



# Produktionssimulering vid Auramo Oy

Camilla Lindberg

Examensarbete för ingenjörsexamen (YH)  
Utbildningsprogrammet för produktionsekonomi  
Vasa 2012



## EXAMENSARBETE

Författare: Camilla Lindberg

Utbildningsprogram och ort: Produktionsekonomi, Vasa

Handledare: Lars Erik Björklund

*Titel: Produktionssimulering vid Auramo Oy*

---

Datum 2.5.2012

Sidantal 19

Bilagor 12

---

### Sammanfattning

Examensarbetets syfte är att ta i bruk simuleringsprogrammet DyNaMoX hos uppdragsgivaren Bolzoni-Auramo Oy i Vanda. Företaget tillverkar tilläggsutrustning för truckar, t.ex. rull- och balklämaggregat. Simuleringsprogrammet DyNaMoX är en SQL-baserad Access-applikation, som kan användas för granskning av produktionens kapacitet och simulering av leveransförmåga.

De slutgiltiga simuleringsmodellen blev väldigt enkel, en till två operationspunkter per funktionspunkt togs med och rutterna gjorde så korta som möjligt. Den enkla modellen valdes för att den återskapade den verkliga situationen i produktionen allra bäst.

För att få resultat från programmet matas beställningar och leveransdatum in i programmet. Efter det går det att avläsa resultatet från frågeformulären. Använder man de frågeformulär som kommer med programmet kan man utläsa hur stor kapacitet som används vid de arbetspunkterna som är inmatade i programmet, styrningspunkter, per del osv. Resultatet går att avläsa per dag till och med leveransdagen. Frågeformulären kan anpassas enligt kundens önskemål.

---

Språk: svenska

Nyckelord: simulering, produktion, skräddarsydd produktion

---

Tillgängligt i webbiblioteket Theseus.fi

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Camilla Lindberg

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Tuotantotalous, Vaasa

Ohjaaja: Lars Erik Björklund

*Nimike: Tuotantosimulointi Auramo Oy:ssä*

---

Päivämäärä 2.5.2012

Sivumäärä 19

Liitteet 12

---

### Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli ottaa käyttöön simulointiohjelma DyNaMoX vantaalaisessa yrityksessä nimeltään Bolzoni-Auramo Oy. Yritys on Euroopan suurin trukkilisälaitteiden valmistaja.

DyNaMoX on SQL:lla toteutettu Access-sovellus, joka soveltuu tuotannon kuormitustarkasteluun ja toimituskyvyn simulointiin.

Lopullisesta simulointimallista tuli erittäin yksinkertainen. 1-2 työpistettä ohjauspistettä kohti otettiin mukaan ja reiteistä tehtiin niin lyhyitä kuin mahdollista. Tämä malli valittiin useista vaihtoehdoista, koska se kuvaa parhaiten tuotannon tapahtumia. Tulokset luetaan kyselylomakkeista, kun tilaukset ja niiden toimituspäivämäärät on syötetty. Peruskysely-lomakkeista saa tulokset joka työpisteestä, ohjauspisteestä, osasta jne. Tulokset on mahdollista saada päivittäin toimituspäivämäärään asti. Kyselylomakkeet on mahdollista räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: simulointi, tuotanto, massaräätälöinti

---

## **BACHELOR ´S THESIS**

Author: Camilla Lindberg

Degree Programme: Industrial Management, Vaasa

Supervisor: Lars Erik Björklund

*Title: Simulation of the production in Auramo Oy*

---

Date 2.5.2012

Number of pages 19

Appendices 12

---

### **Summary**

The purpose of this thesis is to make use of production simulation application DyNaMoX in the company Bolzoni-Auramo Oy in Vantaa. The company is manufacturing truck attachments. The production simulation application DyNaMoX is an SQL-based Access application, which can be used to investigate the usage of manufacturing capacity and to simulate the capability to deliver. The final model for the simulation was simple; 1-2 operation points were included in almost every function point. The routes were made as short as possible. The simplest model of the simulation models gave the best result of them all. The result was closest to the situation in the production. To get the simulation results one has to input orders and delivery dates into the application. The results can be read from the query forms. From the standard queries you can see how much capacity is used in the operation points and function points that have been fed into the application. The query forms can be tailored to the customers' requests.

