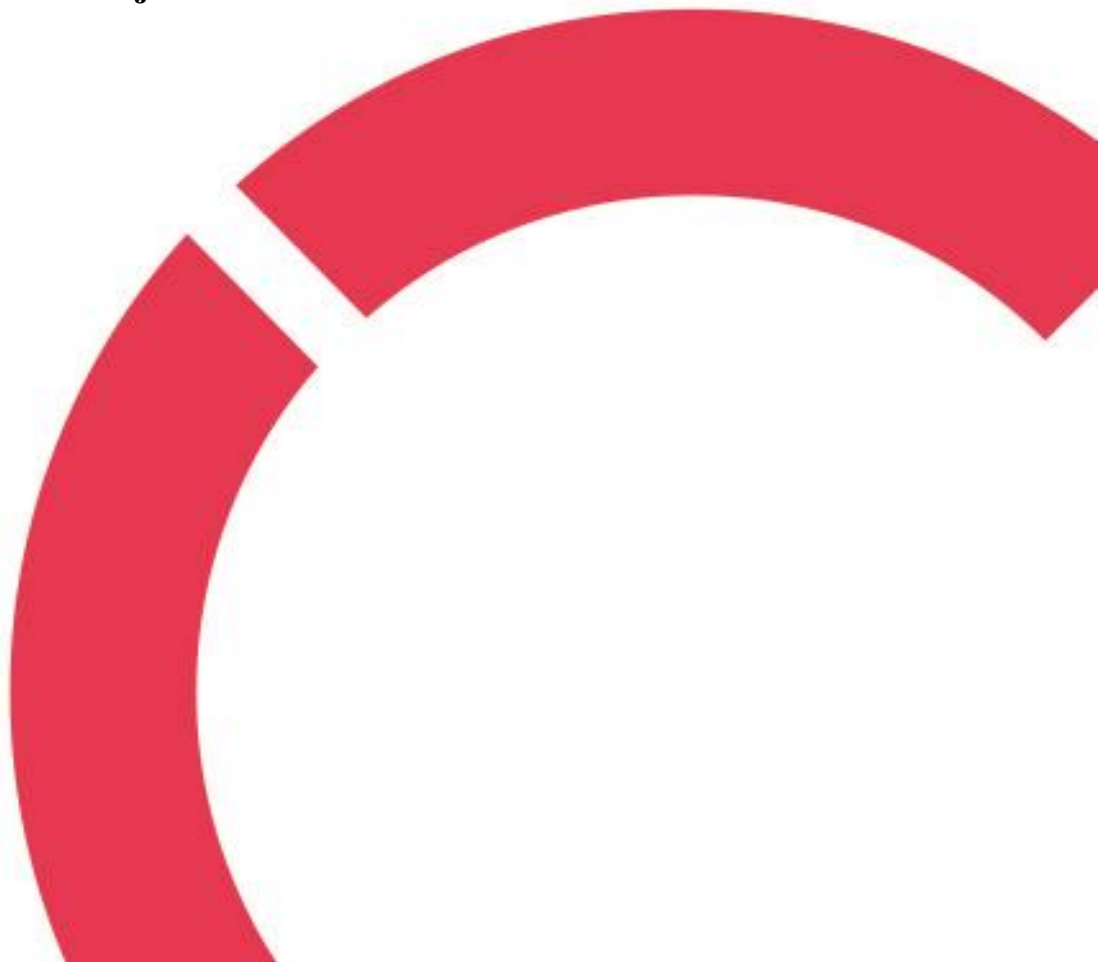


Antti-Eemeli Satokangas

**INVESTOINTIKARTOITUS TULENKESTÄVIEN MATERIAALIEN
RUISKULAITTEISTOISTA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Elokuu 2022**



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Elokuu 2022	Tekijä/tekijät Antti-Eemeli Satokangas
Koulutus Tuotantotalousinsinööri		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi INVESTOINTIKARTOITUS TULENKESTÄVIEN MATERIAALIEN RUISKULAITTEISTOISTA		
Työn ohjaaja Jukka Kivirinta		Sivumäärä 32 + 5
Työelämäohjaaja Antti Piippo & Mikael Nivala		
<p>Tämä opinnäytetyö käsittelee tulenkestävien materiaalien ruiskutuksessa käytettyjen laitteistojen investointikartoitusta. Opinnäytetyö tehtiin työnantajalleni Bet-Ker Oy:lle, joka valmistaa tulenkestäviä materiaaleja pääsääntöisesti terästeollisuuden tarpeisiin. Työn tarpeen ymmärtämiseksi opinnäytetyössä myös avataan muun muassa tulenkestävien materiaalien perusteita, tarkoitusta ja käyttökohteita. Kirjoittajan omaa työtä koskeva osuus esitellään lopuksi ja sen tulokset ovat kohdeorganisaation toiveitten takia osittain salattuja.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää sopiva ruiskulaitteisto kohdeorganisaation käyttöön ja tarpeisiin. Tarve ruiskulaitteiston investoinnista yritykseen on herännyt muun muassa tuotekehityksen tarpeiden vuoksi. Omalla laitteistolla tuotekehitystä voidaan nopeuttaa, joka tuo yritykselle etua.</p> <p>Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisten aineistojen analysointia, haastatteluja sekä tarjouskyselyjä. Osa opinnäytetyön aikaansaannoksista tullaan salaamaan, kuten kohdeorganisaation nykytila ja tulokset. Lukija pääsee näkemään tulokset ja kohdeorganisaation nykytilan, mutta esimerkiksi laitevalmistaja, hinnat ja kustannukset on salattu julkiselta tarkastelulta. Opinnäytetyö siis sisältää salaisen liiteosan, jossa tulokset on esitelty ja avattu tarkemmin.</p>		

Asiasanat Bet-Ker Oy, investointikartoitus, investointilaskenta, kulutusvuoraus, ruiskulaitteisto, ruiskumassa, terästeollisuus, tulenkestävä materiaali, vertailu
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date August 2020	Author Antti-Eemeli Satokangas
Degree programme Industrial management		
Name of thesis INVESTMENT MAPPING OF REFRACTORY GUNNING MAHCHINES		
Centria supervisor Jukka Kivirinta	Pages 32 + 5	
Instructor representing commissioning institution or company Antti Piippo & Mikael Nivala		
<p>Here, the thesis concerns the investment mapping of the equipment used in the spraying of refractory materials. The thesis was commissioned by Bet-Ker Oy, which is a Finnish company that manufactures refractory materials mainly for the needs of the steel industry. In order to understand the need for the work, the thesis also opens up, among other things, the basics, purpose and uses of refractory materials. The part concerning the author's own work is presented at the end, and its results are partially classified due to the wishes of the target organization.</p> <p>The purpose of the thesis was to find suitable spraying equipment for the use and needs of the target organization. The need to invest in gunning equipment in the company has arisen, among other things, due to the needs of product development. Own gunning machine would speed up the product development.</p> <p>The research methods used in the thesis where the analysis of written materials, interviews and tender surveys. Some of the results of the thesis are secret, such as the current state of the target organization and the results. The reader can see the results and the current status of the target organization, but for example the device manufacturer, prices and costs are left out from the public version.</p>		
<p>Key words Bet-Ker Oy, comparison, gunning machine, gunning mix, investment calculation, investment mapping, refractory lining, refractory material, steel industry</p>		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

BOF

Basic Oxygen Furnace, pohjapuhalluskonverterteri

Hydratoituminen

Ollessaan pitkään kosketuksissa ympäröivän ilman kanssa jotkin tulenkestävät materiaalit vettyvät ja menettävät ominaisuutensa murenemalla. Tätä tapahtuu esimerkiksi doloma-pohjaisille tiilille.

MgO-C

Magnesia-hiili. Yleinen raaka-aineiden yhdistelmä tulenkestävissä materiaaleissa.

MgO

Magnesiumoksidi eli magnesia. Yleinen raaka-aine tulenkestävissä materiaaleissa.

Pikkusäkki

Yleinen pakkaustyyli monoliittisille tulenkestäville massoilla. Materiaali pakataan käsin liikuteltavaan ja käytettävään 20 kg säkkiin.

Suursäkki

Yleinen pakkaustyyli monoliittisille tulenkestäville massoilla. Materiaali pakataan suureen 1000 kg tai 1500 kg trukilla tai nosturilla liikuteltavaan säkkiin.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO.....	1
2 TULENKESTÄVÄT MATERIAALIT TERÄSTEOLLISUUDESSA	2
2.1 Tulenkestävien materiaalien määritelmä	2
2.2 Tulenkestäviin materiaaleihin liittyvät kustannukset	3
3 TULENKESTÄVIIN MATERIAALEIHIN KOHDISTUVAT RASITUKSET	4
3.1 Mekaaniset rasitukset.....	5
3.2 Kemialliset rasitukset	6
3.2.1 Sula kuona ja tulenkestävä vuorausmateriaali.....	6
3.2.2 Sula metalli ja tulenkestävä vuorausmateriaali.....	7
3.2.3 Atmosfääri ja tulenkestävä vuorausmateriaali.....	7
3.3 Termiset rasitukset	8
4 MONOLIITTISET TULENKESTÄVÄT MATERIAALIT	9
4.1 Monoliittisten tulenkestävien materiaalien komponentit.....	9
4.2 Monoliittisten tulenkestävien materiaalien asennustavat	10
4.3 Monoliittisten tulenkestävien materiaalien vahvuudet ja heikkoudet.....	12
5 RUISKUMASSOJEN KÄYTTÖ TULENKESTÄVINÄ MATERIAALEINA	14
5.1 Ruiskumassojen asennus ja käyttö	14
5.2 Lopputulokseen vaikuttavat tekijät	15
5.3 Yleisimmät käyttökohteet	16
5.4 Ruiskumassojen vahvuudet ja heikkoudet	17
6 RUISKULAITTEISTOT	18
6.1 Kuivaruiskutus	18
6.2 Märkäruiskutus	19
6.3 Yhdistelmätekniikat	19
7 INVESTOINTILASKENTA.....	21
7.1 Keskeiset komponentit investointilaskennassa	21
7.2 Investointilaskentamenetelmät	23
7.2.1 Takaisinmaksuaika	23
7.2.2 Laskennallinen pääoman tuotto	23
7.2.3 Sisäisen korkokannan menetelmä	24
7.2.4 Nykyarvomenetelmä ja suhteellinen nykyarvo.....	25
8 YRITYKSEN NYKYTILA	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.
8.1 Ruiskumassojen potentiaali yrityksen liiketoiminnassa Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.	
8.2 Ruiskumassat yrityksen tuotekehityksessä.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
9 RUISKULAITTEISTOJEN VERTAILU ..	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.
9.1 Takaisinmaksuaika.....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
9.2 Harkinnanvaraiset tekijät	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.

10 TULOKSET..... VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.

LÄHTEET7
LIITTEET

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Tulenkestäviin vuorauksiin kohdistuvat rasitukset (mukaiillen Makkonen 2016) **4**

TAULUKKO 2. Vuorausmateriaalien tärkeät ominaisuudet eri rasituksia vastaan (mukaiillen Makkonen 2016)..... **5**

TAULUKKO 3. Ruiskulaitteistojen investointilaskelmat **29**

TAULUKKO 4 Ruiskulaitteistojen harkinnanvaraisten tekijöiden vertailu **30**

..... **5**

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi kotimainen Bet-Ker Oy. Bet-Ker Oy on metalliteollisuuden parissa toimiva yritys, joka valmistaa tulenkestäviä materiaaleja ja rakenneosia pääsääntöisesti terästeollisuuden tarpeisiin. Yrityksen toiminta on keskittynyt Pohjoismaihin sekä Keski-Eurooppaan ja se on valmistanut tulenkestäviä massoja ja rakenneosia vuodesta 1977. (Bet-Ker Oy.)

