

Ville Komulainen

**AUTOMATISOIDUN PINTATUTKAN VAIKUTUS MURSKAIMEN TUOTANTOKA-  
PASITEETTIIN**

# **AUTOMATISOIDUN PINTATUTKAN VAIKUTUS MURSKAIMEN TUOTANTOKAPASITEETTIIN**

Ville Komulainen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2024  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-  
ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma, Sähkötekniikka

---

Tekijä: Ville Komulainen

Opinnäytetyön nimi: Automatisoidun pintatutkan vaikutus murskaimen tuotantokapasiteettiin

Työn ohjaajat: Heikki Kurki (OAMK), Aki Laatikainen (Sandvik)

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 24 + 3 liitettä

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä leukamurskaimen keskeiseen toimintaan ja tuotantoon. Opinnäytetyössä tutustutaan leukamurskaimen rakenteeseen ja komponentteihin, lisäksi murskaimen asennetaan pinnanvalvonta-anturi, joka ohjaa murskaimen syötettä.

Työssä käsitellään tämän vaikutuksia murskaimen tuotantokapasiteettiin. Lisäksi vertaillaan erilaisten tutkavaihtoehtojen vaikutuksia murskaimen suorituskykyyn. Opinnäytetyössä käsitellään pintatutkan asennus koneeseen, ja sen ohjaukseen. Vertaillaan tuotannollisia vaikutuksia valikoidussa murskaimessa asennuksen jälkeen.

Opinnäytetyö suoritettiin Sandvik Mining and Construction Finland Oy:n toimeksiannosta. Opinnäytetyön raporttiosassa käsitellään murskausprosessia ja -tekniikkaa, leukamurskainta sekä pinnanvalvontaa yleisellä tasolla. Varsinainen tutkimustyö ja laitekohtainen vertailu on koottu työn liitteisiin, jotka luottamuksellisia jäävät vain toimeksiantajan käyttöön.

---

Asiasanat: murskaus, leukamurskain, pinnanvalvonta, ohjaustekniikka

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering, Option of Electrical engineering

---

Author: Ville Komulainen

Title of thesis: Impact of Automated Surface Measurement on Production Capacity of Crusher

Supervisors: Heikki Kurki (OAMK), Aki Laatikainen (Sandvik)

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 24 + 3 appendices

---

The purpose of this thesis was to get familiar with the working principle and production of a jaw crusher. The thesis introduces the structure and components of a jaw crusher. And furthermore, surface measuring equipment is installed to it. This controls the crusher's feed. The effects of this on the production capacity of the crusher is reviewed in the report. In addition, the effects between different surface control options are compared.

The thesis discusses the installation of the surface sensor on the machine and its control. Also, the production effects in the selected crusher are compared after installation.

Some of the processed information is confidential, and it is only viewed in the appendices of the thesis.

---

Keywords: crushing, jaw crusher, surface control, control technology

## ALKULAUSE

Haluan kiittää seuraavia opinnäytetyöprojektiini vaikuttaneita yhteistyötahoja:

-työnantajaani Sandvik Mining and Construction Finland Oy:tä, joka ehdotti tätä aihetta ja antoi edellytykset sen toteuttamiseen.

-asiakasta, joka ilmaisi tarpeen päivittää pinnanvalvontalaitteisto. Asiakas jää luottamuksellisista syistä nimeämättä.

-laitetoimittajia Pepperl Fuchs, Siemens ja Schneider.

Oppilaitoksen osalta työn ohjaavana henkilönä toimi yliopettaja Heikki Kurki. Toimeksiantajani puolelta ohjaajina ja neuvonantajina toimivat Aki Laatikainen ja Kari Lepola. Haluan kiittää työni ohjaajia, ja muita henkilöitä, jotka ovat olleet tukenani tämän kirjoitustyön aikana.

# SISÄLLYS

ALKULAUSE.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 KIVEN MURSKAUS JA SEULONTA.....	8
2.1 Murskaamotyypit.....	8
2.2 Käyttökohteet.....	8
2.2.1 Kaivokset ja malmin rikastus.....	9
2.2.2 Sivili- ja kuluttajakohteet.....	9
3 MURSKAUSTEKNIikka JA -PROSESSI.....	11
3.1 Esimurskaus.....	11
3.2 Välimurskaus.....	13
3.3 Hienomurskaus.....	13
3.4 Seulonta.....	14
4 LEUKAMURSKAIN.....	16
5 PINNANMITTAUS.....	19
5.1 Pinnanmittausmenetelmät.....	19
5.2 Pinnanmittauksen haasteet.....	20
6 YHTEENVETO.....	21
LÄHTEET.....	22
LIITTEET.....	24

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Sandvik Mining and Construction Finland Oy. Se on koko Suomen alueella toimiva murskain- ja seulontalaitteiden huolto- ja myyntiyhtiö. Sandvik Mining and Construction Finland Oy:n toimialueelle kuuluu myös louhinta- ja lastauskalusto.