---

Language: swedish

Key words: simulation, production, manufacturing

---

Filled in the electronic library Theseus.fi

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Bolzoni-Auramo Oy.....</b>	<b>2</b>
2.1. Historia .....	2
<b>3. Variantastic Oy.....</b>	<b>2</b>
3.1. Simuleringsprogrammet DyNaMox.....	2
<b>4. Syfte och problemprecisering.....</b>	<b>3</b>
4.1. Problemprecisering.....	4
4.2. Syfte.....	5
<b>5. Simuleringsprogrammet för Auramo Oy.....</b>	<b>5</b>
5.1. Funktions- och operationspunkter i simuleringsmodellen.....	5
5.2. Simuleringsmodell.....	7
<b>6. Undersökning av tider och rutter i produktionen.....</b>	<b>10</b>
6.1. Förbehandling.....	10
6.1.1. Operationspunkter i simuleringsprogrammet.....	11
6.1.2. Byte av skiva och skärmaskin.....	11
6.2. Svetsavdelning.....	12
6.2.1. Operationspunkter i simuleringsprogrammet.....	12
6.2.2. Punktsvetsning .....	13
6.2.3. Svetsrobot .....	13
6.2.4. Svetsbåsen .....	13
6.3. Maskinbearbetning .....	14
6.3.1. Operationspunkter i simuleringsprogrammet.....	14
6.3.2. CNC-maskin.....	14
6.3.3. Manuell fräs.....	15
6.4. Gradning .....	15
6.4.1. Operationspunkter i simuleringsprogram.....	16
6.5. Svängventil .....	16
6.5.1. Operationspunkter i simuleringsprogrammet .....	16
6.6. Montering .....	16
6.6.1. Operationspunkter i simuleringsporgrammet .....	17
<b>7. Sammanfattning av undersökningen.....</b>	<b>17</b>
<b>8. Resultat och tolkning .....</b>	<b>18</b>
<b>9. Kritisk granskning och diskussion .....</b>	<b>19</b>
Källförteckning.....	20

## 1 Inledning

Mitt examensarbete har varit att sammanställa en simulering för simuleringsprogrammet DyNaMoX. Grundinformationen har tagits från modellens arbetsorder. Konsultföretaget Variantastic Oy har utarbetat simuleringsprogrammet. Programmet räknar ut produktionens kapacitet och leveransförmåga. Kapaciteten kan räknas ut per operationspunkt, funktionspunkt, komponent eller anpassas enligt kundens behov.

Projektet startades i januari 2011. Målet var att utarbeta en simuleringsmodell som passar Auramo. De har tidigare försökt ta programmet i bruk, men efter tekniska problem stannade projektet upp. Detta projekt startar från noll för att det skulle ta mer tid att hitta felet i den gamla databasen än att börja om från början. Utvecklingschef Mika Hyyrynen har varit min kontaktperson vid Auramo. Även Pekka Harju VD vid Variantastic Oy har varit min mentor och hjälpt mig med simuleringen.

Vid mina besök vid Auramo berättade Hyyrynen (muntlig kommunikation 23.2.2011) att det kommer att ske stora förändringar hos dem med början våren 2011. De håller på och införa LEAN i produktionen, de tar en avdelning åt gången.

## 2 Bolzoni-Auramo Oy

Bolzoni-Auramo Oy tillverkar tilläggsutrustning som rull- och balklämaggregat till truckar. Företagets Finlands kontor och produktionsanläggning ligger i Vanda. Antalet anställda i Finland är ca 100 st och anläggningen är ca 6 000 m<sup>2</sup> stor. Huvudkontoret ligger i Italien.

### 2.1 Historia

Auramo Oy grundades av Hannu Auramo år 1947 som ett ingenjörsföretag. Företaget producerade cylindrar och olika lösningar för lagerhantering. På 1960-talet, inriktade sig företaget mot pappersindustrin, genom att börja tillverka rull- och balklämaggregat.