Tämä opinnäytetyö käsittelee investointikartoitusta ruiskulaitteistosta, jota käytetään monoliittisten katusuorauksien asennuksissa. Opinnäytetyön päätehtävänä oli investointikartoituksen avulla etsiä markkinoilta sopivaa ruiskulaitteistoa yrityksen käyttöön. Investointitarve omalle ruiskulaitteistolle oli yrityksessä herännyt, koska sillä tuotettaisiin etua tuotekehitykselle, myynnille sekä asiakkaalle.

Investointivaihtoehtojen edullisuutta mitattiin investointilaskelmilla sekä harkinnanvaraisten tekijöiden huomioonottamisella. Markkinoilta saatavien laitteiden välillä suoritettiin siis vertailua muun muassa yrityksen arvostamien vaatimusten mukaisesti. Yrityksen nykytila myös esiteltiin investointitarpeen ymmärtämisen helpottamiseksi. Lopullisena tavoitteena oli yrityksen tarpeita vastaavan ruiskulaitteiston löytäminen. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tukea järkevän ja harkitun investoinnin tekemistä, jolla pystyttäisiin mahdollistamaan yrityksen toiminnan kasvattamista ja markkinaosuuksien lisäämistä.

Osa opinnäytetyön tuotoksista ovat salattuja. Salattavia kohtia ovat esimerkiksi investointilaskelmat ja niissä mukana olleet laitevalmistajat, osa yrityksen nykytilasta sekä muut liiketoiminnalle arkaluonteiset asiat. Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytettiin kirjallisten lähteiden analysointia, haastatteluja, yhteisöllisiä ideointeja sekä tarjouskyselyitä. Tutkimusmenetelmien tarkoituksena oli tuottaa tarvittu tieto, jotta pystyttiin vastaamaan yrityksen tarpeisiin ruiskulaitteistojen kanssa.

2 TULENKESTÄVÄT MATERIAALIT TERÄSTEOLLISUUDESSA

Tulenkestävien materiaalien merkitys teräksen ja raudanvalmistuksen prosesseissa on merkittävä. Prosessit vaativat korkeita lämpötiloja, mikä edellyttää tulenkestävien vuorauksien käyttöä sulaa metallia käsittelevissä prosessikohteissa. (Teräskirja 2014, 92.) Tulenkestävien materiaalien tehtävänä on eristää prosessissa kuuma terässula ja sen kaasut ympäristöstään (Härkki 2016, 1.) Teräs sulaa yli 1550 °C:n lämpötilassa, mutta iso osa sen mekaanisesta lujuudesta menetetään yli 500°C:n lämpötilassa. Tulenkestävillä materiaaleilla prosessissa käytettävien metallirakenteiden lämpötila pyritään pitämään alle 300°C:ssa. (Nivala 2015, 10.)

Perinteisesti tulenkestävät materiaalit voidaan nähdä ainutlaatuisina teollisuuden tuotteina. Niitä käytetään pääsääntöisesti perusteollisuudessa raudan, teräksen, lasin, sementin ja keramiikkojen valmistuksessa. Useimmissa tapauksissa kulutusvuoraukset ovat monimutkaisia useiden komponenttien yhdistelmiä, jotka ovat melko tuntemattomia suurelle yleisölle ja muille teollisuuden aloille. (Banerjee 1998, luku ”Preface”.)

2.1 Tulenkestävien materiaalien määritelmä

Materiaali luetaan tulenkestäväksi keraamiseksi aineeksi, mikäli se täyttää kansainvälisen ISO 1109-standardin määritelmät (Teräskirja 2014, 93.) Kulutusvuoraukset muodostuvat tulenkestävistä keraamisista materiaaleista, jotka säilyttävä sekä fyysiset että kemialliset ominaisuutensa korkeissakin lämpötiloissa. Tulenkestävien materiaalien määritelmän mukaan niiden tulee kestää vähintään 1500 °C:n lämpötiloja menettämättä ominaisuuksiaan. (Nivala 2015, 10.)

Materiaali voidaan määritellä erittäin tulenkestäväksi, kun se kestää yli 1830°C lämpötiloja. Eristysmateriaalit puolestaan voidaan määritellä tulenkestäviksi, kun ne kestävät yli 800°C lämpötilan. (Makkonen 2016, 2.) Tulenkestävillä materiaaleilla ei ole selkeää sulamispistettä, vaan puhutaan pehmenemisalueesta. Pehmenemisalueella jotkut tulenkestävän materiaalin komponentit alkavat sulamaan, minkä jälkeen materiaali alkaa menettää ominaisuuksiaan. (Nivala 2015, 10.)

2.2 Tulenkestäviin materiaaleihin liittyvät kustannukset

Tulenkestävä materiaali toimii aina osana suurempaa tulenkestävää konstruktiota, jota tulisi tarkastella laajana kokonaisuutena. Tulenkestävissä materiaaleissa usein unohdetaan kokonaisuus ja tarkastellaan ainoastaan materiaalin yksikköhintaa. Tulenkestävien materiaalien kustannukset voidaankin selkeästi jakaa suoriin ja epäsuoriin kustannuksiin. Materiaali- ja asennuskustannukset, kuivaus- ja ylöslämmityskustannukset, kunnossapitokustannukset, käyttöönottokustannukset, varastointi-, purku- sekä uudelleenkäyttökustannukset ovat kaikki suoria kustannuksia. (Härkki 2016, 1.) Ylöslämmityskustannuksilla tarkoitetaan niitä kustannuksia, jotka muodostuvat, kun tulenkestävä materiaali kuumennetaan vaadittuun käyttölämpötilaan. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi kaasukäyttöisillä kuumentimilla, joka on hyvin yleinen toimintatapa.

Äärimmäisen tärkeää, mutta huomattavasti haasteellisempaa on kyky ymmärtää ja erottaa epäsuorien kustannuksien merkitys tulenkestäviä materiaaleja valittaessa. Tulenkestävät materiaalit vaikuttavat usein selkeästi lopputuotteen laatuun, esimerkiksi terästuotannossa. Tulenkestävän materiaalin tulee olla luotettava, jotta vältetään esimerkiksi ei-toivotuilta ja suurista kustannuksista aiheuttavilta puhkeamilta. Joustavuus toimituksissa sekä materiaalin soveltuvuus eri käyttökohteisiin on myös hyvä ottaa huomioon. Edellä olevia voidaan tarkastella ja arvottaa talouden avulla, mutta mahdollisia tulenkestävien materiaalien aiheuttamia onnettomuuksia tai terveyshaittoja niiden parissa työskenteleville ihmisille ei kuitenkaan voida liiaksi korostaa taikka rahallisesti arvioida. (Härkki 2016, 1.)

3 TULENKESTÄVIIN MATERIAALEIHIN KOHDISTUVAT RASITUKSET

Käytön aikana tulenkestäviin materiaaleihin kohdistuu useita erilaisia rasituksia. Yhdessä nämä rasitukset aiheuttavatkin tulenkestävän vuorauksen kulumisen. Mineralogisen ja kemiallisen koostumuksen sekä tulenkestävän materiaalin fyysiologisten ominaisuuksien tulee vastata käyttöolosuhteiden vuoraukseen kohdistamia vaatimuksia. Jotta voidaan valita oikeat tulenkestävä materiaali, tulee tuntea käytettävissä olevien erilaisten materiaalien ominaisuudet sekä käyttökohteen luomat rasitukset. Oikeita tulenkestäviä materiaaleja valittaessa tuleekin ottaa huomioon muun muassa lämpötila reaktiotilassa, kemiallinen koostumus panosmateriaaleilla, lämpötilavaihtelujen määrä ja nopeus sekä vuorauksen läpi kulkeva lämpövirta. (Makkonen 2016, 2.)

TAULUKKO 5. Tulenkestäviin vuorauksiin kohdistuvat rasitukset (mukaillen Makkonen 2016)

Kemialliset rasitukset	Vuorausmateriaalin ja sulan kuonan väliset reaktiot
	Vuorausmateriaalin ja sulan metallin väliset reaktiot
	Vuorausmateriaalin ja atmosfäärin väliset reaktiot
Mekaaniset rasitukset	Staattinen ja dynaaminen kuormitus
	Väliaineen kuluttava vaikutus
Termiset rasitukset	Korkea lämpötila
	Jälkilaajenema ja -kutistuma sekä viruminen
	Lämpötilojen vaihtelut
	Sulan metallin tunkeutuminen vuorausmateriaaliin

Käytön aikana vuorauksiin kohdistuvat rasitukset voivat muuttua hyvinkin voimakkaasti prosessin edetessä esimerkiksi terässulan pinnanvaihtelujen seurauksena. Tavallisesti tulenkestäviin materiaaleihin käytön aikana kohdistuvat rasitukset voidaan jakaa mekaanisiin, kemiallisiin ja fysikaalisiin rasituksiin. Koska vuorauksiin kohdistuu useita erilaisia rasituksia, on tulenkestävien materiaalien valinta aina optimointikysymys. (Makkonen 2016, 2.) Usein vuoraukseen kohdistuvat rasitukset pystytään kuitenkin identifioimaan tehokkaasti, mikä helpottaa vuorauksien optimointia (Banerjee 1998, 219.)

TAULUKKO 6. Vuorausmateriaalien tärkeät ominaisuudet eri rasituksia vastaan (mukaillen Makkonen 2016)

Kemialliset rasitukset	Kemiallinen koostumus
	Mineraloginen koostumus
	Huokoskoko, huokoisuus ja sen niiden jakauma
	Kaasunläpäisevyys
	Kestävyys sulaa metallia, kuonaa ja kaasuja vastaan
Mekaaniset rasitukset	Puristuslujuus
	Hankauksenkestävyys
	Muodonmuutos- ja taivutuslujuus
	Kiintotiheys ja huokoisuus
Termiset rasitukset	Tulenkestävyys
	Tulenkestävyys kuormitettuna
	Painepehmeneminen
	Virumislujuus
	Lämpölaajeneminen
	Jälkilaajenema ja -kutistuma
	Lämmönjohtavuus
	Tiheys
	Ominaislämpö

3.1 Mekaaniset rasitukset

Tulenkestäviin vuorauksiin kohdistuvat mekaaniset rasitukset ovat seurausta staattisesta ja dynaamisesta kuormituksesta sekä väliaineen kuluttavasta vaikutuksesta (Makkonen 2016, 15). Mekaanisia rasituksia aiheutuu myös vuoraukseen kertyneiden sulan teräksen ja kuonan roiskeita poistettaessa, joka tapahtuu esimerkiksi kaivinkoneeseen asennetun hydraulivasaran avulla. Suurin vaikutus mekaanisilla rasituksilla on tulenkestäviin materiaaleihin matalissa lämpötiloissa, sillä lämpötilan kasvaessa ne saavuttavat enemmän plastisia ominaisuuksia (Lehtonen 2020, luku 4.)

Usein esimerkiksi vuorausmateriaalin omasta painosta aiheutuu staattisia puristuskuormituksia rakenteen alimpiin osiin. Dynaamisia kuormituksia vuoraukseen voi puolestaan aiheutua reaktorin liikkeiden kautta, mikä aiheuttaa vuoraukseen myös mekaanista väsymistä. Väärällä asennustavalla voi myös vaikuttaa vuoraukseen muodostuviin jännityksiin. (Makkonen 2016, 15.)

Panostuksen aikana romu, sula metalli tai molemmat kohdistavat vuoraukseen hankausta, iskuja ja eroosiota sulavirtausten kautta. Kiintoaineksen tai sulan voimakkaat liikkeet ja virtaukset voivat aiheuttaa reaktorissa nopeakin kulumista tulenkestävälle vuoraukselle. Sulavirtaukset voivat huuhtoa

pois joko itse vuorausta tai osan sen komponenteista. Tämä aiheuttaa kulumisen kautta jännitystiloja vuoraukseen, mikä voi johtaa murtumiin vuorauksessa. (Makkonen 2016, 15–16.)

