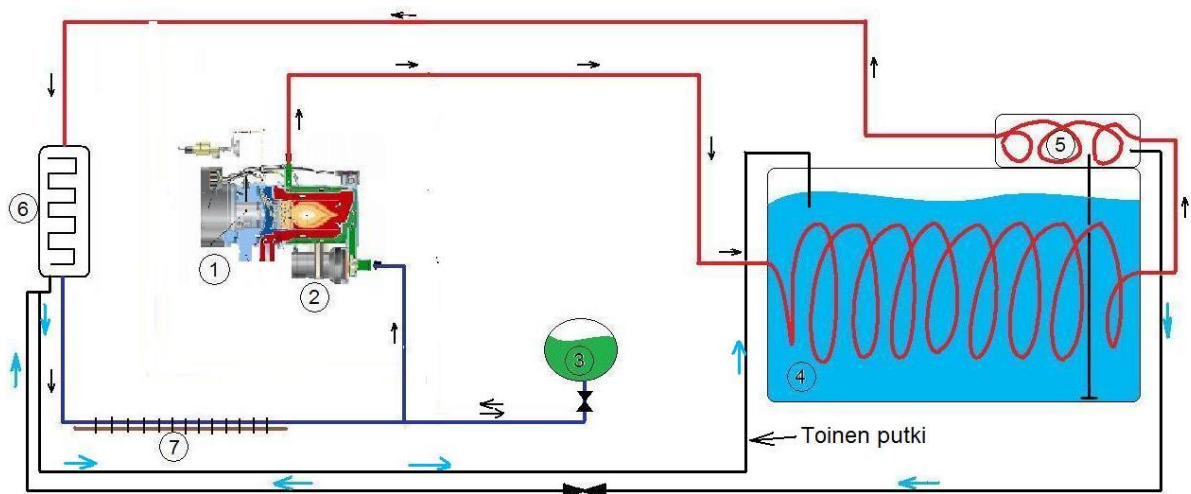
*KUVA 11. Veden syöttöputki (auton oikea puoli)*

## 4 VESISYÖTÖN ONGELMAKOHTTEEN RATKAISUT

Tässä luvussa keksitään mahdolliset ratkaisut ongelmaan. Samalla perehdytään ratkaisujen toteutumismahdollisuuksiin ja ratkaisujen lisäkuluihin.

### 4.1 Suljettu vesipiiri

Ensimmäisenä ratkaisuideana on vesisäiliön kuumen veden kierto suljetussa vesisilmukassa. Ratkaisun toteuttaminen vaatii siis samanlaista ja samanpituista vesiputkea, jonka toinen pää hitsattu tai jollakin muulla tavalla kiinnitetty ensimmäiseen putkeen sekoittimen lähellä ja toinen pää sijaitsee vesisäiliössä. Ratkaisu myös vaatii toisen vesipumpun, joka kiertää vettä vesipiirissä varsinaisen vesipumpun mahdollisesti rikkoutuessa. Veden kierto kytketään automaattisesti päälle, kun ulkona on pakkanen. Näin kuuma vesi kiertää tarvittaessa luodussa vesipiirissä eikä siihen muodostu jäätä. Kuvasta 12 nähdään ratkaisun toteutumismenettely.



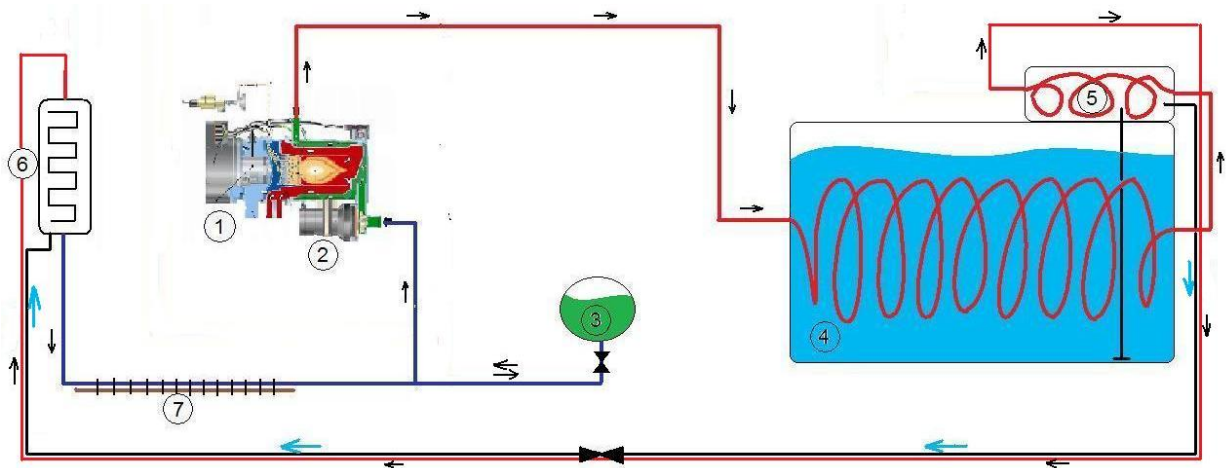
KUVA 12. Ratkaisu 1 (ks. 5)