Bolzoni S.p.A ligger i Italien, Casoni di Podenzanossa, i Piacenza. Företaget grundades 1945 och de studerade lösningar för byggmaterialhantering. Bolzoni köpte upp företaget TEKO 1987, som specialicerade sig på tillverkning av pallyft och lyftbord.

Koncernen Bolzoni-Auramo Oy är grundad 2001, idag är koncernen den största i Europa på att tillverka tilläggsutrustningar till truckar. Bolzoni S.p.A har varit noterat på Milanos börs, i STAR segmentet, sedan maj 2006. Koncernen har verksamhet i alla världsdelar. Till koncernen hör 7 produktionsenheter och 20 företag. Organisationen har 800 anställda. ([www.bolzoni-auramo.com](http://www.bolzoni-auramo.com))

### **3 Variantastic Oy**

Konsultföretaget Variantastic Oy/MR-Keskus ägs och leds av konsult Pekka K.J. Harju. Företaget håller föreläsningar och utbildningar inom ämnet kundanpassad massproduktion. Boken ”Kvalitatiivinen kyvykkyys, massaräätälöinnin periaatteet ja menetelmät” är skriven av Harju och publicerad 1999. Auramo och Variantastic Oy har samarbetat under en lång tid med att förbättra kapaciteten vid Auramo. De flesta av tjänstemännen och arbetsledarna har deltagit i Harjus kurser.

#### **3.1 Simuleringsprogrammet DyNaMoX**

Harju har utvecklat programmet DyNaMoX. Programmet används främst av kunder som deltagit i hans kurser. Programmet och manualen kan fås genom att kontakta Variantastic Oy.

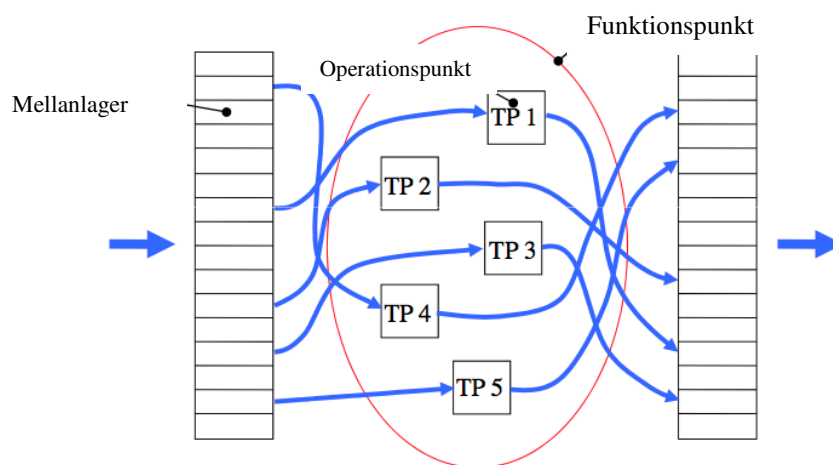
Simuleringsprogrammet DyNaMoX är SQL-baserad Access applikation. Kan användas för allokering av produktionens kapacitet och simulering av leveransförmåga.

Till databasen behövs information om vilka komponenter modellen består av, hur länge olika operationer pågår, hur många personer arbetar vid operationspunkterna

och komponenternas rutter. En operationspunkt är en plats där en arbetare utför ett arbete. Funktionspunkt jämföras med en avdelning. Under en funktionspunkt finns det oftast flera operationspunkter. En rutt är hur komponenten och funktionspunkterna är kopplade mellan varandra, det finns många rutter och ruttmöjligheter. Arbetstid är hur länge det tar att utföra en operation. En simuleringsmodell är helheten av alla operationspunkter, funktionspunkter, rutter och arbetstider.

I simuleringen behövs inte alla operationspunkter eller funktionspunkter tas med, vilka punkter som tas med avgörs när modellen ritas upp. Inmatningen av uppgifter i programmet underlättas om det finns en modell på papper. När informationen är inmatad i databasen görs en testkörning. Resultatet från testkörningen avgör om databasen är korrekt inmatad. Blir det ett orealistiskt svar så är det något fel i rutterna eller i tiderna.