Kun pyritään parantamaan mekaanisten rasituksien kestoja, vaikutetaan tulenkestävän materiaalin tiettyihin ominaisuuksiin. Näitä ominaisuuksia ovat puristuslujuus, hankauksenkestävyys, taivutus- ja muodonmuutoslujuus sekä huokoisuus ja kiintotiheys. Käytettävän reaktorin muodolla voidaan puolestaan vaikuttaa vuorusrakenteen mekaanisiin jännityksiin sekä virtausnopeuksiin sulilla ja kaasuilla. (Makkonen 2016, 16.)

3.2 Kemialliset rasitukset

Tulenkestävään materiaaliin kohdistuu myös kemiallisia rasituksia. Kemialliset rasitukset tapahtuvat vuorausmateriaalin ja sulan kuonan, vuorausmateriaalin ja sulan metallin tai vuorausmateriaalin ja atmosfäärin välillä. Kemiallisten rasituksien keston vaikutetaan kemiallisella ja mineralogisella koostumuksella, huokoisuudella, huokoiskoolla ja -jakaumalla, kaasunläpäisevyydellä. Siihen vaikutetaan myös parantamalla kestävyyttä sulaa kuonaa ja metallia tai kaasuja vastaan. Yleisesti kemiallista kulumista voidaan estää laskemalla reaktioalueen lämpötiloja tai valitsemalla mahdollisimman termodynaamisesti stabiili materiaali. (Makkonen 2016, 12.)

3.2.1 Sula kuona ja tulenkestävä vuorausmateriaali

Kuona aiheuttaa metallurgisissa prosesseissa yleensä eniten vuorauksien kulumista ja sillä on erilaisia tapoja reagoida tulenkestävän materiaalin kanssa. Kulumistapoja ovat esimerkiksi vuorauksen liukeminen kuonaan ja vuorauksen pinnalla tapahtuva erkaantuminen. Kuona voi usein myös tunkeutua vuorausmateriaalin huokosiin. Huokosiin tunkeutuessaan kuona reagoi tulenkestävän materiaalin kanssa tavallisesti tasapainotilaan asti, mikä voi aiheuttaa tilavuusmuutoksia vuorauksessa. Tilavuusmuutokset aiheuttavat materiaalin heikkenemistä ja tunkeutumiskerroksen mahdollisen kuoriutumisen pirstoutumisen seurauksena. (Makkonen 2016, 12–13.)

Vaikuttavin tekijä kuonan ja vuorausmateriaalin välisissä reaktioissa on niiden kemiallinen koostumus, jonka pohjalta reaktionopeuksia voidaankin päätellä. Yleisesti voidaan todeta, että emäksinen vuoraus-

materiaali kestää huonosti hapanta kuonaa ja toisinpäin. Koska sula kuona ja tulenkestävä vuorausmateriaali ovat rakenteeltaan samanlaisia, kuona voi liuottaa suuriakin määriä vuorausta. (Makkonen 2016, 13.)

3.2.2 Sula metalli ja tulenkestävä vuorausmateriaali

Sulan metallin ja vuorauksen väliset reaktiot pystytään jakamaan yhtäläisesti vuorauksen ja sulan kuonan välisten reaktioiden kanssa. Vuorausmateriaali voi siis kasvaa sulassa tapahtuvan erkaantumisen takia, liueta sulaan metalliin tai kohdata sulan tunkeutumista vuoraukseen. Komponenttien liukenemista vuorausmateriaalista sulaan metalliin tapahtuu, kun sulan happipitoisuus on pienempi kuin vuorauksessa olevan oksidin liukenemistasapainon mukainen happipitoisuus. Mikäli sulan happipitoisuus on vuorausta suurempi, ei liukenemista tapahdu. Tällöin sulasta voi erkautua kyseistä oksidia, jos sen kationeja on sulassa. (Makkonen 2016, 13–14.)

3.2.3 Atmosfääri ja tulenkestävä vuorausmateriaali

Kemiallista kulumista voi tapahtua myös reaktorin atmosfäärissä olevien kaasujen reagoidessa tulenkestävän vuorauksen kanssa. Tapahtumia atmosfääriin ja tulenkestävän materiaalin välillä ovat esim. hapettuminen ja pelkistyminen, hiilimonoksidin hajoaminen sekä hydratoituminen. Kaikki nämä reaktiot todennäköisesti heikentävät tulenkestävää vuorausta. (Makkonen 2016, 14.)

Tavallinen kulumismekanismi on vuorausmateriaalissa olevan hiilen hapettuminen, kuonankestävyyden heikkeneminen ja huokoisuuden lisääntyminen. Joidenkin vuorausmateriaalissa olevien komponenttien höyrystyminen ja siinä olevien rautaoksidien valenssimuutokset voivat heikentää ja rikkoa vuorausta. Vuorauksessa voi myös hiilen katalyyttisen erottumisen takia aiheutua niin suuria jännityksiä, että syntyy murtumia tai vuoraus voi hajota kokonaan. (Makkonen 2016, 14.)

3.3 Termiset rasitukset

Korkeat lämpötilat ja niiden vaihtelut voivat aiheuttaa vuoraukseen jännityksiä, joista aiheutuu halkeamisia tai hajoamisia. Näiden halkeamien ja termisten jännitysten sijainti riippuu usein lämpötilasta ja sen vaihtelusta, kuumennus- ja jäähdytysnopeudesta, lämmönjohtavuudesta ja lämpölaajenemisesta. Lämpölaajeneminen ja muutkin tekijät tulisi ottaa huomioon rakenteen suunnittelussa, johon vaikuttavat myös vuorausmateriaalin kuormitus ja muodonmuutoskäyttäytymisen sekä tiilimuodot. (Makkonen 2016, 14–15.)

Pehmenemislämpötila määrää usein tulenkestävien materiaalien korkeimman teoreettisen käyttölämpötilan. Prosessiolosuhteissa materiaaliin tulevat, sulamispistettä alentavat epäpuhtaudet ja käytössä tapahtuva viruminen sekä kutistuminen kuitenkin alentavat todellista käyttölämpötilaa. Lämpötilan noustessa tulenkestävä materiaali kokee hiljattaista pehmenemistä sulafaasin lisääntyessä, joka alentaa esimerkiksi materiaalin mekaanista lujuutta. (Makkonen 2016, 14–15.)

Kun tulenkestävä materiaali on pitkään korkeassa lämpötilassa, tapahtuu palautumattomia tilavuusmuutoksia sekä jälkikutistumaa tai -laajenemaa. Tämä johtuu muun muassa sintraantumisen jatkumisesta, uudelleenkiteytymisestä tai muutoksista faasikoostumuksessa. Halkeamat ja saumojen aukeamiset vuorauksessa aiheutuvat jälkikutistumasta. Suuri jälkikutistuma muuttaa rakenteen muotoa aiheuttaen riskin sortumiselle, mutta vähäisestä jälkikutistumasta voi kuitenkin olla hyötyä. Virumista puolestaan tapahtuu, mikäli materiaali on pitkään korkeassa lämpötilassa ja kuormitettuna. Virumisella tarkoitetaan ajan vaikutuksesta vakiopaineessa ja vakiolämpötilassa tapahtuvaa aineen muovautumista. (Makkonen 2016, 14–15.)

4 MONOLIITTISET TULENKESTÄVÄT MATERIAALIT

Monoliittiset tulenkestävät materiaalit ovat erilaisia tulenkestäviä massoja. Ne muotoillaan, kuivataan ja kuumennetaan käyttölämpötilaan usein hieman ennen käyttöönottoa tai vasta sen aikana. Ne eroavat siis suuresti niiden rinnalla käytettävistä tiilivuorauksista. Tapoja monoliittisten tulenkestävien materiaalien luokitteluun on monia, mutta yleisimmin materiaalit kuitenkin luokitellaan niiden fyysisten ominaisuuksien tai asennustavan mukaan. (Banerjee 1998, 1.)

Monoliittisten tulenkestävien massojen käyttö on lisääntynyt merkittävästi viimeisten vuosikymmenten aikana. Suomen terästeollisuudessa monoliittisten massojen osuus tulenkestävistä materiaaleista on nykyisin noin puolet. Tiilirakenteisiin verrattuna massojen käytöllä on monenlaisia asentamiseen, korjaamiseen, helppoutteen sekä kilpailukykyyn liittyviä etuja. (Teräskirja 2014, 94–95.)

4.1 Monoliittisten tulenkestävien materiaalien komponentit

Monoliittiset tulenkestävät materiaalit muodostuvat mekaanisesti toisiinsa sekoitetuista tulenkestävistä materiaaleista. Ne rakentuvat runkoaineesta, sidosaineista sekä lisäaineista, joita lisätään massoihin haluttujen ominaisuuksien mukaan. Ainesosien kokonaisuus muodostaa sekä kemiallisia että fysiologisia reaktioita niin käyttökohteeseen asennettaessa kuin esivalettuja rakenneosia tehtäessä. Merkittävin vaikutus monoliittisen tulenkestävän ominaisuuksiin on siihen valitulla runkoaineella. (Banerjee 1998, 7.)

Runkoaineet ovat usein sekä mekaanisesti lujia että tilavuudeltaan pysyviä. Runkoaineiden tärkeimmiksi ominaisuuksiksi voidaan luokitella niiden mineraloginen ja kemiallinen koostumus sekä raekokojakauma. Erilaisia tulenkestäviä massoja onkin siis lähes rajaton määrä, sillä kemiallinen ja mineraloginen koostumus runkoaineessa voivat vaihdella hyvin paljon. (Makkonen 2016, 4.) Runkoaine ei itsessään välttämättä ole materiaalin tulenkestävin komponentti, mutta se määrittää pitkälti materiaalin tulenkestävyyden. Raaka-aineita, joiden raekoko ylittää 0,05 millimetriä, voidaan yleensä pitää materiaalin runkoaineina. Yleisesti käytettyjä runkoaineiden raekokoja ovat 0–1 mm, 1–3 mm, 3–6 mm sekä 5–10 mm (Piippo 2022.)

Runkoaineen rakeiden sitoutuvat toisiinsa sideaineen avulla. Käytettävästä sideaineesta riippuu, muodostuuko materiaaliin keraaminen, kemiallinen, orgaaninen tai hydraulinen sidos. Kun tulenkestävä

materiaali saavuttaa käyttölämpötilansa, muodostuu siihen sintraantumisen takia lähes poikkeuksetta keraaminen sidos. Yleisimpiä käytettyjä sideaineita ovat fosfaatit, kalsiumaluminaattisementti, boori-happo, sulfaatit, sokerit sekä vesilasi. (Piippo 2022.) Käytettäessä orgaanisia sideaineita ovat esimerkiksi terva, hartsit tai piki (Makkonen 2016, 5.)

Tulenkestävien materiaalien ominaisuuksien hienosäädetään lisäaineiden avulla ja niillä voidaan parantaa esimerkiksi massojen asennettavuutta. Mahdollisten käytettävien lisäaineiden määrä on hyvinkin laaja. Lisäaineilla voidaan tarpeen mukaan esimerkiksi hidastaa tai nopeuttaa asennettavan massan kovettuvuutta. Voidaan myös lisätä tai vähentää juoksevuuutta, tarttuvuutta tai vaikkapa kuonan kestoa. Lisäaineita käytetäänkin siis hyvin paljon ja useisiin eri tarkoituksiin. Käytetyt lisäaineet ovat kuitenkin useimmin salaisia, joten niistä on hyvin vaikeaa saada tietoa tulenkestävien materiaalien valmistajilta. (Makkonen 2016, 5.)