Opinnäytetyöhön ryhdyttiin, kun asiakas ilmaisi tarpeensa päivittää leukamurskaimen pinnanvalvontajärjestelmä. Tavoitteena oli taloudellinen hyöty ja käyttövarmuus. Aihe liittyy vahvasti omaan työhöni, koska työskentelen murskaimien ja seulontalaitteiden huolto-organisaatiossa.

Opinnäytetyössä perehdytään kiviaineksen murskaamiseen, leukamurskaimen toimintaperiaatteen, sen keskeisiin komponentteihin sekä tuotantokapasiteettiin vaikuttaviin seikkoihin. Tuotantoa ja tuotantokapasiteettia tarkastellessa olennaiseen rooliin asettuu syötteen oikean määrän ohjaus ja säätö, jossa hyödynnetään murskaimen automaatiojärjestelmään liitettävää pinta-anturia.

Pinta-anturi asennetaan laitteistoon ohjaamaan syötinlaitetta, joka tässä työssä oli tärymoottoreilla toimiva syötin. Työn tavoitteena on kerätä tutkimustietoa siitä, minkälainen anturi olisi paras räätälöidylle laitteelle.

Tärysyöttimen ja leukamurskaimen toimintojen lisäksi tarkastellaan tarkoitukseen sopivan pinta-anturin lisäämistä prosessiin, sen säätämistä parhaalla mahdollisella tavalla ja sen vaikutusta laitteiston tuotantokapasiteettiin. Lisäksi vertaillaan erilaisia anturivaihtoehtoja.

## **2 KIVEN MURSKAUS JA SEULONTA**

Kiven murskaus ja seulonta ovat tärkeitä prosesseja monilla teollisuuden aloilla, erityisesti rakennus-, louhos- ja kaivosteollisuudessa. Näiden prosessien tarkoituksena on hienontaa kiviainesta erikokoisiin osiin sekä erottaa halutut partikkelit muusta materiaalista, kuten hiekasta ja sora-aineksesta.

Murskaus on prosessi, jossa kiviainesta murskataan erilaisilla murskauslaitteilla haluttuun kokoon ja muotoon. Seulonnassa kiviaineksesta erotellaan halutut partikkelit raekoon perusteella prosessin seuraavaan vaiheeseen tai suoraan lopputuotteeksi.

### **2.1 Murskaamotyypit**

Murskaamot jaetaan kiinteisiin, osittain liikkuviin ja kokonaan liikkuviin laitoksiin. Liikkuvat murskauslaitokset ovat nostaneet suosiotaan varsinkin työkohteissa, joiden läpivientiaika on rajallinen. Murskaamoiden kalustovaihtoehtoja on useita. (1, s. 219.)

Murskaamokokonaisuuteen kuuluvat murskaimet, syöttimet, seulontalaitteet, materiaalikuljetusjärjestelmät, siilot sekä lastaus- ja kuljetuskalusto. Laitteistoissa on useita variaatioita ja kalustoa mitoitetaan murskattavan kiven laadun ja määrän mukaan. (1, s. 220.)

### **2.2 Käyttökohteet**

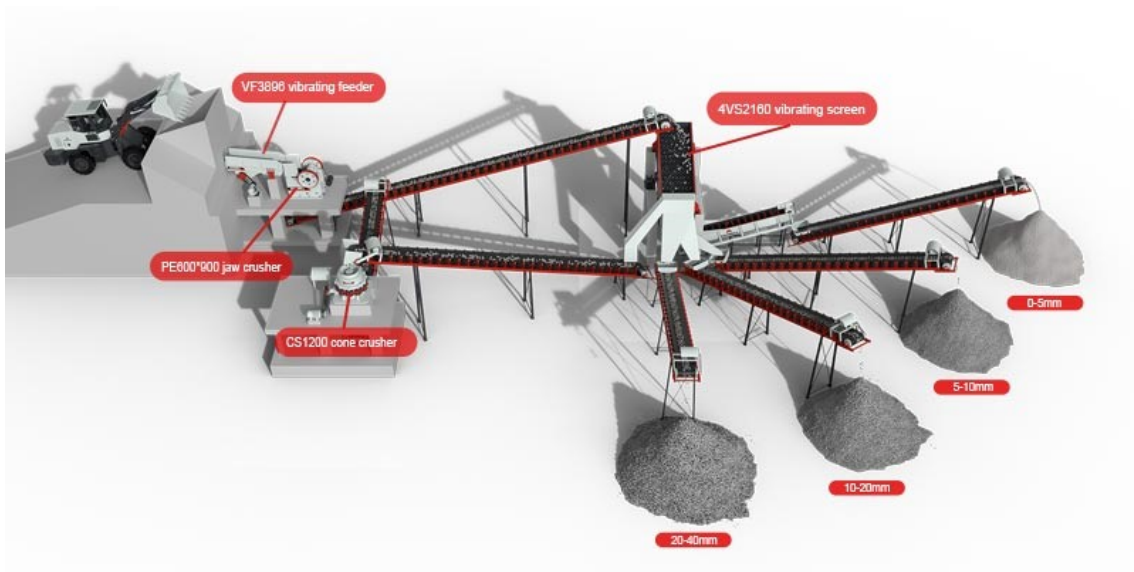
Kivenkäsittelyä ja murskausta suoritetaan useita lopputuotteita varten. Kaivokset käyttävät murskaustekniikkaa ja -prosessia malmin rikastusta varten. Kiveä murskataan myös maanrakennuksessa monipuolisiin käyttötarpeisiin muun muassa tie- ja ratatöissä, rakennustyömaiden infravaiheessa, ja suoraan kuluttajamyyntiin.