Ratkaisun 1 etuna on se, että pakkasella lämmin vesi kiertää koko ajan, joten putkeen ei missä tapauksessa muodostu jäätä. Toisin sanoen järjestelmä on varmatoiminen. Kuitenkin haittana ovat melko korkeat lisäkulut ja lisälaitteiston asentaminen.



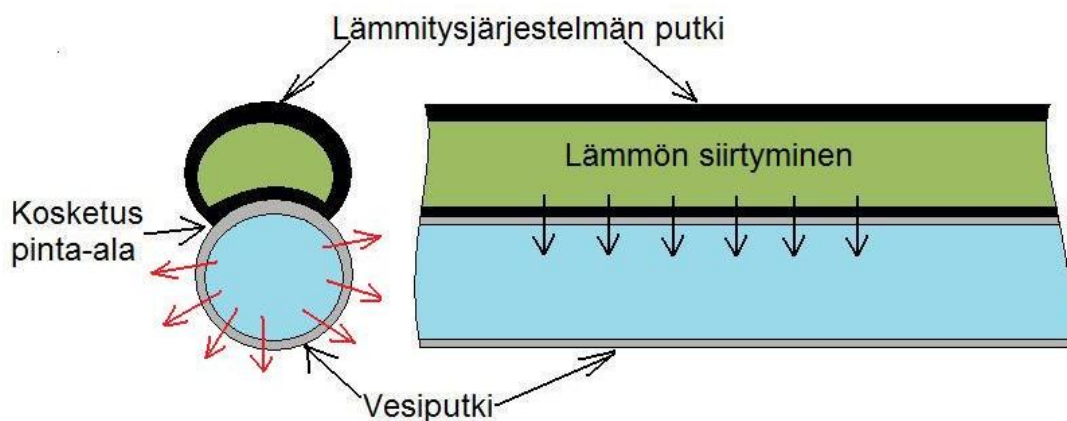
## 4.2 Lämmitys lämmitysjärjestelmän putkea käyttäen

Lämmitysjärjestelmää tutkittaessa huomattiin, että vesipumpulta (5) sekoittimelle (kuva 3, laite 6) tuleva lämmitysputki kulkee veden syöttöputken vieressä. Ratkaisun ideana on putkien yhdistäminen kuvan 13 mukaisella tavalla.



KUVA 13. Lämmitysjärjestelmän menoputken ja vesiputken yhdistäminen (ks. 5)

Ajatuksena on se, että lämmitysjärjestelmän lämmin putki, joka on suorassa kosketuksessa vesiputken kanssa, lämmittää vesiputkea (kuva 14). Lämpöteho siirtyy lämmitysneesteestä kumin ja teräksen kautta veteen, joten vesi pysyy koko ajan lämpimänä.



KUVA 14. Putkiyhdistelmän poikkileikkaus

Ratkaisun 2 etuna on helppo toteutus, joka ei vaati mitään lisäkuluja. Se vaatii tarkkaa lämmönsiirtymislaskentaa, joka todistaa siirtyvän lämmön riittävyden. Taulukossa 2 on tarvittavat tiedot laskentaa varten.