Huokokset vaikuttavat voimakkaasti tulenkestävän materiaalin käyttäytymiseen. Niiden merkitys voi olla jopa kemiallista ja mineralogista koostumusta suurempi. Materiaalin eristyskyky on sitä parempi, mitä enemmän huokosia on. Vastaavasti materiaalin lujuus taas heikkenee sitä mukaa, kun huokoisuus kasvaa. On olemassa kolme erilaista huokostyyppiä, jotka ovat suljetut, avoimet ja avoimet läpivirtaukselliset huokokset. Esimerkiksi suuri määrä avoimia huokosia lisää materiaalin kemiallisille reaktioille altistuvaa pinta-alaa, joka nopeuttaa sen tuhoutumista. (Makkonen 2016, 5–6.) Suuri huokoisuus myös lisää esimerkiksi sulan teräksen tunkeutumaa vuoraukseen, joka nostaa voimakkaasti tulenkestävän vuorauksen lämmönjohtavuutta (Nivala 2022.)

4.2 Monoliittisten tulenkestävien materiaalien asennustavat

Monoliittisten tulenkestävien materiaalien puhutaan asennustavan mukaan esimerkiksi valumassoista, kuivamassoista, ruiskumassoista tai slammaus- ja sivelymassoista. (Banerjee 1998, 2.) Usein käyttökohteet ja asennustapa määrittelevät voimakkaasti toisiaan. Näin ollen tiettyihin käyttökohteisiin valikoituu usein kohteeseen parhaimman asennustavan omaavat massat.

Valumassat toimitetaan kuivina materiaalien seoksina, joihin vesi tai muu nestemäinen lisäaine lisätään asennuspaikalla. Materiaali asennetaan kohteeseen valamalla joko erillisestä suppilosta tai suo-

raan sekoittajasta esimerkiksi ränniä pitkin. Heti valamisen jälkeen massa täryytetään, jotta se asentu-
vuus on mahdollisimman hyvä ja esimerkiksi liialliset ilmakuplat poistuvat massasta. (Banerjee 1998,
2–3.)

Pumppumassojen toimitus ja vedenlisäys on valumassojen kaltainen. Ne asennetaan kohteeseen kui-
tenkin pumppaamalla, joka on menetelmänä joskus valamista nopeampi. Massa toimitetaan siis sekoit-
tajasta suoraan kohteeseen esimerkiksi kaksoissylinteripumpun avulla. Pumppumassat ovat myös itse-
valuvia, joten ne eivät tarvitse täryytystä juoksettuakseen. Niiden asennus vaatiikin siis hieman vähem-
män aikaa ja työvoimaa. (Banerjee 1998, 3.)

Plastiset massat ovat käyttövalmiita massoja, jotka eivät vaadi veden tai muiden materiaalien lisäystä.
Ne toimitetaan muovailtavaan muotoon valmistettuna ja voidaan muovattavuutensa vuoksi asentaa lä-
hes mihin ja miten tahansa. Massa asetetaan haluttuun kohteeseen, minkä jälkeen se nuijitaan tiiviiksi
muodoksi manuaalista tai pneumaattista nuijaa käyttämällä. (Banerjee 1998, 3.) Tyypillisiä käyttökoh-
teita plastisten massojen käytölle ovat esimerkiksi erilaiset eristysvuorausten paikkaukset tai rakojen
tiivistämiset ennen valu- tai pumppumassojen käyttöä.

Tampattavat massat ovat usein kuivia rakeisia asennusvalmiita massoja, jotka kaadetaan asennuskoh-
teeseen. Massaa lisätään asennuskohteeseen kerroksittain niin, ettei kerralla lisättävän massan määrä
ylittäisi 100–125 mm:n paksuutta. Jokainen massakerros tiivistetään tamppaamalla, joka voidaan tehdä
esimerkiksi paineilmakäyttöisellä tamppauskoneella. Saavutettavan lopputuloksen tulisi olla tiivis,
kiinteä ja yhtenäinen. (Banerjee 1998, 3.)

Myös ruiskumassat ovat rakeisia ja kuivana toimitettavia. Ne asennetaan käyttämällä ruiskulaitteistoja,
joissa materiaali kuljetetaan paineilman avulla. Materiaali kuljetetaan suppilosta letkua pitkin sen
päässä olevalle suuttimelle, jossa vesi lisätään. Suuttimesta massa ruiskutetaan haluttuun asennuskoh-
teeseen. Lopputulos riippuu usein ruiskua käyttävän operaattorin kokemuksesta, sillä veden määrää
säädellään manuaalisesti läpivirtaavan massan suhteen. (Banerjee 1998, 4.) Tässä opinnäytetyössä
ruiskumassoihin syvennyttään tarkemmin.

Tulenkestäviä laasteja voidaan toimittaa joko asennusvalmiina tai kuivina, veden lisäyksen vaativina
seoksina. Laastien asennetaan käyttökohteeseen yleisimmin slammaamalla. (Banerjee 1998, 4.)
Slammauksella tarkoitetaan ohutrappausta, jossa pinta käsitellään ohuesti esimerkiksi sementtilaastilla

(Urakkamaailma.) Yleinen käyttökohde tulenkestävillä laasteilla on esimerkiksi eristystiilien kiinnittäminen toisiinsa ja senkan metallikuoren sisäpintaan. Senkka on yleisesti käytetty metallinen tulenkestävän vuorauksen sisältävä suuri astia esimerkiksi teräksen kuljettamiseen prosessikohteesta toiseen.

Kuivamassojen käyttö on yleistä erityisesti välialtaiden pinnoitusratkaisuissa. Ne asennetaan nimensä mukaisesti kuivana ja ne asennetaan taustavuorauksen ja muotin väliin. Massan kovettumiseen hyödynnetään ulkoisesti tuotettua tai välialtaan taustavuoraukseen varautunutta lämpöä. Useimmiten ne ovat kertakäyttöisiä ja uusittava jokaisen käyttökerran jälkeen. (Bet-Ker Oy.) Väliallas on usein teräsulaton viimeinen prosessikohde teräksen valmistusprosessissa, josta sula teräs valetaan aihioiksi.

4.3 Monoliittisten tulenkestävien materiaalien vahvuudet ja heikkoudet

Massojen monien etujen vuoksi niiden osuus tulenkestävien materiaalien joukossa on kasvanut. Massojen käytöllä saavutetaan saumaton ja yhtenäinen rakenne, josta saadaan nimitys monoliittiset tulenkestävät materiaalit. Muut edut liittyvät esimerkiksi asennuksiin, varastointiin ja kuljetuksiin, hintaan, kestoikään ja suureen määrään asennusmahdollisuuksia. (Makkonen 2016, 39.)

Koska massat eivät tarvitse etukäteistä muotoilua, kuivausta tai polttoa, niiden toimitukset ovat tiilivuorauksia nopeampia. Tiilivuorauksia käytettäessä myös tarvitaan useita eri tiilimalleja vuorauksen aikaansaamiseksi. Massoilla sama vuoraus voidaan toteuttaa yhdellä tuotteella, jolloin myös varastokapasiteettia vapautuu muuhun käyttöön. (Banerjee 1998, 1.) Varastokapasiteettiä pystytään vapauttamaan myös siilokuljetuksia hyödyntämällä, sillä siiloissa varastointi tapahtuu yleensä korkeussuunnassa. Tällöin lattiapinta-alaa vapautuu muuhun käyttöön. Siilokuljetukset myös vähentävät pakkausjätteen määrää ja tuovat tehokkuutta toimitusketjuun. (Nivala 2022)

Usein asennukset ovat massoja käytettäessä helpompia ja yksinkertaisempia tiilivuorauksiin verrattuna. Esimerkiksi monimutkaisten vuorausten rakentaminen tiiliä käyttämällä vaatii usein enemmän aikaa ja paljon kokenutta työvoimaa. Massoja käytettäessä myös asennustapoja on monia, joten usein voidaan valita optimaalisin asennustapa käyttökohteen mukaan. (Banerjee 1998, 2.)

Massojen käyttö mahdollistaa myös korjauksien tekemisen. Monoliittisiä vuorauksia voidaan korjata tai uusia paikallisesti ilman, että koko tulenkestävä rakenne vaarantuu. (Banerjee 1998, 2.) Massoja

käyttämällä voidaan tehdä esimerkiksi välikorjauksia jo käytössä olleelle monoliittiselle tulenkestävälle vuoraukselle, jolloin sen pinta uusitaan uudella massalla. Niillä voidaan tehdä korjauksia myös tiilirakenteisiin tai ylläpitää ja pitkittää kampanjapituuksia. Kampanjapituudella tarkoitetaan tulenkestävän vuorauksen elinikää prosessikäytössä.

Monoliittisten tulenkestävien käyttö tuo mukanaan myös enemmän huomioitavia seikkoja. Esimerkiksi esimuotoiltuihin, kuivattuihin ja poltettuihin tiliin verrattuna massojen pituudenmuutokset tapahtuvat vasta käyttökohteeseen asentamisen jälkeen. Materiaali myös kuivataan ja vesi poistetaan vasta asennuksen jälkeen, joten kuivaimet ja niiden toimivuus on ensiarvoisen tärkeää. (Makkonen 2016, 38.) Epäonnistunut kuivaus voi johtaa esimerkiksi monoliittisen tulenkestävän vuorauksen halkeamiseen, jolloin se joudutaan mahdollisesti purkamaan jo ennen käyttöä.

5 RUISKUMASSOJEN KÄYTTÖ TULENKESTÄVINÄ MATERIAALEINA

Monoliittisia tulenkestäviä vuorauksia valmistettaessa alkuperäisten vuorauksien valmistukseen käytetään yleensä valu- ja pumppumassoja, tamppimassoja sekä plastisia massoja. Uusien kulutusvuorauksien tekeminen vie kuitenkin usein enemmän aikaa kuin niiden korjaaminen ruiskumassoilla. Useimmin ruiskumassojen käytön tarkoitus onkin olemassa olevan kulutusvuorauksen eliniän kasvattaminen seuraavaan seisakkiin tai vuorauksen uusimiseen saakka. (Banerjee 1998, 181.)

Joissain prosessikohteissa tulenkestävän vuorauksen kampanjapituus ja sen asennuskustannukset ovat päätekijä tulenkestäviä vuorausmateriaaleja valittaessa, kun taas toisessa tapauksessa vuoraus korjataan prosessin käydessä tai vain lyhyen seisokkiajan sisällä. Molemmista tapauksista juuri ruiskumassojen käyttäminen muodostuu usein ilmiselvimmäksi valinnaksi. (Banerjee 1998, 181.)

Ruiskumassat olisi hyvä suunnitella toimivaksi mahdollisimman monessa käyttökohteessa. Niiden tulisi myös olla hyvin kostuvia ja toimia mahdollisimman laajalla vesimäärällä. Yleisesti voidaan sanoa, etteivät ruiskumassojen ominaisuudet useinkaan yllä muiden monoliittisten tulenkestävien materiaalien tasolle. Niiden merkittävimpänä ominaisuuksina onkin juuri asennusnopeus ja asennuksen helppous, minkä kautta pystytään vähentämään esimerkiksi seisokkiaikaa. (Banerjee 1998, 181–182.) Yleisesti voidaan myös todeta, etteivät hyvät ruiskumassat sovellu käytettäväksi valu- tai pumppumassoina (Vert 2016, 145.)