## 2.2.1 Kaivokset ja malmin rikastus

Kaivokset käyttävät murskaustekniikkaa välttämättömänä osana rikastusprosessia. Tuotantolaitoksen tuotantomäärästä ja murskauksen jälkeisestä prosessista riippuen murskauskalusto mitoiteetaan laitoskohtaisesti.

Kaivoksen murskausprosessi on käytännössä aina kiinteä ja vähintään kolmivaiheinen sisältäen esi-, väli- ja jälkimurskauksen (kuva 1). Suomessa sijaitsee ja on käytössä Euroopan mittakaavassa hyvinkin merkittäviä murskauslaitoksia, kun taas toisesta äärilaidasta löytyy todella pieniä murskaamokokonaisuuksia.



KUVA 1. Kiinteän murskausaseman periaatekuva. (2)

## 2.2.2 Siviili- ja kuluttajakohteet

Puhuttaessa infrarakentamisesta tai pelkästä kiviaineksen myynnistä kuluttajakäyttöön, murskaustekniikka asettuu isoon rooliin. Kyseessä on usein siirrettävä eli mobilisoitu murskauslaitos, joka sisältää tela- ja/tai pyörialustaiset laitteet (kuva 2).

Kiveä jalostetaan murskaamalla vaiheittain aina jalankulkuhiekkoitustarpeeseen saakka. Tällöin kyseessä on usein vähintään kolmivaiheinen murskausprosessi.



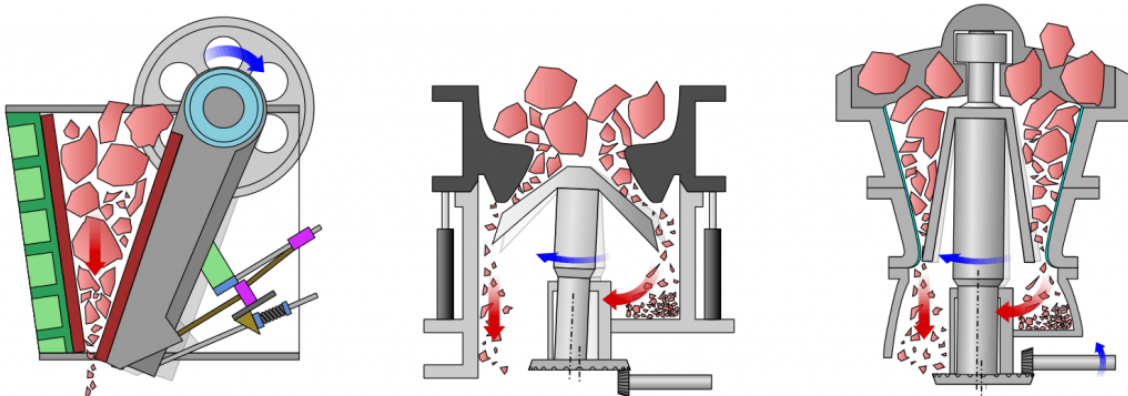
*KUVA 2. Tela-alustainen Sandvik UH450 mobiilmurskainyksikkö. (3)*

### 3 MURSKAUSTEKNIikka JA -PROSESSI

Murskaustekniikka on halutun materiaalin pienentämistä mekaanisella voimalla. Murskauksessa tavoitellaan materiaalin tiettyä raekokoa. Prosessin laajuudesta, laitteistosta ja halutusta lopputuotteesta riippuen tämä suoritetaan vaiheittain. Nämä vaiheet ovat esi-, väli- ja jälki- tai hienomurskaus. Murskaus suoritetaan vaiheittain, etteivät murskaimet tukkeutuisi ja näin ollen aiheuttaisi murskaimille tai prosessin oheislaitteille vahinkoa.