*TAULUKKO 2. Laskennassa käytettyjen putkien tiedot*

	Vesiputki	Kumiputki
Materiaali	ruostumaton teräs	kumi
D (mm)	22	23
seinämä T (mm)	1,5	2,5
$\lambda$ (W/m·K)	0,46	0,15
Lämpötila sisällä	+1 °C	+50 °C
Lämpötila ulkona	-35 °C	-35 °C
Arvioitu sisäpinnan lämpötila	0 °C	-
Arvioitu ulkopinnan lämpötila	-32 °C	-
Kosketuspinta-alan leveys (mm)	15	15

Ensin pitää laskea, kuinka paljon lämpötehoa siirtyy kahden putken kosketuspinta-alan kautta vedelle. Tarkastellaan pysyvää lämpövirtaa ainekerroksen läpi. Tällöin ainekerroksen pintalämpötilat  $T_1$  ja  $T_2$  pysyvät vakioina, samoin kerroksen sisällä jokainen kohta on jo saavuttanut oman vakioarvonsa. Pinta-ala on  $A$  ja ainekerroksen paksuus  $d$ . Kokeellisesti on saatu lämpöteholle kaava 1. ( 8, s. 410.)

$$\Phi = -\lambda A \frac{\Delta T}{d} \quad \text{KAAVA 1}$$

$\lambda$  = materiaalin ainevakio, lämmönjohtavuus (W / (m · K))

$\Phi$  = lämpövirta (W)

$A$  = kosketuspinta-ala (m<sup>2</sup>)

$d$  = ainekerroksen paksuus (m)

$\Delta T = \Theta$  = lämpötilaero (K)

Negatiivinen etumerkki kertoo lämpövirran suunnan olevaksi vastakkainen kasvavan lämpötilan suunnalle. Käytetään kaavaa 1 laskuissa muodossa (kaava 2). ( 8, s. 410.)

$$\Phi = \lambda A \frac{\theta}{d} \quad \text{KAAVA 2}$$

$$\Theta = T_1 - T_2$$

Lasketaan siirtyvän lämpövirran kahden kerroksen läpi. Kummankin tasokerroksen läpi kulkee sama lämpövirta,  $\Phi_1 = \Phi_2 = \Phi$ . Kerroksien lämpötilaerot ovat  $\Theta_1 = T_1 - T_{12}$  ja  $\Theta_2 = T_{12} - T_2$ . Koko yhdistelmän vastakkaisten pintojen välinen lämpötilaero on  $\Theta_1 + \Theta_2 = \Theta$ . Sijoitetaan yhtälöt kaavaan 2 ja saadaan kulkevan lämpövirran kaava 3 (8, s. 413).

$$\Phi_1 = \frac{\lambda_1 A \Theta_1}{d_1} = \Phi_2 = \frac{\lambda_2 A \Theta_2}{d_2} = \Phi \quad \text{KAAVA 3}$$

Kaavasta 3 ratkaistaan lämpötilaerot (kaava 4) (8, s. 414).

$$\Theta_1 = \frac{\Phi d_1}{\lambda_1 A} \quad \text{ja} \quad \Theta_2 = \frac{\Phi d_2}{\lambda_2 A} \quad \text{KAAVA 4}$$

Sijoitetaan kaava 4 kokonaislämpötilaeron lausekkeeseen ja saadaan kaava 5, josta ratkaistaan kysytty lämpövirta (kaava 6) (8, s. 414).

$$\Theta = \Theta_1 + \Theta_2 = \frac{\Phi d_1}{\lambda_1 A} + \frac{\Phi d_2}{\lambda_2 A} \quad \text{KAAVA 5}$$

$$\Phi = \frac{\Theta}{\frac{d_1}{\lambda_1 A} + \frac{d_2}{\lambda_2 A}} = \frac{A \Theta}{\frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2}} \quad \text{KAAVA 6}$$

Lasketaan kaavalla 6 saatu lämpövirta, ja valitaan kosketuspinta-alan pituudeksi 1 m:

$$\phi = \frac{0,015 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot (323 \text{ K} - 274 \text{ K})}{\frac{0,0015 \text{ m}}{0,46 \text{ W/m} \cdot \text{K}} + \frac{0,0025 \text{ m}}{0,15 \text{ W/m} \cdot \text{K}}} = 36,9 \text{ W}.$$

Seuraavaksi pitää saada selville, kuinka paljon lämpötehoa vesiputki luovuttaa ulkoilmaan sen pinta-alan, joka ei ole mitenkään eristetty. Hukkalämmön siirtyminen on merkitty kuvaan 11 punaisilla nuoleilla. Merkitään lämpötilaeroa teräseinämän eri puolilla virtaavien aineiden välillä termillä  $\Theta_{\text{kok}} = T_a - T_b$ . Lämmönläpäisyä kokonaisuutena kuvaa lämmönläpäisykerroin U, joka riippuu seinämän muodostavien kerrosten materiaalista ja paksuuksista, pintojen

laadusta, virtaavista aineista ja virtausnopeuksista. Yksikkö on  $W / (m^2K)$ .