5.1 Ruiskumassojen asennus ja käyttö

Ruiskumassat ovat monoliittisia tulenkestäviä massoja, jotka ovat suunniteltu asennettavaksi paineilmaa hyödyntäviä ruiskulaitteistoja käyttäen. Ruiskumassoja käytettäessä massa toimitetaan paineilman avulla ruiskun suuttimelle, jossa vesi useimmiten lisätään. Ruiskulaitteistoja ja niiden toimintatapoja on monia ja niillä kaikilla pyritään luomaan homogeenisia ja kompakteja vuorauksia, ilman työsauvoja tai halkeamia korkeaa painetta ja nopeutta hyödyntäen. Onnistuminen ruiskumassojen asennuksessa riippuu usein veden ja massan suhteesta sekä sekoittumisesta. (Banerjee 1998, 181.)

Ruiskumassojen asennuksessa on tiettyjä tavoitteita, joihin tulisi pyrkiä. Ruiskutuksen lopputuloksena tulisi saavuttaa tiivis ja yhtenäinen tulenkestävä vuoraus. Itse massan käytön aikana tulisi pyrkiä parhaaseen mahdolliseen tarttuvuuteen, joka tarkoittaa mahdollisimman vähäistä materiaalin kimpoilua. Aiemmat tavoitteet täyttämällä tulisi aikaansaada vuoraus, jolla on paras mahdollinen kestävyys. (Vert 2016, 146.)

5.2 Lopputulokseen vaikuttavat tekijät

Onnistunut ruiskumassan käyttö sisältää yleensä neljä osa-aluetta. Näitä osa-alueita ovat materiaalin määrä sekä tyyppi, ruiskutettavan pinnan laatu sekä itse asennus. Materiaalin optimaalinen määrä on tärkeää, koska liian vähäisellä materiaalilla ruiskutuksien määrä kasvaa ja seisokkikerrat tihenevät. Käytettäessä liiallisesti materiaalia muodostuu riski vesihöyryn pakkautumiseen vuorauksen sisään sen kuivuessa, joka voi johtaa materiaalin irtoamiseen tai lohkeamiseen. Tarvittava materiaalin määrä voidaan selvittää laskemalla ensiksi ruiskutettavan alueen tilavuus ja kertoa sillä käytettävän massan tiheys. (Vert 2016, 146.)

Aina käyttökohteen mukaan tulee ruiskumassan runkoaine ja sidostyyppi olla valittuna oikein. Käytettävä runkoaine ja sidostyyppi määräytyvät yleisimmin kohteessa olevan kuonan ja alkuperäisen vuorauksen kemian mukaan. Yleisimmät ruiskumassoissa käytetyt runkoaineet ovat MgO, MgO-C, alumiinat sekä dolomiitti. (Vert 2016, 149.)

Pinnanlaadulla on tärkeä merkitys ruiskumassoja asennettaessa. Pinnan lämpötila vaikuttaa käytettävän massan sidostyyppin valintaan. Ruiskumassat ovat voitu suunnitella käytettäväksi vain tietyissä lämpötiloissa, joten ruiskutettavan pinnan lämpötila voidaan tarkastaa esimerkiksi infrapunalämpömittarilla. Mahdolliset epäpuhtaudet ruiskutettavalla pinnalla vaikuttavat myös massan toimivuuteen ja käytettävyyteen. Ruiskutettaessa esimerkiksi kuonapeitteisen tiilivuorauksen päälle irtoaa ruiskumassa todennäköisesti jo ensimmäisen sulatuksen aikana, mikä johtuu kuonan matalasta sulamispisteestä. (Vert 2016, 149.)

Suuremmalla pinnankarheudella vaikuttaa positiivisesti ruiskutettavan vuorauksen lopputulokseen. Ruiskutettavan massan tarttuessa paremmin karheammalle pinnalle se myös pysyy asennettuna pidem-

pään. Myös massan niin sanottua lukittumista ruiskutettavalle pinnalle edesauttavat pinnalla olevat pienet kolot ja lohkeamat. Massan täyttäessä kolon ruiskutettavalla pinnalla se lukkiutuu paremmin korjattavalle pinnalle, mikä vähentää mahdollisuutta irti lohkeamiselle. (Vert 2016, 149)

Ruiskumassojen asennuksen aikana on muuttujia, joita operaattorin eli ruiskun käyttäjän tulee pystyä kontrolloimaan. Asennuksessa tulisi sekä ruiskulaitteen että paineilman asetukset pystyä säätämään tilanteeseen sopiviksi. Kyseisiä asetuksia ovat esimerkiksi ruiskutuksessa käytettävien letkujen pituus ja halkaisija sekä käytetty ilmanpaine ja ilmamäärän virtaus. Asetusten ollessa kohdallaan tulee operaattorin vielä pystyä manuaalisesti säätämään vesimäärä riittävälle tasolle suhteessa massan virtaukseen. Operaattori myös määrittelee ruiskutuskulman ruiskutettavaan pintaan nähden, joka parhainta lopputulosta tavoiteltaessa tulisi olla 90 astetta. Mikäli ruiskutetaan yli 100 mm:n vahvuisia vuorauksia, tulisi ruiskutuskulman olla noin 45 astetta (Johansson 2016, 26.) Operaattorin toiminnalla ja ammattitaidolla on suuri merkitys valmistuvaan lopputulokseen. (Vert 2016, 145–147.)

Mikäli esimerkiksi ruiskun syöttöteho on säädetty väärin, materiaali saattaa kimpoilla tai ruiskutettavan massan kosteus on riittämätön. Pölyämisen määrä myös lisääntyy merkittävästi liian kuivaa massaa ruiskutettaessa. Vesimäärän voidaan sanoa olevan sopiva, kun massa saavuttaa plastisia ominaisuuksia muttei silti menetä sitovuuttaan liiallisen veden vuoksi. (Vert 2016, 146.)

Usein tulenkestävien materiaalien käyttö vaatii kuitenkin aina kompromisseja. Laadukkaat materiaalit yhdistettynä laadukkailla välineillä varustettuihin kokeneisiin ja koulutettuihin asentajiin ovat usein avaintekijöitä onnistuneisiin asennuksiin. Näistä tekijöistä jonkin puuttuminen johtaa todennäköisimmin heikompaan lopputulokseen. (Vert 2019, 149.)

5.3 Yleisimmät käyttökohteet

Yleisiä ja suurimpia ruiskumassojen käyttökohteita ovat masuunien vuoraukset, BOF-konvertterit, valokaariuunit sekä välialtaat. Näistä masuunien, BOF-konvertterien ja valokaariuunien osalta ruiskumassan käytön pääsyynä on alkuperäisen tulenkestävän vuorauksen ylläpitäminen. Kaikissa kohteissa ruiskutus voi tapahtua joko manuaalisesti tai ruiskutusrobotia hyödyntäen. Ruiskutusrobotin käytön tuoma etu on korkeampi mahdollinen lämpötila prosessikohteessa ruiskutuksen aikana. (Banerjee 1998, 189–191.)

Jatkuvavalun kautta teräksen valmistukseen on tullut johdonmukaisempaa, ympäristöystävällisempää sekä vähemmän työvoimaa vaativaa. Jatkuvavalussa hyödynnetään välialtaita, joiden merkittävä rooli teräksen laadukkuudessa ja puhtaudessa on viime vuosina ymmärretty. Ja yksi vaihtoehto välialtaassa käytettävälle kulutusvuoraukselle on magnesiapohjainen ruiskumassa, jolla tehdään 25–40 mm:n vahvuisia tulenkestäviä vuorauksia. Välialtaan kulutusvuorauksen tehtävänä on suojata tiilistä tai valumasasta tehtyä taustavuorausta, olla vaikuttamatta kemiallisesti teräkseen sekä helpottaa vanhan vuorauksen ja kiinni tarttuneen teräksen poistamista valujen jälkeen. (Banerjee 1998, 191–192.)

5.4 Ruiskumassojen vahvuudet ja heikkoudet

Ruiskumassojen käytön etuja ovat mahdollisuus hätäkorjauksiin, muotiton asennus, pinnan käsittelyt sekä koneellistuminen ja työvoiman säästöt. Hätäkorjauksien teko ruiskumassoilla ei vaadi prosessi-kohteen lämpötilojen laskemista ja korjaukset voidaan tehdä missä lämpötiloissa tahansa. Hätäkorjauksia tehtäessä tulee aina toimia turvallisesti ja vallitsevien olosuhteiden mukaisesti. (Ishikawa 1998, 257.)

Muotiton asennus mahdollistaa hyvin monimutkaisten rakenteiden valmistamisen yksinkertaisesti, kuten esimerkiksi kattopintojen ruiskutuksen alhaalta päin. Mahdollisten käyttökohteiden kirjo on kuitenkin hyvin laaja. Ruiskumassat voidaan myös asentaa lähes poikkeuksetta mille tahansa pinnalle ja millä tahansa materiaalivahvuudella. (Ishikawa 1998, 257.)

Robottiikka ja automatiikka on saavuttanut myös ruiskumassojen asennuksen. Ruiskumassojen käyttö ja asennus on siis koneellistunut ja nykyisin voidaan pärjätä hyvin vähäiselläkin työvoimalla. Automatiikka ruiskumassojen asennuksessa on siirtänyt operaattorin asentajan roolista valvojaksi. Automatisoidun ruiskutuksen valvontaan kuuluu muun muassa nokan liikkeiden valvonta, vuorauksen vahvuuden tarkastaminen sekä ruiskutuksessa käytettävien laitteistojen huoltaminen. (Ishikawa 1998, 257.)

6 RUISKULAITTEISTOT

Ruiskumassojen asennuksessa käytettävät laitteistot poikkeavat huomattavasti muiden monoliittisten tulenkestävien vuorausten asennuksesta. Käytettävä ruiskutustekniikka luokitellaan useimmin joko märkä- tai kuivaruiskutukseksi. Ruiskutustekniikan nimi määräytyy sen mukaan, missä veden lisääminen massaansa tapahtuu. Yhdistelmätekniikoita on myös kehitetty, joissa on pyritty yhdistämään molempien tekniikoiden hyviä puolia. Ruiskumassoja onkin paljon kehitetty vastaamaan käytettävissä olevia laitteistoja sekä tekniikoita. (Ishikawa 1998, 250.)

6.1 Kuivaruiskutus

Kuivaruiskutuksessa materiaalin kuljetetaan paineilman avulla. Materiaali kuljetetaan kuivana letkua pitkin ruiskulaitteiston letkun suuttimeen. Vesi lisätään massaansa vasta suuttimessa, josta massa ruiskutetaan märkänä kohteeseen. Kuivaruiskutuksessa käytettävät tekniikat luokitellaan sen mukaan, miten massa kuljetetaan ruiskulaitteesta letkuun. (Ishikawa 1998, 250.)

Air-Jet-säiliöllä eli painesäiliöllä varustetut ruiskulaitteistot käyttävät materiaalin kuljettamiseen laitteistosta suuttimelle pelkästään paineistettua ilmaa. Ilma paineistetaan säiliöön massan kanssa, josta se puhalletaan kuivana ja suurella nopeudella letkun kautta suuttimeen. Vesi lisätään suuttimessa, josta materiaali ruiskutetaan suurella nopeudella ruiskutettavaan pintaan. Kyseisten ruiskulaitteistojen toimintaperiaate on siis hyvinkin yksinkertainen. (Ishikawa 1998, 250.)

Syöttöpyörä toimisessa ruiskulaitteistossa massa panostetaan painesäiliöön siilon kautta. Painesäiliöstä massa syötetään letkuun sähkö- tai paineilmatoimisen moottorin avulla. Letkussa massa syötetään paineilman avulla suuttimelle, jossa vesi lisätään. Aiemmin jatkuvatoimiset syöttöpyörälaitteistot oli varustettu kahdella painesäiliöllä. Panostuksien välissä pysäytettävät ruiskulaitteistot olivat puolestaan yhdellä painesäiliöllä varustettuja. Nykyisin on kuitenkin kehitetty yhdellä painesäiliöllä varustettuja jatkuvatoimisia ruiskulaitteistoja. (Ishikawa 1998, 251.)