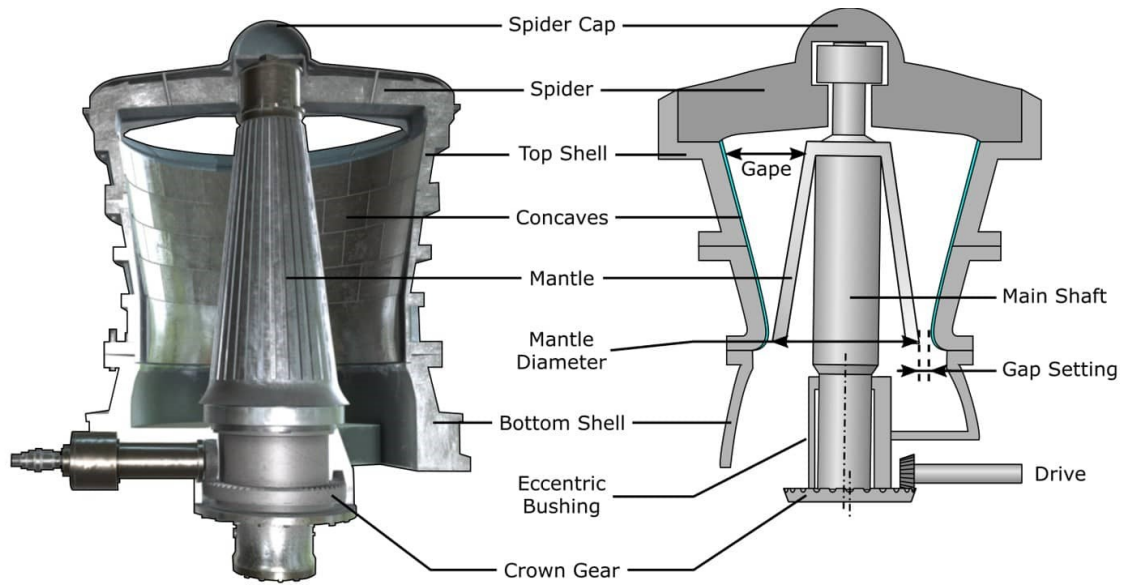
#### 3.1 Esimurskaus

Esimurskaus on nimensä mukaan murskauksen ensimmäinen vaihe. Tämä tehdään kokonaisprosessissa seuraavana louhinnan jälkeen. Esimurskaimena käytetään useimmin leuka- tai esikaramurskainta (kuva 3).



KUVA 3. Leuka- kartio- ja esikaramurskain. (4)

Esimurskaus suoritetaan käytännössä aina vain hienontamaan murskattava kappale seuraavaa murskausvaihetta varten. Esikaramurskaimen toiminta perustuu murskaimen terien väliin kohdistuvaan mekaaniseen voimaan. Toinen terä on asennettu kiinni epäkeskoisesti liikkuvaan, ylhäältä ja alhaalta tuettuun akseliin, ja toinen on kiinteästi paikoillaan murskaimen rungossa (kuva 4). Karamurskainta käytetään esimurskaukseen niin, että sen kapasiteetti suhteutetaan sen huoltovarmuuteen. Muilla laitetyypeillä harvoin päästään kaivosteollisuuden mittakaavassa vastaavaan.



KUVA 4. Esikaramurskain ja sen pääkomponentit. (5)

Joskus partikkeli on niin suuri ennen esimurskainta, että joudutaan käyttämään rammeria eli iskuvasaraa (kuva 5). Se onkin oleellinen osa esimurskaimen varustelua. Tällä saadaan mahdollisesti kaikki tarjottu syöte murskaimen käyttöön, ja samalla helpotetaan murskaimen työkuormaa ja vähennetään mahdollisia vaurioita.



KUVA 5. Rammer eli iskuvasara. (6)

### 3.2 Välimurskaus

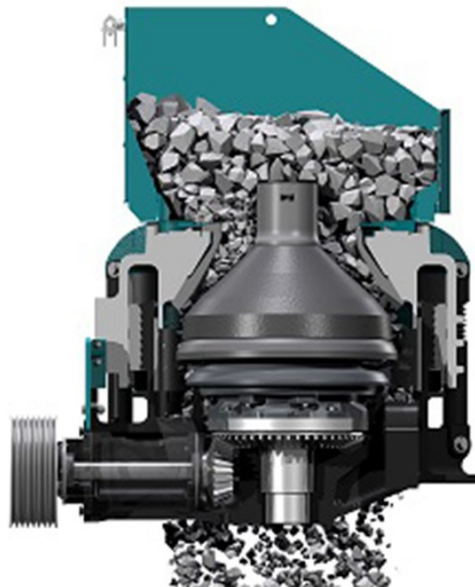
Välimurskaus on prosessin vaihe, jossa esimurskauksesta saatu kiinteä materiaali murskataan tai jauhetaan pienemmiksi partikkeleiksi ennen varsinaista lopullista murskaus- tai jauhatusprosessia. Vaikka tämä vaihe on kokonaisprosessissa vaihtoehtoinen, se on silti tärkeä monien murskauslaitosten kivenkäsittelyprosessissa. Välimurskauksen avulla saavutetaan useita etuja. Niitä ovat muun muassa raekoon hallinta, kuormituksen jakaminen, materiaalin käsittelyn helpottaminen sekä tuotteen laadun parantaminen.