Resultat som fås från standardprogrammet är hur stor allokeringen är, t.ex. per funktionspunkt, per operationspunkt och per komponent.



*Figur 1: Exemplet visar att det finns fem operationspunkter, delarna tas från mellanlagret och bearbetas och sedan förs den till följande mellanlager. (Harju, 1999)*

## 4 Syfte och problemprecisering

Syftet med examensarbetet är att ta i bruk simuleringsprogrammet DyNaMoX. Problemet var att hitta en modell som gav en rättvis bild av produktionens allokering och leveransförmåga. Flera simuleringsmodeller gjordes och slutresultaten jämfördes för att se vilken modell som gav det mest verklighetstroga resultatet. Auramo har många modeller, i examensarbetet togs åtta modeller med, en från varje produktgrupp. Syftet var att de kan börja använda programmet med åtta modeller och lära sig hur det fungerar och sedan utöka antalet modeller i simuleringen.

### 4.1 Problemprecisering

Grunduppgifterna för simuleringsmodellerna tas från produktmodellens arbetsorder. Det finns en arbetsorder för varje arbetsskede. I arbetsordern står vilken komponent som ska bearbetas, maskintid, arbetstid och vart delen ska föras efteråt. Verkligheten stämmer inte alla gånger med vad som står på arbetsordern. Alla operationspunkter finns inte med på ordern, komponenterna tar en annan rutt osv.

Att hitta en simuleringsmodell som beskriver produktionens kapacitetsutnyttjande på bästa sätt visade sig vara väldigt svårt. Det finns otaliga sätt att koppla ihop komponenter, operationspunkter och funktionspunkterna. När det blir för många mellanlager i programmet drar det ner på beläggningen och ger en fel bild av verkligheten.

## 4.2 Syfte

Syftet med simuleringsresultatet är att kunna testa olika scenarion i produktionen. Programmet kan även användas för att simulera hur stor beläggningen är i produktionen enligt de beställningar och leveransdatum som matas in i programmet. På detta sätt kan antalet flaskhalsar minimeras och antalet arbetare optimeras per operationspunkt.

Inledningsvis är det kapacitetsutnyttjandet vid operations- och funktionspunkterna som intresserar. Simuleringsprogrammet kan kopplas direkt till företagets ERP och då kan simuleringen köras enligt verkliga beställningar.

ERP är ett affärssystem som avser att ta hand om företags informationshantering, t.ex. fakturering, inköp och personaladministration. Med hjälp av ett ERP-system kan tillverkningsavdelningen alltid få information om lagret.

## 5 Simuleringsprogrammet för Auramo Oy

För att förstå simuleringsprogrammet börjar jag med att förklara vilka grunduppgifter som behövs för att göra en simulering. Redovisar även programmets slutresultat för att ge en bättre bild av helheten. Programmets manual finns som bilaga 1.

### 5.1 Funktions- och operationspunkter i simuleringsmodellen

Funktionspunkt är jämförbar med en avdelning. Under en funktionspunkt finns det oftast flera operationspunkter. Harjus definition på operationspunkt är ”Työpiseiksi kutsutaan tässä nimikkeen jalostukseen käytettyö resurssia, jolle kuormitus tavallisesti lasketaan”. (Harju, 1999, s 79). Auramo hade klart från början vilka funktionspunkter som ska tas med medan de hade olkart vilka operationspunkter som skulle tas med.

### Funktionspunkter i simuleringen

- ESI = esikäsitteily - förbehandling
- HIT = hitsaus - svetsning
- JÄP = jäysteenpoisto - gradning
- KOK = kokoonpano - montering
- KON = koneistus - maskinell bearbetning
- KOV = venttiilien kokoonpano - montering av ventiler

Efter att ha testat olika modeller, kom vi fram till att följande operationspunkter tas med i den slutliga simuleringsmodellen.