Niin kutsutussa revolveritoimisessa ruiskulaitteistossa materiaali syötetään avoimesta siilosta sekoittajan avulla paineistettuun säiliöön. Tiivistetty roottori syöttää materiaalin eteenpäin letkuun, josta se

syötetään paineilman avulla suuttimeen. Vesi lisätään jälleen suuttimessa, josta massa ruiskutetaan haluttuun kohteeseen. (Ishikawa 1998, 251.)

6.2 Märkäruiskutus

Märkäruiskutustekniikassa vaaditaan usein sekoittaja. Tavallisesti käytetään yhdessä sekoittajaa ruiskutettavan massan valmistukseen, joka sitten ruiskutetaan erillisellä märkäruiskutuslaitteistolla. Joissain laitteistoissa sekoittaja voi olla sisäänrakennettuna itse ruiskulaitteistoon. Ruiskutettava materiaali kuljetetaan esiseoksena suuttimeen, josta se ruiskutetaan kohteeseensa paineilmaa hyödyntäen. Materiaalin kuljetukseen on käytössä kaksi menetelmää, jotka ovat paineilma- tai pumpputekniikka. (Ishikawa 1998, 252.)

Paineilmasyöttöinen tekniikka muistuttaa paljolti kuivaruiskutustekniikoita. Materiaalin syötetään suuttimen kautta kohteeseen siis paineilman avulla. Poikkeuksena kuivaruiskutustekniikoihin vettä ei enää lisätä suuttimessa. (Ishikawa 1998, 252.)

Paineilmasyöttöisten laitteistojen lisäksi on käytössä myös pumpputoimisia laitteistoja. Näissä laitteistoissa massa kuljetetaan letkun läpi suuttimeen pumppaamalla. Suuttimeen on kytkettynä paineilma, jonka avulla materiaali ruiskutetaan. (Ishikawa 1998, 250.)

6.3 Yhdistelmätekniikat

Sekä märkä- että kuivaruiskutustekniikoissa on molemmissa hyviä ja huonoja puolia. Tästä syystä onkin kehitetty yhdistelmätekniikoita, joilla on pyritty tuomaan esiin parhaat ominaisuudet molemmista tekniikoista. Yhdistelmätekniikoita voidaan kutsua joko märkäruiskutukseksi, kuivaruiskutukseksi tai semiwet-tekniikaksi, jolle ei ole suoraa suomennosta. Nimetään veden lisäyksen ja käytettävän laitteiston mukaan.

Yhdistelmätekniikan etuna on mahdollisuus ruiskutettavan materiaalin esikostutukseen sekä veden, kiihdyttimen ja matriisin lisäämiseen. Vaikka vesi lisätäänkin suuttimessa, materiaalin esikostuttaminen sekoittajassa vähentää ruiskutuksen aikaista pölyämistä merkittävästi. Sekoittajassa ruiskutettavaan

materiaaliin pystytään myös lisäämään ominaisuuksia parantavia komponentteja. Sekoittaja tuo mahdollisuuden lisätä massaan esimerkiksi hienojakoista pölymäistä materiaalia pidemmän sekoitusajan vuoksi. Massan jähmettymistä voidaan myös nopeuttaa lisäämällä siihen kiihdytintä joko sekoittajassa tai suuttimessa. (Ishikawa 1998, 254.) Kiihdyttimellä tarkoitetaan lisäainetta, joka nopeuttaa massan jähmettymistä kiihdyttämällä sen kemiallisia reaktioita.

7 INVESTOINTILASKENTA

Tyypillisissä ominaispiirteitä investoinneille ovat pitkäaikaiset kestot, suuri sitoutunut pääoma, laajat vaikutukset, epävarmuus ja niillä voi usein myös olla peruuttamaton vaikutus yrityksen toimintaan. Investoinnin myyminen voi olla vaikeaa ja peruminen mahdotonta, joten kassavirtoja laskettaessa tulee noudattaa erityistä tarkkuutta. Investoinnin epäonnistuessa se voi kulkea yrityksen taakkana useita vuosia. (Ikäheimo, Malmi & Walden 2016, 164.)

Täydellinen kassavirtojen tunnistaminen ja tulevaisuuden ennustaminen on kuitenkin mahdotonta. Siksi investoinneissa onkin usein tärkeää keskittyä oleellisiin osatekijöihin, joilla on merkittävin vaikutus investoinnin hyvyteen. Esimerkiksi tuottojen ja kustannuksien sekä niiden välisten suhteiden ennustamistarkkuus on tärkeää ratkaista investointilaskemia tehtäessä. Investoinnin todelliset vaikutukset voivatkin usein olla virheellisiä, mikäli näkymä on suppea ja rajoittunut. (Ikäheimo ym. 2016, 163.)

Investointeja koskevissa päätöksentekotilanteissa voidaan usein hyödyntää erilaisia investointilaskelmia. Tyypillinen kohde on koneinvestointi, kun tarkoituksena on arvioida sen taloudellista kannattavuutta. Päätöksentekotilanteita on kuitenkin monia ja usein ne voidaan jakaa seuraavasti; toisensa pois sulkevien investointien vertailu, yksittäisten investointien vertailu sekä itse valmistaminen vaiko ostaminen. Päätöksentekotilanne vaikuttaa aina siihen, miten investointia arvioidaan. (Ikäheimo ym. 2016, 167.)

7.1 Keskeiset komponentit investointilaskennassa

Arvioitaessa yksittäisten investointien hyvyttä tai vertailtaessa useiden investointien paremmuutta avainasemassa ovat tällöin investointilaskemien eri tekijät. Yleisesti ottaen näitä investointilaskelmien keskeisimpiä komponentteja ovat hankintameno, jäännösarvo, nettokäyttöpääoma, vuotuinen kassavirta, laskentakorkokanta, investoinnin pitoaika sekä kassavirtojen epävarmuus. Vain kassavirroilla on merkitystä investoinnin kannattavuutta laskettaessa, joten mukana ei ole esimerkiksi poistoja, elleivät ne vaikuta yrityksen veronmaksuun. (Ikäheimo ym. 2016, 169.)

Investoinnin aiheuttamaa taloudellista uhrausta kutsutaan hankintamenoksi. Tämä voi koostua hyvin monenlaisista eristä, kuten laitteiston hankkimisesta, markkinatutkimuksesta, kiinteistön rakentamisesta tai henkilökunnan koulutuksesta. Puolestaan varastoissa, kassassa ja ostoveloissa, myyntisaatavissa tapahtuvilla muutoksilla tarkoitetaan nettokäyttöpääomaa. Nettokäyttöpääoma sitoutuu siis investoinnin koko ajaksi, toisin kuin hankintameno. Nettokäyttöpääomaa sitoutuu, koska varmistettaessa käynnistetty toiminta tulee olla raaka-aineiden, puolivalmisteiden sekä valmiiden tuotteiden varastointitarve kasvamaan. (Ikäheimo ym. 2016, 171.)

Investoinnin tuotantovaiheessa muodostuvat kassatulot ja -menot synnyttävät vuotuiset nettokassavirrat. Esimerkiksi myynnit ja kustannussäästöt synnyttävät positiivisia nettokassavirtoja, kun taas henkilöstön palkkamenot, poltto- ja raaka-aineet sekä laitteiston korjaukset ja virheet synnyttävät negatiivisia kassamenoja. Tätä investoinnin tuottavan toiminnan ajanjaksoa kutsutaan pitoajaksi. Investoinnin pitoajan pituuteen on useita vaikuttavia tekijöitä, kuten pitoaikaa rajoittava laitteen tai koneen fyysinen ikä. Laitteiston tekninen riittävyys moderniin tuotantotoimintaan vaikuttaakin usein sen pitoajan määrittelyyn. Pitoaika ja ajanjakso kassavirtojen tarkasteluun on kuitenkin yrityksissä usein ennalta määritetty. (Ikäheimo ym. 2016, 171–172.)

Kun investointi on täysin palvellut, jää jäljelle osa hankintamenosta, jota kutsutaan jäännösarvoksi. Pitkien pitoaikojen takia jäännösarvon arvioiminen on usein vaikeaa ja sen oletetaan usein olevan arvoton, joskus jopa negatiivinen. Negatiivisuus voi aiheutua esimerkiksi sen ollessa ongelmajätettä. Investoinnin päättyessä siihen sitoutunut nettokäyttöpääoma vapautuu. (Ikäheimo ym. 2016, 172.)

Arvioitaessa investointeja tulisi kaikki kassavirrat pyrkiä saamaan keskenään vertailukelpoisiksi. Tämä tapahtuu siirtämällä kassavirtoja ajankohdasta toiseen ja silloisella rahan aika-arvolla tarkoitetaan laskentakorkokantaa. Jos kassavirtoja siirretään tulevaisuudesta nykyhetkeen, puhutaan diskonttaamisesta ja toisinpäin tehtäessä prolongoinnista. Tulevaisuudessa saataviin kassavirtoihin liittyy aina epävarmuutta, joka tulisi ottaa huomioon investoinnin tuottovaatimuksessa. Kassavirtojen epävarmuus voidaan toki huomioida muutenkin, kuten tekemällä herkkyysanalyysijä investointilaskelmissa. Herkkyysanalyysin tekeminen tapahtuu muuttamalla jonkun komponentin, kuten hankintamenon arvoa ja tarkastella muutoksella olevaa vaikutusta investoinnin tuottamaan hyötyyn. (Ikäheimo ym. 2016, 172–173.)

7.2 Investointilaskentamenetelmät

Investointien vertailuun voidaan käyttää erilaisia investointilaskelmia. Menetelmiä on useita erilaisia ja niiden ominaisuudet poikkeavat huomattavasti keskenään. Myös laskelmien lopputuloksissa saattaa olla ratkaisevia eroavaisuuksia. Karkeasti ottaen menetelmän voidaan jaotella rahan aika-arvon huomioon ottaviin ja sen huomioimatta jättäviin. (Ikäheimo ym. 2016, 173.) Seuraavaksi on tarkasteltu erilaisia menetelmiä, joissa rahan aika-arvo joko on tai ei ole otettu huomioon.

7.2.1 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika on sekä Suomessa että kansainvälisissä yrityksissä yksi yleisimmin käytetyistä investoinnin arviointimenetelmistä. Siinä tarkastellaan ajanjaksoa, jonka sisällä investointi maksaa itsensä takaisin. Investoinnin tuottaman kassavirran suuruus on siis vastaava kuin itse investointi. Takaisinmaksuaikamenetelmän mukaan investointi on siis sitä parempi, mitä nopeammin se maksaa itsensä takaisin.

Menetelmässä korostetaan lyhyen aikavälin kassavirtoja, sillä niiden ennustaminen pitkälle tulevaisuuteen on haasteellista. Takaisinmaksuajan menetelmä sisältää myös ongelmia, sillä se ei huomioi maksuajan jälkeisiä kassavirtoja laisinkaan. Tällöin esimerkiksi investoinnin kannattavuuden tulkinta on puutteellista. (Ikäheimo ym. 2016, 173–174.) Tässä opinnäytetyössä investointilaskelmat suoritettiin takaisinmaksuajan menetelmää käyttäen.

7.2.2 Laskennallinen pääoman tuotto

Accounting Rate of Return (ARR) eli laskennallisen pääoman tuotto kuvastaa investointiin sitoutuneen pääoman tuottoa. Tässä jaetaan pitoajan keskimääräiset nettokassavirrat investointikustannuksella ja sitä voidaan soveltaa kahdella tapaa. Yhdessä versiossa investoinnin sitoma pääoma ja nettokassavirrat ovat sellaisenaan mukana, sillä niiden arvon alenemista ei oteta huomioon. Toisessa sovelluksessa arvon aleneminen on puolestaan otettu huomioon. Silloin keskimääräinen investointikustannus toimii investointikustannuksena ja kyseisen investoinnin poistot tulee vähentää nettokassavirroista. (Ikäheimo ym. 2016, 174–175.)