Välimurskausvaihe voidaan suorittaa erilaisilla murskauslaitteilla riippuen materiaalin ominaisuuksista ja lopputuotteen vaatimuksista. Yleensä käytetään leuka-, kara- tai kartiomurskainta.

### 3.3 Hienomurskaus

Hienomurskaus on murskainlaitteilla tehtävistä vaiheista viimeisin. Tässä vaiheessa murskeesta jalostetaan haluttua raekokoa. Yleensä näissä työvaiheissa käytetään kartio- tai iskumurskaimia (kuva 6).

Haluttu raejakauma ja materiaalien kulutettavuus ohjaavat kaluston valintaa. Yleensä nämä työvaiheet on yhdistetty yhteen työvaiheeseen. (1, s. 219.)

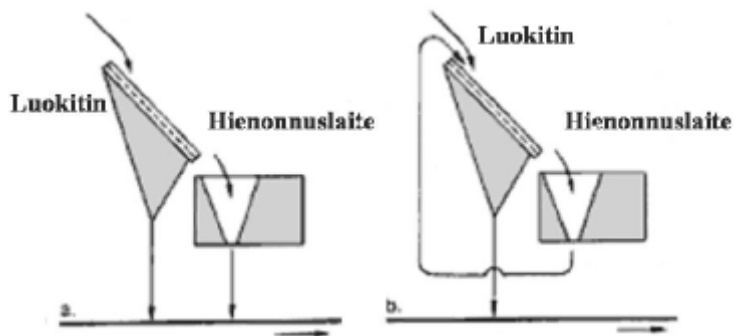


KUVA 6. Kartiomurskain. (7)

### 3.4 Seulonta

Seulontalaitteet ovat keskeinen osa murskaamokokonaisuutta. Seulonnan pääasiallinen tarkoitus on säädellä murskatun ja murskaamattoman materiaalin karkeusastetta. Seulonta voidaan toteuttaa teollisuusmittakaavassa kahdella eri tavalla, joko märkä- tai kuivaseulontana.

Seulontaa ja murskausta voidaan suorittaa suljetussa tai avoimessa piirissä. Avoimessa seulontaja murskauspiirissä seulontalaite (luokitin) edeltää hienonnukslaitetta. Seula erottaa hienon ja karkean kiviaineksen erilleen toisistaan. Karkea aines syötetään murskaimeen tai myllyyn, joka toimii hienonnukslaitteena. Hienonnukslaitteesta saatu kiviaines yhdistetään seulontalaitteesta (luokittimesta) saatavaan ainekseen. Suljetussa piirissä murskaimen tuote kierrätetään seulontalaitteeseen toistuvasti. Niin kauan, kun kiviaines on saatu haluttuun raekokoon ja se on läpäissyt seulan. (Kuva 7). (8.)



KUVA 7. Periaatekuva seulonnan avoimesta ja suljetusta piiristä. (8)

Yleisesti kivenseulontaan käytetään värähtelyseulaa (kuva 8). Värähtelyseula on laite, jota käytetään seulontaan sen hiukkaskoon perusteella. Tämä laite toimii värähtelemällä, mikä auttaa erottamaan pienemmät hiukkaset suuremmista.

Värähtelyseulan perustoiminta koostuu materiaalin syötöstä, värähtelystä, seulonnasta ja keräämisestä. Materiaali syötetään värähtelyseulan päälle esimerkiksi hihnakuuljettimella tai muulla syöttölaitteella. Seulaan on kiinnitetty tärymoottori tai epäkeskoakselisto, joka käydessään aiheuttaa seulan värähtelyn. Värähtelyliike auttaa hienojen hiukkasten liikkumista seulaverkon läpi. Värähtely tapahtuu tietyllä taajuudella, ja jos taajuus on jostain syystä väärä, seula ei toimi halutulla tavalla tai on jopa viallinen. Värähtelyn vaikutuksesta pienemmät hiukkaset putoavat seulaverkon läpi, kun



taas suuremmat hiukkaset pysyvät seulan päällä. Tämä erottelu perustuu hiukkasten ja seulaverkkojen silmäkoon suhteeseen. Tämän jälkeen erotellut hiukkaset kerätään alapuolella olevan kuljetushihnan avulla prosessin seuraavaan vaiheeseen.

Seulaverkkojen silmäkoko ja värähtelyn parametrit voidaan säätää tarpeen mukaan, jotta saavutetaan haluttu seulontatulos. Tämä mahdollistaa tarkan seulonnan eri kokoisille hiukkasille ja erilaisien materiaalien erottelemisen. (13.)



*KUVA 8. Kolmitasoinen epäkeskoakselinen värähtelyseula. (9)*

## 4 LEUKAMURSKAIN

Tässä opinnäytetyössä käsitellään nimenomaan leukamurskainta, sen toimintaa ja pinnanvalvontaa. Kuva 9 esittää siirrettävää leukamurskainyksikköä.