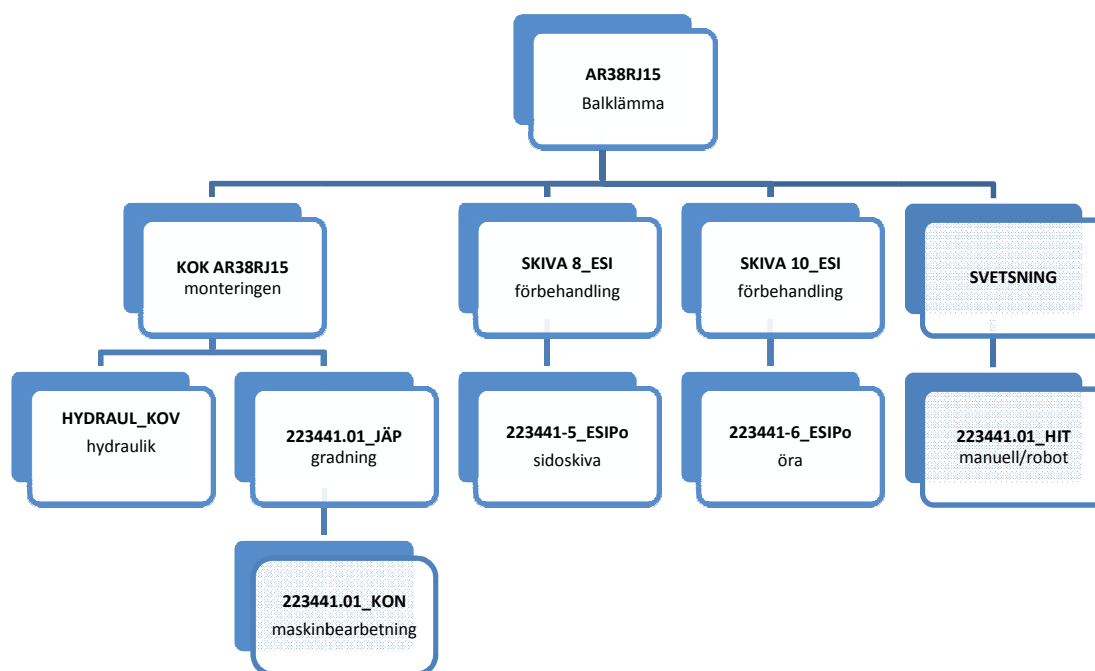
OP	Antal arbetare	Tid	Skift	FP	Förklaring
ESIPo	1	480	1	ESI	Polttoleikkaus - Skärning med gas
HITESI	1	480	1	HIT	Silloitus - Häftning
HITMAN	1,5	480	1	HIT	Manuaalien hitsaus - Manuell svetsning
HITROB	1	480	2	HIT	Hitsaus robotti - Svetsning med robot
JÄP	2	480	2	JÄP	Jäysteenpoisto - Gradning
KOK	4	480	1	KOK	Kokoonpano - Montering
KONCNC	4	480	2	KON	CNC koneistus - CNC bearbetning
KONMAN	1	480	1	KON	Manuaali koneistus - Manuell bearbetning
KOV	2	480	1	KOV	Venttiilien kokoonpano - Montering av ventiler

OP = operationspunkter, FP = funktionspunkter

## 5.2 Simuleringsmodell

Detta är en förenklad version av en simuleringsmodell för modellen AR38RJ15. I förbehandlingen delas komponenterna enligt tjockleken, huvudgrupp blir t.ex. SKIVA\_8\_ESI, SKIVA\_10\_ESI. De komponenter som är 8 mm kopplas till huvudgruppen SKIVA\_8\_ESI. Skivornas huvudgrupp är sedan kopplade till slutprodukten AR38RJ15.

Under monteringen "KOK AR38RJ15" finns det tre funktionspunkter, maskinell bearbetning (223441.01\_KON), gradning (112441.01\_JÄP) och montering av ventiler (HYDRAUL\_KOV).



Figur 2: Detta är en enkel modell hur simuleringsprogrammet är uppbyggt.