Seinämän läpi kulkeva lämpövirta on kaavan 7 mukainen. (8, s. 415.)

$$\Phi = UA\theta_{kok} = UA(T_a - T_b) \quad \text{KAAVA 7}$$

U-arvo kuvaa sitä lämpövirtaa, mikä kulkee  $1 m^2$  kokoisen pinta-alaosan läpi lämpötilaeron ollessa  $1K (= 1 ^\circ C)$ . Suure kuvaa keskimääräistä kykyä läpäistä lämpövirtaa. Lämpöteknisesti homogeenisen, lämpövirtaan nähden kohtisuoraan olevan tasapaksuisista kerroksista muodostuvan tasomaisen rakennekomponentin kokonaislämmönvastus  $R_T ((m^2K) / W )$  on kerrosten lämpöisolanssien ja vastakkaisten pintojen lämpöisolanssien summa  $R_T = R_{si}+R_1+R_2+\dots R_n+R_{se}$ . (8, s. 415.)

Lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla 8 (8, s. 416).

$$U = \frac{1}{R_T} \quad \text{KAAVA 8}$$

Lasketaan ensin kaavalla 9 lämpövirran tiheys (8, s. 412).

$$q = \frac{\lambda(T_1-T_2)}{d} = \frac{0,46 W/mK \cdot (273K-241K)}{0,0015 m} = 9813,3 \frac{W}{m^2} \quad \text{KAAVA 9}$$

$T_1$  = arvioitu putken sisäpinnan lämpötila (K)

$T_2$  = arvioitu putken ulkolämpötila (K)

q = lämpövirran tiheys ( $W / m^2$ )

Lämmönsiirtymiskerroin sisäpinnalla saadaan kaavalla 10 (8, s. 416).

$$h_s = \frac{q}{\theta_1} = \frac{q}{T_a-T_1} = \frac{9813,3 W/m^2}{273 K-272 K} = 9813,3 \frac{W}{m^2K} \quad \text{KAAVA 10}$$

$h_s$  = lämmönsiirtymiskerroin sisäpinnalla ( $W / m^2K$ )

$T_a$  = veden lämpötila ( K )

Lämmönsiirtymiskerroin ulkopinnalle saadaan vastaavasti kaavalla 11.

$$h_e = \frac{q}{\theta_2} = \frac{q}{T_2-T_b} = \frac{9813,3 W/m^2}{238 K-241K} = 3271,1 \frac{W}{m^2K} \quad \text{KAAVA 11}$$

$T_b$  = ulkoilman lämpötila

Ruostumattoman teräksen lämpöisolanssi lasketaan kaavalla 12 (8, s.417).

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,0015 \text{ m}}{0,46 \text{ W/mK}} = 0,00326 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad \text{KAAVA 12}$$

Sisäpinnan lämpöisolanssi lasketaan kaavalla 13 (8, s. 417).

$$R_{si} = \frac{1}{h_s} = \frac{1}{9813,3 \text{ W/m}^2\text{K}} = 0,0001 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad \text{KAAVA 13}$$

Vastaavasti lasketaan ulkopinnan lämpöisolanssi kaavalla 14 (8, s. 417).

$$R_{se} = \frac{1}{h_e} = \frac{1}{3271,1 \text{ W/m}^2\text{K}} = 0,000305 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad \text{KAAVA 14}$$

Summaamalla kaikki lämpöisolanssit saadaan kokonaislämmönvastus:

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} = (0,0001 + 0,00326 + 0,000305) \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} = 0,0037 \text{ m}^2 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

Lasketaan luovutuspinna-alaan 1 m:n pituudella:

$$A = (2\pi r - 0,015 \text{ m}) \cdot 1 \text{ m} = (2 \cdot \pi \cdot 0,011 \text{ m} - 0,015 \text{ m}) \cdot 1 \text{ m} = 0,0541 \text{ m}^2.$$

A = luovutuspinna-ala 1 m:n pituudella (m<sup>2</sup>)