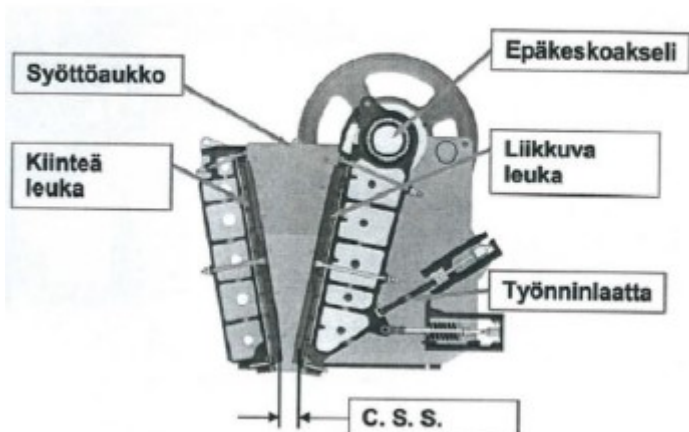


*KUVA 9. Tela-alustainen, siirrettävä leukamurskainyksikkö. (10)*

Leukamurskainkin käyttää puristusvoimaa kiviaineksen murtamiseksi. Puristusvoimaa tuotetaan kahden leuan väliin. Toinen murskaimen leuoista on paikallaan (kiinteä leuka), kun taas toinen liikkuu (liikkuva leuka). (5.)

Leukojen tasopinnat on asetettu vastakkain niin, että pystytään muodostamaan haluttu rako ja kitakulma niiden väliin. Kitakulma tarkoittaa leukojen välistä kulmaa. Kulma säädetään niin, että leukojen väli kapenee ylhäältä alaspäin. Kun leukojen välinen etäisyys toisistaan kapenee, on ylhäältä syötettävän materiaalin pienennyttävä vastaavasti. (kuva 10) (11 s.89). Leukamurskainta käytetään pääsääntöisesti murskausprosessin ensimmäisessä tai toisessa vaiheessa.





KUVA 10. Leukamurskain ja sen pääkomponentit. (8)

Yksittäisen työnninlaatan mukaan toimivassa leukamurskaimessa liikkuvaa leukaa ylälaidassa tukee epäkeskoakseli. Alalaidassa jousitanko vetää liikkuvan leuan työnninlaattaa vasten. Tuenta toteutuu tämän ja työnninlevyn kautta. Epäkeskoakselissa on vauhtipyörät molemmissa päissä. Näiden pyöriessä epäkeskoakselin liike sekä liikkuvan leuan alalaidan tuenta muodostavat tyypillisen murskausliikkeen. (11, s.90.)

Liikkuva leuka liikkuu epäkeskoisesti, ja kiinteä puoli pysyy paikoillaan. Murskaimen asetuksista riippumatta murskaimella saadaan murskattua syötteestä raekooltaan huomattavan isoja partikkeleita, koska murskausliike leukojen yläpäässä on suuri. Leuoissa ja epäkeskoakselissa murskausvoimat voivat olla suuria. Työnninlaatta toimii vastaanottavana osana murskausvoimille, jotka kohdistuvat liikkuvaan leukaan.

Aiemmin esitetyn jousitangon tilalla voidaan nykyään käyttää hydraulista pidätinsylinteriä. Työnninlaatan paikalleen asettavana voimana toimii jousitanko. Jousitanko myös palauttaa liikkuvan leuan. Kiviä murskatessa leukoihin voi kohdistua suuria voimia, ja vauhtipyörät tasaavat koneen käyntiä. Leukamurskain on yleisesti hihnavetoinen, ja kiilahihnapyöränä toimii toinen vauhtipyöristä. (11, s.90.)

Murskaimen käyttöasetus eli kahden leuan lyhyin väli niiden alareunassa ilmoitetaan CSS-asetuksena. CSS-lyhenne tulee sanoista closed-side-setting, joka suomennettuna tarkoittaa suljetun puolen asetusta. CSS-nimitystä käytetään myös muiden murskaintyyppien asetuksen säätöä ilmaistessa. Leukamurskaimen asetusta säädetään työnninlaatan asentoa siirtämällä. Työnninlaattaa voidaan liikuttaa joko manuaalisesti löysäämällä ja kiristämällä jousitankoa tai hydrauliiikan avulla.

## 5 PINNANMITTAUS

Tarkoituksenmukainen pinnanmittauslaite tukee tuotantoprosessin sujuvuutta. Laitteen on oltava luotettava ja sen tulee sopia käyttötarkoitukseen. Tämä on välttämätöntä pinnanmittauksessa. Silloin se tukee tuotantoprosessia eikä vaikeuta sitä. Kuiva-aineiden ja nesteiden tilavuutta ja pinnan korkeutta voidaan pinnanmittauksen avulla seurata esimerkiksi kaivoissa, säiliöissä tai silloissa. Mahdolliset ongelmat ovat ennakoitavissa ja ehkäistävissä sen avulla. (12.)