### Exempel 1. Belastning per komponenter

Tabellen är kopierad från simuleringsprogrammet. Den visar hur stor beläggningen är vid operationspunkterna. Komponent 225817.01\_JÄP belägger gradningen med 3,92%. Arbetet utförs förhand med vinkelslip. Komponenten belastar CNC-maskinen med 10,75%. Varje komponent kopplas till en operationspunkt och den kopplas sedan till följande funktionsskede eller direkt till slutprodukten.

Tabell 1. Huvudanalysen för några komponenter av en balklämma.

Huvudanalys	Operationspunkt	Beläggning
225817.01_JÄP	JÄP	3,92%
225817.01_KON	KONCNC	10,76%
225821.01_HIT	HITMAN	7,45%
225821.01_HIT	HITROB	3,46%
225821.01_HITESI	HITESI	10,13%
225821.01_JÄP	JÄP	2,46%

### Exempel 2. Beläggningen på operations- och funktionspunkter

Resultatet i tabellerna visar beläggningen vid tillverkning av en och fem balklämmor per operation- och styrningspunkt. Genom att öka antalet beställningar kan flaskhalsar lokaliseras, de finns var beläggningen överstiger 100 %.

Tabell 2. Beläggningen per operationspunkt och styrningspunkt vid tillverkning av en balklämma.

Beläggning per operationspunkt	
Operationspunkt	Beläggning
ESIPo	17,76%
HITESI	39,24%
HITMAN	54,22%
HITROB	19,71%
JÄP	13,85%
KOK	28,02%
KONCNC	27,44%
KONMAN	16,00%
KOV	23,54%

Beläggning per funktionspunkt	
Funktionspunkt	Beläggning
ESI	17,76%
HIT	53,47%
JÄP	13,85%
KOK	28,02%
KON	24,74%
KOV	23,54%

Tabell 3. Beläggning per operationspunkt och styrningspunkt vid tillverkning av fem balklämmor. Missvisande är att leveransdagen är samma för alla.

### Tillverkning av fem balklämmor:

Beläggning per operationspunkt	
Operationspunkt	Beläggning
ESIPo	88,79%
HITESI	196,20%
HITMAN	271,12%
HITROB	98,53%
JÄP	69,25%
KOK	140,10%
KONCNC	137,22%
KONMAN	80,00%
KOV	117,71%

Beläggning per funktionspunkt	
Funktionspunkt	Beläggning
ESI	88,79%
HIT	267,35%
JÄP	69,25%
KOK	140,10%
KON	123,72%
KOV	117,71%

Vid operationspunkten ESIPo skärs delar ut från metallskivor. Arbetspunkten "ESIPo" hör till funktionspunkten ESI. För att hålla en röd tråd med förkortningarna är de tre första bokstäverna samma på operations- och funktionspunkterna t.ex. HIT-svetsning. Under svetsning finns det tre operationspunkter: HITESI-punktsvetsar ihop komponenterna, HITMAN-komponenten svetsas manuellt; HITROB-komponenten svetsas i roboten. Operationspunkterna är alla kopplade till funktionspunkten HIT (svetsning). JÄP hör till funktionspunkten JÄP. KONCNC och KONMAN hör till funktionspunkten KON.

## **6 Undersökning av tider och rutter i produktionen**

Vid de första besöken vid Auramo bekantade jag mig med produkterna och arbetsordrarna. Veldig viktig var att kunna läsa och förstå arbetsordrarna för att få en helhetsbild av vad som händer i produktionen.

Tillbringade tio dagar i produktionen för att se vad som hände. Undersökningen startade i förbehandlingen och slutade i monteringen. Vid varje operationspunkt iakttog jag arbetaren som berättade vad som hände och hur maskinen fungerade. Efter det tog jag tid på arbetsskedet och dokumenterade vilken komponent som bearbetades. Arbetsskeden tog från några sekunder till timmar. Tiderna som dokumenterades var endast för företaget. Jag hade inte möjlighet att dokumentera alla åtta modeller under de dagar jag var i produktionen. Därför bestämdes det att alla tider tas från Sonett för att de kan jämföras sinsemellan och när de ändras tider i Sonett (ERP-program) ändras de i simuleringsprogrammet.

Tiderna i Sonett är uppdelade i maskintid och persontid. Maskintid är den tid det tar t.ex. för svetsroboten att svetsa en balklämma. Persontid är när arbetaren slipar en komponent (JÄP).