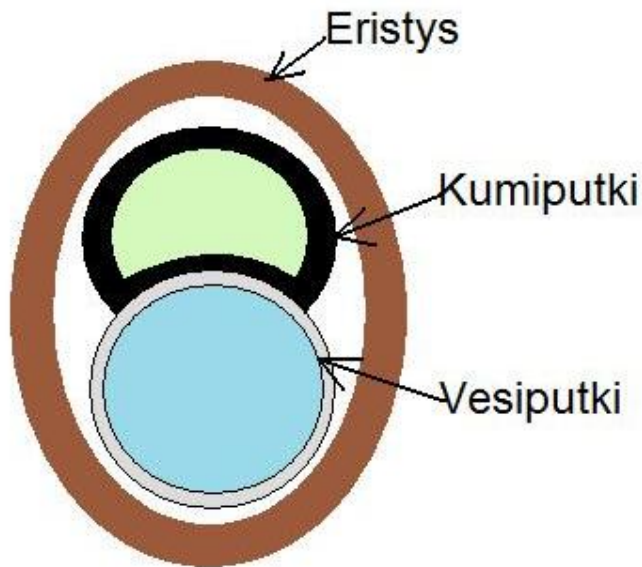
r = putken ulkosäde ( m )

Lopuksi lasketaan kaavalla 7 kulkeva lämpövirta:

$$\Phi = \frac{0,0541 \text{ m}^2 \cdot (274 \text{ K} - 238 \text{ K})}{0,0037 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}} = 526,5 \text{ W}$$

Selvitettiin, että kosketuspinnan kautta siirtynyt lämpövirta on paljon pienempi kuin vesiputkelta lähtevä hukkalämpövirta, toisin sanoen  $36,9 \text{ W} \ll 526,5 \text{ W}$ .

Eristetään putket jollakin eristemateriaalilla kuvan 15 mukaisella tavalla, eli laitetaan putkien ympäri eristettä koko putkien pituudella.



KUVA 15. Eristetty putkiyhdistelmä, poikkileikkaus

Lasketaan, kuinka paljon lämpötehoa vesiputki luovuttaa ulkoilmaan tässä tapauksessa kaavalla 6. Eristemateriaaliksi valitaan solukumia, jonka lämmönjohtavuus on  $0,04 \text{ W / mK}$  ja paksuus  $15 \text{ mm}$ .

$$\phi = \frac{0,0541 \text{ m}^2 \cdot (274 \text{ K} - 238 \text{ K})}{\frac{0,0015 \text{ m}}{0,46 \text{ W/m} \cdot \text{K}} + \frac{0,015 \text{ m}}{0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}}} = 5,15 \text{ W}$$

Nyt hukkalämpöteho on paljon pienempi kuin saatu lämpöteho. Lisäkuluna on eristemateriaali ja sen asennus, mutta ei se vaikuta kokonaiskuluihin.

## 5 ONGELMAKOHTTEEN RATKAISUN LOPPUPÄÄTÖS

Työssä keksittiin kaksi erilaista veden syöttöongelman ratkaisua. Auton käytettäessä kovalla pakkasella veden syöttöputkeen muodostuu jäätä. Jokaisen räjähteen syötön jälkeen syöttöputkeeseen jää jäännösvettä, joka jäähtyy nopeasti pakkasen vaikutukselta. Tästä seuraa syöttöputken tukkeutuminen, joka vaikeuttaa räjähdysaineen muodostumis- ja syöttöprosessia. Työn alussa mielessä oli helppo ongelman ratkaisu, jonka ajatuksena oli jäännösveden poistaminen pallomaisen poistoventtiilin kautta. Mutta laitteiston tutkittaessa huomattiin, että sellainen venttiili on jo olemassa. Se ei toiminut ihan toivotulla tavalla, eli ei ratkaise ongelmaa.

Ensimmäisenä ratkaisuideana oli vesisäiliön kuuman veden kierto suljetussa vesisilmukassa. Ratkaisun etuna on se, että pakkasella lämmin vesi kiertää koko ajan, joten putkeen ei missään tapauksessa muodostu jäätä. Toisin sanoen järjestelmä on varmatoiminen. Kuitenkin haittana ovat melko korkeat lisäkulut ja lisälaitteiston asentaminen. Toisena ratkaisuna oli syöttöputken lämmitys lämmitysjärjestelmän putkea käyttäen sekä molempien putkien eristys. Sellaisen ratkaisun etuna on helppo toteutus, joka vaatii aika vähäisiä lisäkuluja. Lisäkuluna ovat eristemateriaali ja sen asennus, mutta ei se mitenkään vaikuta kokonaiskuluihin. Näistä järkevintä on valita ratkaisu 2, eli syöttöputken lämmitys lämmitysjärjestelmän putkea käyttäen sekä molempien putkien eristys.