Mikäli rahan aika-arvoa ei oteta huomioon, voi menetelmä olla hyvinkin harhaanjohtava. Tällöin menetelmän antamat arvot ovat hyvinkin korkeita, vaikkei pääoma tuottaisikaan riittävästi suhteessa tuottovaatimukseen. Menetelmää tulee käyttää harkiten, sillä se voi intuitiivisen houkuttelevuutensa vuoksi johtaa päätöksentekijän harhaan. (Ikäheimo ym. 2016, 175.)

7.2.3 Sisäisen korkokannan menetelmä

Internal Rate of Return (IRR) eli sisäisen korkokannan menetelmä tuo ilmi ne rahoituskustannukset, joiden sisällä investointi on vielä järkevä toteuttaa. Sisäisen korkokannan tulee olla investoinnin tuottovaatimuksia suurempi, jotta investointia voidaan pitää kannattavana. Rahan aika-arvo otetaan menetelmässä huomioon ja se ilmaisee prosentteina tuottoa investointiin sijoitetulle pääomalle. Se on myös yksi yleisimmin käytetyistä investointilaskentamenetelmistä. (Ikäheimo ym. 2016, 173, 175.)

Menetelmän mukaan parhaimman sisäisen korkokannan omaava investointi on siis paras. Sen mukaan investoinnit ovat myös kannattavia, mikäli sisäinen korkokanta on tuottovaadetta suurempi. Tuottovaade investoinneille voidaan puolestaan laskea oman ja vieraan pääoman kustannusten perusteella. (Ikäheimo ym. 2016, 175.)

Sisäisen korkokannan menetelmässä myös otetaan huomioon kaikki investoinnin kassavirrat, joten se mittaa myös kannattavuutta. Prosenttilukujen vuoksi menetelmän tuloksia on myös helppo tulkita, sillä sisäisen korkokannan prosenttiluvun tulee vain olla tuottovaateen prosenttilukua suurempi. Pääomarajoitteen huomioiminen menetelmää käytettäessä on myös helppoa, sillä mahdollisista investoinneista voidaan valita investointi, joka omaa suurimman sisäisen korkokannan. (Ikäheimo ym. 2016, 175.)

Menetelmän epäkohtana voidaan pitää oletusta mahdollisuudesta sijoittaa vapautunut pääoma sisäisen korkokannan verran tuottavaan sijoituskohteeseen. Usein sijoitetaan toiseen investointiin, joten oletus on epärealistinen. Sisäinen korkokanta voi myös esittää virheellisiä vastauksia oikeiksi, mikäli esimerkiksi kassavirrat ovat investoinnin jälkeenkin olleet negatiivisia. (Ikäheimo ym. 2016, 175–176.)

7.2.4 Nykyarvomenetelmä ja suhteellinen nykyarvo

Net Present Value (NPV) eli nykyarvomenetelmä on myös yksi yleisimmistä sekä Suomessa että maailmalla käytetyistä menetelmistä. Menetelmässä diskontataan kaikki kassavirrat samaan hetkeen, joka on yleisimmin investoinnin alkuajankohta. Sitten ajankohtien nettokassavirrat lasketaan yhteen aikarvolla painottaen. Mikäli nykyarvo kaikilla investoinnin kassavirroilla on positiivinen, voidaan investointia pitää kannattavana. Menetelmä tuo yritykselle investoinnin tuottaman lisäarvon rahamääräisenä tietona. Eroavuus esimerkiksi sisäisen korkokannan menetelmään onkin eurojen käyttäminen prosenttien tilalla. (Ikäheimo ym. 2016, 176.)

Menetelmän etuna on yksiselitteinen tieto siitä, tulisiko investointi tuottamaan lisäarvoa yritykselle ja jos tulisi, niin kuinka paljon. Positiivista menetelmässä on myös investoinnin kannattavuuden mittaaminen. Menetelmän heikkoutena on kyvyttömyys suhteuttaa investointeja sitoutuvan pääoman mukaan. Se asettaa kaikki investoinnit samaan suhteeseen ja keskenään vertailuun pelkästään tuotetun arvon mukaan. Koska on olemassa pääomarajoitteita eikä kaikkia kannattavia investointeja voida toteuttaa, ei nykyarvomenetelmä voi toimia sellaisenaan investointien valintakriteerinä. (Ikäheimo ym. 2016, 175–176.)

Pääomarajoitteen ongelma tosin on poistettavissa. Poistaminen tapahtuu, kun investoitu pääoma ja nykyarvo suhteutetaan summaamisen jälkeen investoituun pääomaan. Menetelmästä käytetään nimeä suhteellinen nykyarvo (SNA) tai nykyarvoindeksi. Suhteellisen nykyarvon ollessa suurempi kuin yksi voidaan investointia pitää kannattavana. Etuna on mahdollisuus verrata eriarvoisia investointeja keskenään. Kääntöpuolena menetelmä vain kertoo mikä investointi on kannattavin, mutta kannattavuutta ei voida suhteuttaa pääoman tuottoon. (Ikäheimo ym. 2016, 176–177.)

8 YRITYKSEN NYKYTILA

Vuonna 2021 Bet-Ker Oy:n liikevaihto oli 15,1 miljoonaa euroa. Liikevaihto nousi edellisvuodesta 24,0 % ja voittoa liiketoiminnalla saavutettiin 3,6 miljoonaa euroa liikevoittoprosentin ollessa 23,6 %. Yrityksen omavaraisuusaste oli 87 % ja se työllisti kyseisenä vuonna 33 henkilöä. (Asiakastieto.)

Yrityksen tavoitteina liiketoimintansa suhteen on kannattavan kasvun tavoittelemineen. Kannattavan kasvun tavoittelussa oleellisimpina osina ovat nykyisten markkinaosuuksien säilyttäminen sekä uusien markkinaosuuksien hankkiminen niin nykyisiltä kuin uusiltakin asiakkailta. Markkinaosuuksien kasvattamisen suhteen erittäin tärkeässä roolissa ovat asiakkaille tarjottavat toimivat ja kilpailukykyiset tuotteet sekä hyvät ja vertailukelpoiset referenssit uusien asiakkaiden markkinaosuuksia varten. Bet-Ker Oy:n missiona on asiakkaiden prosessien turvaaminen tulenkestävillä ratkaisulla, joten sekä tuotteiden, että toiminnan toimivuuteen ja kehittämiseen panostetaan jatkuvasti. Ruiskumassojen osalta oman ruiskulaitteiston investoinnilla olisikin merkitystä sekä tuotteiden toimivuuden, että kehittämisen kannalta, samoin kuin myös uusien markkinaosuuksien saavuttamisessa.

8.1 Ruiskumassojen potentiaali yrityksen liiketoiminnassa

Ruiskumassojen osuus yrityksen liiketoiminnasta on ollut noin X % juoksevan X kuukauden aikana. Tulevaa ruiskumassojen osuutta yrityksen liiketoiminnassa on vaikea arvioida, sillä se riippuu suuresti markkinaosuuksien kehittymisistä muissa tuotekategorioissa. Oletus kuitenkin on, että ruiskumassojen osuus yrityksen liiketoiminnasta tulisi kasvamaan noin X prosenttiin. (Nivala 2022.)

Ruiskumassojen arvioitu kokonaisvolyymi Suomen terästeollisuudessa on noin XX tonnia, mikä tarkoittaa rahallisesti yli X euroa. Bet-Ker Oy:n pääsääntöisellä toimialueella eli pohjoismaissa ruiskumassojen kokonaisvolyymiksi voidaan arvioida jopa X tonnia. Luvut ovat valistuneita arvioita, jotka tulevat todennäköisesti muuttumaan X lukemiin vihreän siirtymän ja teräsromun sulattamisessa käytettävien valokaariuunien yleistymisen vuoksi. (Nivala 2022.)

Ruiskumassojen markkinahinnat on usein kilpailtu X kuin muissa tuotteissa. Markkinahintojen X ja kilpailukyvyyn lisäämiseen voidaan kuitenkin tehokkaasti vaikuttaa esimerkiksi X materiaalien käytön

lisäämisellä. Ruiskumassojen suuren potentiaalinen vuoksi niiden voidaan todeta olevan liiketoiminnalle kiinnostavia ja kannattavia. (Nivala 2022.)

8.2 Ruiskumassat yrityksen tuotekehityksessä

Myös yrityksen tuotekehityspuolella uskotaan ruiskumassoissa olevaan kasvupotentiaaliin. Yrityksellä on hallussaan ruiskumassoihin hyvin soveltuvia sekä X että Y materiaaleja. Erityisesti käytössä olevien Y uskotaan tuovan hyvää kilpailuetua ruiskumassojen suhteen. Ruiskumassojen kehitystyö vie yritystä eteenpäin myös pitkän aikavälin tavoitteissa, sillä esimerkiksi tuotekehityksen strategiassa yksi pitkän aikavälin kehitysprojekteista on X-tuotteiden lanseeraaminen. (Piippo 2022)

Oman ruiskulaitteiston investoiminen toisi suoraa hyötyä yrityksen tuotekehitykselle. Ruiskulaitteisto mahdollistaisi tuotteiden ominaisuuksien tutkimisen nykyistä paremmin. Ruiskulaitteisto myös nopeuttaisi suuresti ruiskumassojen kehitystyötä, sillä ne pystyttäisiin testaamaan omassa laboratoriossa. Nyky menetelmänä on laboratoriotestien jälkeen tuotteiden testaaminen suoraan asiakkaan prosesseissa, joka usein aiheuttaa suurta viivettä tuotteiden kehitystyöhön. (Piippo 2022.)

Tuotekehityksen näkökulmasta mahdollisesti investoitavan ruiskulaitteiston tulisi olla pienikokoinen, jotta se mahdollistaisi pienten ja nopeiden testierien tekemisen. Pienet erät pystytään myös valmistamaan suoraan laboratoriossa, joten testierien valmistaminen pysyisi helppona ja nopeana. Ruiskulaitteiston ominaisuuksien tulisi kuitenkin vastata mahdollisimman suuresti asiakkailtamme löytyviä ruiskulaitteistoja. Tällöin omalla laitteistolla testattujen tuotteiden voitaisiin olettaa toimivan myös asiakkaan laitteistoissa. Yrityksen pitkän aikavälin suunnitelmien kannalta tulisi harkita laitteistoa X, jotta voimme itse edistää kehitystä ja tarjota tulevaisuudessa uusia tuotteita uusiin kohteisiin. (Piippo 2022.)

9 RUISKULAITTEISTOJEN VERTAILU

Erialaisten potentiaalisten ruiskulaitteistojen kartoitus alkoi eri laitevalmistajia etsimällä. Etsiminen tapahtui pääsääntöisesti internetin kautta ja osittain haastattelemalla, mutta se ei tuottanut tulosta. Sopivia laitevalmistajia löytyi lopulta neljä, ja niille tehtiin tarjouskyselyitä eri laitteistoista sekä sähköpostitse että puhelimitse. Otollisiksi laitevalmistajiksi valikoituivat Laitevalmistaja 1, Laitevalmistaja2, Laitevalmistaja 3 ja Laitevalmistaja 4.

Erialaisten ruiskulaitteistojen vertailu tehtiin hyödyntämällä investointilaskentaa sekä ottamalla huomioon yrityksen esittämiä harkinnanvaraisia tekijöitä. Investointilaskelmat suoritettiin käyttämällä takaisinmaksuajan menetelmää. Esimerkkikohteeksi investointilaskentaan valittiin laitteiston mahdolliseksi käyttökohteeksi X asiakkaan prosessikohte Y. Laskelmissa käytetyssä esimerkissä markkinaosuuden suuruutena on noin X% vuosittaisesti prosessikohteessa Y käytettävän ruiskumassan volyyminä.