I Sonett räknas att en timme är 100. I de första simuleringsmodellerna var tiden satt i samma enhet. Problem uppstod när vissa arbetsskeden tog bara några sekunder eller några minuter. Efter det ändrades alla tider i simuleringsprogrammet till minuter.

Rutt betyder vilken väg komponenterna tar för att komma till slutprodukten. Rutterna i simuleringsprogrammet är inte identiska med hur de går i produktionen. I simuleringsprogrammet har en del operationspunkter lämnats bort.

### **6.1 Förbehandling**

Vid förbehandlingen arbetar fyra personer och de arbetar oftast i ett skift, antalet skift ökas vid behov. I förbehandlingen finns det nio operationspunkter: byte av skiva, skärning vid skärmaskin, putsning av kanter, sandblåstring, borrar, uträtning, böjning, lilla skärmaskin (används bla för att skära kanter sneda) och rundning av

kanter. Den vanligaste rutten är att skivan tas in, ställs på plats, komponenterna skärs ut, lyfts upp i lyften och kanterna putsas med en vinkelslip. Putsningen tar några sekunder per komponent. Komponenten placeras på sandblästringsmaskinens transportband. När transportbandet är fullt körs komponenterna in i sandblästringsmaskinen. När komponenterna är sandblästrade lyfts de på lastpallar och förs till lagerhyllor i väntan på följande skede. De andra operationspunkterna lämnas bort bl.a. för att de inte påverkar beläggningen i förbehandlingen tillräckligt mycket.

### **6.1.1. Operationspunkter i simuleringsprogrammet**

I den slutliga simuleringsmodellen är det två operationspunkter som tas med, byte av skiva och skärmaskinen. I de första simuleringsmodellerna hade vi med sex av nio operationspunkter. Slutresultatet blev missvisande när det blev för många mellanlager och vi minimerade det sedan till två operationspunkter.

Skärmaskinen har fyra brännare och antalet som används beror på vad som ska skäras ut. Utskärning av en komponent med en brännare tar t.ex. 4 min, om det finns fyra likadana komponenter i modellen placeras de bredvid varandra i skärprogrammet och skärs ut samtidigt. Det tar 4 min att skära ut fyra stycken komponenter. Räknas skärtiden per komponent är sluttiden 16 min. För att lösa detta räknas att skärtiden är 4 min för fyra komponenter. Samma princip gäller för två komponenter.

### **6.1.2 Byte av skiva och skärmaskin**

Metallskivornas tjocklek varierar mellan 6–70 mm. Skivbyte sker flera gånger under ett skift. Ibland skär de ut endast några komponenter ur skivan och andra gånger använder de hela skivan. När skivan byts rullas den ut på transportbandet. När skivan rullats in till skärmaskinen placeras den av skötaren på rätt ställe och nollpunkten sökes. Skivbyte tar ca 15 min. Byts skivan fyra gånger per skift tar det 60 min.

Skärmaskinen har fyra brännare och drivs med gas. Ansvar för skärmaskinen cirkulerar, alla på avdelningen ansvarar för den en vecka åt gången. Där ingår att kontrollera skärprogrammet, överflytta det till skärmaskinen att byta skiva och att flytta komponenterna från skivan till följande operationspunkt.

## **6.2 Svetsavdelning**

Svetsningsavdelningen är följande bearbetningsplats för komponenterna. På svetsavdelningen arbetar sex personer uppdelade på två skift. Det finns sex operationspunkter, fem för manuell svetsning och en för svetsrobot.

Arbetsuppdelningen i korthet är att en svetsare punktsvetsar ihop komponenterna till en balklämma, komponenten tas loss från jiggen och placeras på en lastpall. Lastpallen förs till mellanlagret vid svetsroboten. Tre balklämmor fästes på jiggen som sedan placeras på svetsrobotens transportband. När balklämmorna kommer ut från svetsroboten, lossas balklämmorna från jiggen och svetsaren svetsar de fogar som roboten inte klarat av. Komponenten flyttas på en lastpall och förs till lagerhyllan i väntan på maskinell bearbetning. De andra svetsarna svetsar bl.a. specialklämmor och balklämmor som enligt arbetsordern ska svetsas förhand.