Hyvin toimivalla pinnanvalvontajärjestelmällä on myös suuri vaikutus murskaimen tuotantokapasiteettiin. Jos pinta saadaan säädelyä oikealle tasolle prosessin ajaksi ja pidettyä se siellä, murskain käy koko ajan täydellä toimintakapasiteetillaan.

### 5.1 Pinnanmittausmenetelmät

Pinnanmittaukseen on olemassa hyvin monia eri tekniikoita. Mittausmenetelmistä on yleisesti kaksi vaihtoehtoa. Ne ovat suora ja epäsuora mittaus. Valitessa pinnanmittaustapaa täytyy ottaa huomioon myös mitattavan pinnan ja ympäristön tuomat haasteet. (12.)

**Kapasitiivisessa mittauksessa** säiliöstä ja anturista muodostuu kondensaattorin kaksi elektrodia. Kun mitattava pinnankorkeus muuttuu, kapasitanssin muutos konvertoidaan pinnankorkeudeksi. Anturi voi olla sauva- tai vaijerimallinen, ja pinnankorkeus voidaan mitata koko anturin matkalta. Tätä vaihtoehtoa on käytetty myös murskainsovelluksissa (13). (12.)

Jatkuvaan ja kokoaikaiseen pinnanmittaukseen käytetään **magnetostriktiivistä mittausta**. Mittaus perustuu magneettiseen uimuriin ja sille määritettävään asentoon. Anturit täytyy kiinnittää pinnankorkeuden ilmaisimen ulkopuolelle. (12.)

**Mikroaaltoimpulsseihin** perustuva pinnanmittaus on kosketuksetonta mittausta. Tässä menetelmässä linssi tai antenni toimii lähettäjänä, joka lähettää mikroaaltoimpulsseja kohti tarkasteltavaa pintaa. Vastaanottimen avulla mitataan signaalin paluuajan viive. Tämän avulla voidaan laskea etäisyys pinnasta. (12.)

**Ultraäänipinnanmittauksessa** anturi toimii kuin kaikuluotain, joka lähettää ja vastaanottaa ultraäänipulssin. Anturi lähettää pulssin säiliön yläpuolelta, josta sillä on yhteys mitattavaan aineeseen. Mitattavan aineen pinnasta ultraäänipulssi heijastuu takaisin anturiin. Näiden heijastusten aikavälin perusteella voidaan laskea etäisyys pinnasta. Tärkein ominaisuus ultraäänimittauksessa on se, että koko mittaustapahtuma voidaan suorittaa kosketuksettomana. Tämä on yleinen menetelmä murskainsovelluksissa. (14.)

## 5.2 Pinnanmittauksen haasteet

Pinnanmittauksessa on useita haasteita. Aineesta riippuen pinta voi käyttäytyä epätasaisesti tai olla esimerkiksi pölyävä. Kosketukseen perustuvissa pinnanmittaustavoissa mittalaitteet voivat vaurioitua tai jäädä jumiin. Siksi täytyy selvittää jokaiseen käyttökohteeseen paras mahdollinen pinnanmittaustapa. (12.)

Puhuttaessa leukamurskaimen kidan kivipinnanmittauksesta ja -valvonnasta on otettava huomioon monia asioita. Oikea tapa täytyy valita hyvin tarkasti, koska ympäristö ja olosuhteet voivat olla todella haastavia. Aiemmin mainittu punnuksellinen tai kosketukseen perustuva pinnanmittauslaite on vaarassa jäädä jumiin, joten joudutaan käyttämään kosketuksetonta mittausta. Mitattavan kiviaineksen pinta on käytännössä aina epätasainen, ja anturin on oltava kohdistettavissa tarkasti.

Pinnanvalvontalaite joutuu alttiiksi talvisin kylmille, pakkasen tuomille olosuhteille, joten sen täytyy olla niiden kestävä. Toisesta ääripäästä löytyy kesäiset säät. Silloin kiviaineksesta irtoaa valtava määrä pölyä, joka ei saisi vaikuttaa anturin luotettavuuteen ja toimintaan.

Kiviaines voi käyttäytyä myös odottamattomalla tavalla syötinlaitteelta tullessaan. Esimerkiksi jos yksittäinen kivi sattuu lentämään anturin mittausalueelle, se ei saisi aiheuttaa prosessin keskeytymistä. Tätä hallitaan laitteiston ohjauksessa esimerkiksi aikareleillä tai logiikkaohjauksella.

## 6 YHTEENVETO

Leukamurskaimen toimintaan ja pinnanvalvontajärjestelmien vaihtoehtoihin tutustuminen antoi hyvän käsityksen siitä, kuinka paljon nämä toimiessaan vaikuttaisivat murskaimen tuotantokapasiteettiin ja käyttäjäystävällisyyteen. Aihe oli monipuolinen ja mielenkiintoinen.