## 6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli selvittää vaarallisia aineita kuljettavan panostussäiliöauton lämmitysjärjestelmän toiminta ja rakenne. Järjestelmän tutkittaessa otettiin huomioon tätä ajoneuvoa koskevat säännökset ja määräykset, koska kyseessä on vaarallisten aineiden kuljetus tiellä.

Tutkittu lämmitysjärjestelmä ja itse lämmityslaite täyttävät vaarallisten aineiden kuljettavalle ajoneuvolle asetetut lakivaatimukset ja määräykset.

Lämmitysjärjestelmän toiminta on yksinkertainen ja varmatoiminen, mitä takaa säiliöauton päätehtävän suorittaminen joka tilanteessa. Työssä selvisi, että lämmityslaitteena toimiva Webasto Thermo 90 ST on erittäin tehokas lämmitin, jonka avulla voidaan tarvittaessa lämmittää myös muu prosessointilaitteisto.

Syntyneelle veden syöttöongelmalle löydettiin hyvä ja halpa ratkaisu: ylläpidetään veden lämpötilaa plus-puolella lämmittämällä syöttöputkea lämmitysjärjestelmän kumiputkea käyttäen sekä eristetään molemmat putket eristemateriaalilla. Esitetty ratkaisu on syytä käytännössä säiliöauton rakentamisen jälkeen testata todellisissa käyttöolosuhteissa, minkä jälkeen voidaan tehdä tarvittavat korjaukset.



## LÄHTEET

1. Nordic Tank. Skandinavian suurin. Saatavissa:  
<http://www.nordictank.fi/fi/nordic-tank-2.html>. Hakupäivä 12.4.2013.
2. Saarela, Timo 2012 - 2013. Projektijohtaja, Nordic Tank Oy. Kuvat ja valokuvat 2013 - 2013.
3. Miettinen-Bellevergue, Seija – Häkkinen, Anu – Suominen, Mari Hautala 2011. Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 2011. Lakikokoelmat. Edita Publishing Oy. Painatus, St Michel Print Oy.
4. Euroopan unionin virallinen lehti. Yhdistyneiden kansakuntien Euroopan talouskomission (UN/ECE) sääntö nro 122 — Luokkien M, N ja O ajoneuvojen hyväksyntää niiden lämmitysjärjestelmien osalta koskevat yhdenmukaiset tekniset vaatimukset. 2010. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:164:0231:0251:fi:PDF>. Hakupäivä 28.2.2013.
5. Lisälämmittimet. 2013. Webasto. Saatavissa:  
<http://www.lamminauto.fi/?id=4619>. Hakupäivä 6.3.2013.
6. ЕВРОАВТОКЛИМАТ: системы климат контроля. Отопитель Webasto Thermo 90 ST. 2012. Saatavissa: <http://ea-c.ru/otopitely/webasto/62-thermo-90-st.html> Hakupäivä 7.3.2013.
7. КАНА. Webasto: Lämmitys: Kuorma-autot: Webasto Thermo 90 ST 9,1 kW –Oy Kaha Ab. 2013. Saatavissa:  
<http://www.kaha.fi/category.php?comp=41&pid=48&cid=90>. Hakupäivä 7.3.2013.
8. Inkinen, Pentti – Tuohi, Jukka 2009. Momentti 1, Insinöörifysiikka 4. –6. painos. Keuruu, Otavan Kirjapaino Oy.

# LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Alexey Gorchakov \_\_\_\_\_

Tilaaja Nordic Tank Oulu Oy \_\_\_\_\_

Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Timo Saarela 0504872113 \_\_\_\_\_

timo.saarela@nordictank.com \_\_\_\_\_

Työn nimi Panostusauton prosessointilaitteiston lämmitysjärjestelmän kehittäminen \_\_

Työn kuvaus Tavoitteena on selvittää vaarallisia aineita kuljettavan panostussäiliöauton lämmitysjärjestelmän toiminta ja rakenne. Työssä selvitettiin vesisyöttöä koskeva ongelma ja keksittiin sille paras mahdollinen ratkaisu. \_\_\_\_\_

Työn tavoitteet Luoda toimiva ja varmatoimien veden syöttöputken lämmitysratkaisu. Sellainen ratkaisu, jolla veden lämpötila olisi aina plus-puolella ja ei jäähty missään tapauksessa. \_\_\_\_\_

Tavoiteaikataulu

Opinnäytetyö on valmis keväällä 2013. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Päiväys ja allekirjoitukset \_\_\_\_\_