Esimerkkikohteen lisäksi laitteistolla tulisi todennäköisesti olemaan todellisuudessa useita muitakin mahdollisia käyttökohteita sekä omassa että asiakkaiden käytössä. Investointilaskennan lisäksi muut lopulliseen investointipäätökseen vaikuttavat tekijät ovat saatavilla olevat vara- ja lisäosat, laitteiston monikäyttöisyys ja luotettavuus. Investointilaskennan kannalta yksittäisen esimerkkikohteen käyttö on kuitenkin helpoin ja ymmärrettävin tapa.

9.1 Takaisinmaksuaika

Investointilaskenta suoritettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmistolla. Investoinnin kokonaiskustannuksiin huomioitiin itse laitteen hinta, tarjouksilla suositellut varaosat sekä valinnaiset lisäosat laitteistoihin. Erityisesti laitteistoihin tarjottujen vara- ja lisäosien kustannuksissa oli suuria eroavuuksia, jotka vaikuttavat voimakkaasti investointilaskentaan. Tämä johtuu käytännössä siitä, ettei kaikilla laitevalmistajilla ollut tarjota kaikkia pyydettyjä lisäosia. Lisäosien puute otetaan huomioon harkinnanvaraisissa tekijöissä investointipäätöstä tehtäessä.

Takaisinmaksuaika on laskettu kaavalla:

$$T=X/Y$$

Missä T on takaisinmaksuaika vuosina, X on investoinnin kokonaiskustannus ja Y on investoinnin vuosittainen tuotto.

Esimerkkikohteessa asiakkaan X prosessikohteessa Y kuukausittainen ruiskumassan kulutus on yhteensä noin X kilogrammaa ja vuositasolla se tekee X kilogrammaa ruiskumassaa. Kyseiseen kohteeseen tuote myytäisiin 1000 kg:n suursäkeissä, joiden kanssa tuotteen hinta nykyhetkellä on X € per 1000 kilogrammaa. Kyseisen kohteen X % markkinaosuudella se tekee vuositasolla noin X kilogrammaa ruiskumassaa, josta tulee myyntisaatavia noin X €. X %:n katteella tästä summasta jää yritykselle tuottoa X €.

TAULUKKO 7. Ruiskulaitteistojen investointilaskelmat

Valmistaja	Tuote	Laitteiston hinta (EUR)	Varaosien hinta (EUR)	Lisäosien hinta (EUR)	Yht. (EUR)	Vuosittainen tuotto (EUR)	Takaisinmaksuaika (Y)
Valmistaja 1	Tuote 1	x	x	x	x	x	X
Valmistaja 1	Tuote 2	x	x	x	x	x	X
Valmistaja 2	Tuote 3	x	x	x	x	x	X
Valmistaja 3	Tuote 4	x	x	x	x	x	X
Valmistaja 4	Tuote 5	x	x	x	x	x	X

Takaisinmaksuaika-menetelmää käytettäessä ylivoimaisesti kannattavimmaksi investointivaihtoehdoksi osoittautui Laittevalmistaja 4:n valmistama Tuote 5 ruiskulaitteisto. Laitteistolle laskettu X vuoden takaisinmaksuaika oli kaikista vaihtoehdoista lyhin. Investointilaskennan mukaan puolestaan huonoimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui Laittevalmistaja 1:n valmistama Tuote 1 ruiskulaitteisto. Laitteiston takaisinmaksuaika on pisin, eikä siihen ole tarjouksella esitetty mahdollisuutta vara- tai lisäosille. Kaikissa laitteistoissa takaisinmaksuaika on kuitenkin alle X vuotta, joten kaikkia vaihtoehtoja voidaan pitää hyvinä.

9.2 Harkinnanvaraiset tekijät

Harkinnanvaraisia tekijöitä lopullista investointipäätöstä tehtäessä ovat ennen kaikkea ruiskulaitteiston monikäyttöisyyden ja luotettavuuden arviointi sekä myös saatavilla olevien lisäosien tarpeen arviointi. Esimerkiksi teräksen valmistusprosessissa käyttökohteita ruiskumassoille on monia. Investoitavat lait-

teiston tulisikin olla soveltuvainen mahdollisimman moneen käyttökohteeseen. Mikäli yksi käyttökohte on hyvin vaativa ja ehdoton laitteiston ominaisuuksista, se sulkee samalla pois laitteiston käytön muissa kohteissa. Tällöin voitaisiin mahdollisesti harkita kahden erillisen ruiskulaitteiston investointia.

Laitteiston monikäyttöisyydellä haetaan muun muassa käytön helppoutta, liikuteltavuutta, modifioitavuutta sekä soveltuvuutta ja suorituskykyä eri kohteisiin. Laitteiston käytön tulee olla helposti ymmärrettävissä, sillä sitä käyttävät henkilöt todennäköisesti vaihtuvat usein. Liikuteltavuus tulisi olla mahdollista sekä käsin että trukkia käyttämällä. Liikuteltavuudella tarkoitetaan myös sen helppoa pakkaamista esimerkiksi rekkaan, jolla mahdollistetaan sen kuljettaminen yrityksen tiloista asiakkaalle ja toisinpäin.

Laitteiston modifioitavuudella tarkoitetaan siihen saatavilla olevia lisäosia, jotka mahdollistavat sen käytön useissa eri kohteissa. Mahdollisuus esimerkiksi ulkoisen siilon käyttöönottoon ja sen poistamiseen, millä mahdollistetaan sekä suur- ja pikkusäkkien käyttö. Suorituskyvyn monikäyttöisyydellä puolestaan haetaan mahdollisuutta hyvin toimivaan syöttötehon säätöön, jolloin voitaisiin ruiskuttaa sekä suurempia, että pienempiä kohteita.

Myös harkinnanvaraisten tekijöiden vertailu on tehty Excel-taulukossa. Samassa yhteydessä on myös vertailtu laitteistojen teknisiä ominaisuuksia, kuten syöttötehoa, kuljetuskapasiteettia ja painoa. Vertailussa käytettiin värikarttaa, jossa vihreä oli hyvä, oranssi kohtalainen ja punainen heikko.

TAULUKKO 8 Ruiskulaitteistojen harkinnanvaraisten tekijöiden vertailu

Valmistaja	Valmistaja 1	Valmistaja 1	Valmistaja 2	Valmistaja 3	Valmistaja 4
Tuote	Tuote 1	Tuote 2	Tuote 3	Tuote 4	Tuote 5
Syöttöteho (m ³ /h)	x	x	x	x	x
Käyttöpaine (bar)	x	x	x	x	x
Veden paine (bar)	x	x	x	x	x
Roottorin koko (L)	x	x	x	x	x
Max. Horisontaalinen kuljetusmatka	x	x	x	x	x
Max. Vertikaalinen kuljetusmatka	x	x	x	x	x
Max. Raekoko	x	x	x	x	x
Syöttökorkeus (mm)	x	x	x	x	x
Teho (kW)	x	x	x	x	x
Kokonaispaino (kg)	x	x	x	x	x
Valinnaiset lisäosat	Good	Good	Good	Ok	Poor
Varaosat	Good	Ok	Good	Good	Good
Helppokäyttöisyys	Good	Good	Good	Ok	Ok
Modifioitavuus	Good	Poor	Ok	Ok	Ok
Liikuteltavuus	Good	Ok	Good	Good	Good
Sovellettavuus	Good	Poor	Good	Good	Good

Investointilaskennan ja harkinnanvaraisten tekijöiden pohjalta parhaimmaksi investointivaihtoehdoksi osoittautui Laitevalmistaja 1:n Tuote 1. Laitteisto ei ole takaisinmaksuajaltaan otollisin, mutta siitä huolimatta se on takaisinmaksuajaltaan hyvää luokkaa. Koska investointilaskelmissa kaikkien laitteistojen takaisinmaksuajat olivat hyvällä tasolla, voidaan harkinnanvaraisille tekijöille antaa paljon merkityksellistä painoarvoa investointipäätöstä tehtäessä.

Laitevalmistajana Laitevalmistaja 1 vaikuttaa luotettavalta. Se on laaja organisaatio, jolla on paljon toimintaa Euroopassa. Lisäksi asiakaspalvelu tarjouspyyntöjä tehtäessä oli erinomaista, joten tulevaisuuden mahdollisissa ongelmatilanteissa laitevalmistajaan saa todennäköisesti yhteyden. Tarjouksella laitteistoon esitettiin myös kattava varaosapaketti, joka suositellaan vaihdettavaksi 700 m³:n käytön jälkeen. Saatavilla olevilla lisäosilla laitteistoa on myös helppo modifioida eri kohteisiin. Esimerkiksi ulkoisella siilolla varustettaessa laite voidaan tarjota esimerkkikohteeseen, mutta tarpeen tullen käyttää myös muissa asiakkaan kohteissa. Tuotekehityksen kannalta mielenkiintoiseksi nähtävää märkäruiskutumahdollisuutta ei kyseisessä laitteessa kuitenkaan ole saatavilla.

LÄHTEET

Asiakastieto. Yritykset. Bet-Ker Oy. Taloustiedot. Saatavissa: <https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/bet-ker-oy/10032460/taloustiedot> Viitattu 18.7.2022.

Banerjee, S. 1998. *Monolithic refractories*. A Comprehensive Handbook. ISBN 9810231202. USA: the American Ceramic Society.

Bet-Ker Oy. Yrityksen kotisivut. Saatavissa: <https://www.betker.fi/>. Viitattu: 2.5.2022

Härkki, J. *Tulenkestävät materiaalit – JK2387/01 koulutuspaketti*.

Ikäheimo, S., Malmi, T., Walden, R., 2016. *Yrityksen laskentatoimi*. Talentum: Helsinki. Saatavilla: [https://verkkokirjahylly-almatalent-fi.ezproxy.centria.fi/teos/BACBIXCTEB#/kohta:\(\(20\)Johdon\(\(20\)laskentatoimi\(:13.\(\(20\)Investoinnit\(\(20\)/piste:b12683](https://verkkokirjahylly-almatalent-fi.ezproxy.centria.fi/teos/BACBIXCTEB#/kohta:((20)Johdon((20)laskentatoimi(:13.((20)Investoinnit((20)/piste:b12683). Viitattu 4.7.2022.

Ishikawa, M. 1998. *Refractories handbook*. Japani: The Technical Association of Refractories, Japan

Nivala, M. 2015. *Optimizing the lining life of steel ladles with gunning and laser measurement*. Helsinki: Aalto-yliopisto, kemian tekniikan korkeakoulu. Diplomityö.

Nivala, M. 2022. *Kysymyksiä opinnäytetyöhön*. Yksityinen sähköposti. 8.7.2022. Viestin saaja Antti-Eemeli Satokangas.

Makkonen, H. 2016. A: *Materiaalitekniika. Tulenkestävät materiaalit – JK2387/01 koulutuspaketti*.

Johansson, T. 2016. C: *Tulenkestävät ja käytäntö. Tulenkestävät materiaalit – JK2387/01 koulutuspaketti*.

Lehtonen, P. 2020. *Improvement of Steel Ladle Lid Circulation and Lifetime*. Oulu: Oulun yliopisto, metallurgia. Diplomityö.

Piippo, A. *Kysymyksiä opinnäytetyöhön*. Yksityinen sähköposti. 8.7.2022. Viestin saaja Antti-Eemeli Satokangas.

Teräskirja. 2014. Helsinki: Metallijalostajat ry

Urakkamaailma. Slamkaus. Saatavissa: <https://www.urakkamaailma.fi/slamkaus>

Vert, T. 2016. *Refractory Material Selection for Steelmaking*. Kanada: John Wiley & Sons.