Työn teoriaosuudessa esitettyjen taustatietojen perusteella aloin suunnitella ja toteuttaa pinnanvalvontalaitteistoa räätälöidylle Sandvikin laitteelle. Useampien mittausvaihtoehtojen jälkeen päädyin kosketuksettomaan mittaukseen. Tälle mittaustavalle murskaimeen soveltuisi kapasitiivinen anturi tai ultraäänianturi. Ohjaustapoja näille vaihtoehdoille olisi suora ohjaus käynnistinlaitteelle tai loogikkaohjaus. Tutkimus- ja kehitystyö sekä niiden tuloksena syntynyt toteutussuunnitelma käsitellään työn liitteissä sen ollessa toimeksiantajani luottamuksellista tietoa.

Opinnäytetyön aihe edisti omaa oppimistani merkittävästi. Työtä suunnitellessa ja taustatietoa haikessa tutustuin laajasti eri toteutusvaihtoehtoihin. Nämä sekä asiakkaan toiveet ja tarpeet huomioiden sain valittua järjestelmään komponentit ja ohjaustavat, jotka ovat tuotannon ja käyttövarmuuden kannalta parhaat. Tuotantoprosessia simuloitiin Sandvikin omalla simulointiohjelmalla. Lisäksi tehtiin käytännön toimintakokeita. Näiden perusteella sain laadittua suunnitelman, jonka mukaan pinnankorkeusmittaus integroidaan osaksi murskaimen ohjausjärjestelmää. Työn toimeksiantaja pystyy tarjoamaan sitä eteenpäin asiakkaalle. Koska aihe painottui automaatiotekniikkaan, opinnäytetyö toi minulle myös uusia ammatillisia haasteita.

## LÄHTEET

1. Paalumäki, Tauno; Lappalainen, Pekka; Hakapää; Antero 2015. Kaivos- ja louhintatekniikka. Suomi: Opetushallitus.
2. Daswell 2022. Mobile VS Stationary Crushing Plant for Selection. Hakupäivä 23.2.2024 <https://daswell.com/blog/mobile-and-stationary-crushing-plant-for-selection/>
3. Aggregate Equipment 2016. Sandvik UH450 Mobile cone crusher. Hakupäivä 23.2.2024 <https://www.aggregateequipment.ca/product/sandvik-uh450e-mobile-cone-crusher/>
4. Savree 2024. Crusher Types. Hakupäivä 23.2.2024 <https://savree.com/en/encyclopedia/gyratory-crusher>
5. Savree 2024. Gyratory Crusher Components. Hakupäivä 23.2.2024 <https://savree.com/en/encyclopedia/gyratory-crusher>
6. Rammer 2024. Hydraulic Hammers. Hakupäivä 24.4.2023 <https://www.rammer.com/>
7. Blue Group 2020. Cone Crusher Applications. Hakupäivä 23.2.2024 <https://blue-group.com/news/news-articles/cone-crusher-applications/>
8. Kaiva 2014. Hienonnus, Kiintoaineiden lajittelu. Hakupäivä 29.2.2024 [https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnus\\_Kaiva-fi.pdf](https://kaiva.fi/wp-content/uploads/2014/12/Hienonnus_Kaiva-fi.pdf)
9. Sandvik Rock Processing 2020. SL Horizontal Screens. Hakupäivä 1.3.2024 <https://www.rock-processing.sandvik/en/products/stationary-crushers-and-screens/stationary-screens-and-feeders/sl-horizontal-screens/>
10. Melissa Baker 2020. Robust and reliable mobile solution with Sandvik UJ440i Jaw Crusher. Hakupäivä 1.3.2024 <https://www.rocktechnology.sandvik/en/news-and-media/news-archive/2020/03/robust-and-reliable-mobile-solution-with-sandvik-uj440i-jaw-crusher/>

11. Lukkarinen, Toimi 1985. Mineraalitekniikka osa 1, Mineraalien hienonnus, 2.painos. Suomi: Insinööritieto.

12. Tiedesirkus 2022. Tarkoituksenmukainen pinnanmittauslaite tukee tuotantoprosessin sujuvuutta. Hakupäivä 2.3.2024 <https://tiedesirkus.fi/tarkoituksenmukainen-pinnanmittauslaite-tukee-tuotantoprosessin-sujuvuutta/>

13. Sandvik Rock Processing. Sisäinen lähde (Luottamuksellinen).

14. Korjausrakentaminen 2021. Pinnanmittaus lasersäteellä tai ultraääneen perustuvalla menetelmällä ei vaadi kosketusta mitattavaan ainekseen. Hakupäivä 11.3.2024 <https://www.korjausrakentaminen2014.fi/pinnanmittaus-lasersateella-tai-ultraaaneen-perustuvalla-menetelmalla-ei-vaadi-kosketusta-mitattavaan-aineeseen/>

## LIITTEET

Liite 1. SANDVIK UJ310 Leukamurskainyksikön esittely. (Luottamuksellinen).

Liite 2. Pinnanvalvonnan liittäminen murskainyksikköön. (Luottamuksellinen).

Liite 3. Automatisoidun pinnanvalvonnan toteutus. (Luottamuksellinen).