### **6.2.1 Operationspunkter i simuleringprogrammet**

I simuleringsmodellen har svetsavdelningen tre operationspunkter: HITESI, punktsvetsning, HITROB, roboten eller HITMAN, manuell svetsning.

HITESI är där komponenterna punktsvetsas ihop. Det görs oavsett om balklämman ska till roboten eller till manuell svetsning. Efter HITESI svetsas delen i roboten eller manuellt.

Det räknas ingen persontid för punktsvetsning av balklämmans stomme, för att detta arbete utförs när svetsroboten är igång. Det är endast svetsstiden i roboten som tas i beaktande för stommen.

### **6.2.2 Punktsvetsning**

En svetsare punktsvetsar ihop balkklämman. Komponenterna sätts fast i en jigg, sedan punktsvetsas de så att de blir stabila. Sedan flyttas delen till en lastpall och förs till mellanlagret vid roboten. Antalet personer som utför jobbet kan lätt anpassas till mängden arbete.

### **6.2.3 Svetsroboten**

Robotskötaren lyfter upp klämmorna och fäster dem på svetsrobotens jigg. Oftast är det tre klämmor som sätts fast på en jigg. Jiggen lyfts upp på transportbandet. Maskintiden för svetsningen varierar från 0,5–2 timmar. När roboten är igång punktsvetsar robotskötaren stommar. När roboten svetsat klart körs jiggen ut och delarna lösgörs från jiggen och placeras på svetsbordet. Robotskötaren svetsar de fogar roboten inte klarar av. Samtidigt kontrolleras att roboten har gjort ett bra arbete. När detta är klart förs delarna till en lagerhylla i väntan på följande arbetsskede. På arbetsbeskrivningen står det till vilken hylla delarna ska föras. Följande funktionspunkt efter svetsningen är maskinbearbetning eller putsning.

### **6.2.4 Svetsbåsen**

Det finns tre svetsbåsar. En del produkter svetsas manuellt för att robotens beläggning utnyttjas maximalt eller för att arbetsordern kräver att de ska svetsas manuellt. Specialprodukter svetsas oftast manuellt. I simuleringsprogrammet är det räknat att det tar 1,6 gånger längre tid att svetsa manuellt jämfört med roboten.

## **6.3 Maskinbearbetning**

Maskinbearbetning är följande funktionspunkt efter svetsning. Fem personer arbetar på avdelningen och ofta i två skift. Det är fem operationspunkter och de är två CNC-maskiner och tre fräsar.

Skiftet börjar med att arbetaren skriver ut arbetsorder från Sonett för att veta vilka komponenter som ska bearbetas. Programmet i maskinen uppdateras enligt den modell som ska bearbetas. Komponenterna hämtas från lagerhyllorna, balklämmorna eller stommen fästs i jiggen och bearbetningen börjar.

### **6.3.1 Operationspunkter i simuleringprogrammet**

Två operationspunkter tas med i simuleringsmodellen, det är CNC-automatisk och en fräs. Båda gör samma arbete men bearbetningstiden är olika. CNC-maskinen används för bearbetning av bakskivan och stommen, det är enda ruttmöjligheten för dem. Balklämmorna har två ruttmöjligheter, det är CNC-maskinen (KONCNC) eller den manuella vägen, fräsen (KONMAN).

### **6.3.2 CNC-maskin**

CNC-maskinen är helautomatisk. Arbetschemat cirkulerar, alla på avdelningen ska kunna använda maskinen. Maskinen körs oftast i två skift och ett tredje oövervakat vid behov.

Under bearbetningens gång kontrollmäts hålen i balklämman eller stommen och samtidig granskas borren. När programmet är slut körs jiggen ut och följande jigg körs automatiskt in i maskinen. Vid CNC-maskinen är verktygen placerade nära de operationspunkter var de behövs. De bearbetade komponenterna förs till lagerhyllor utanför gradningen.

### 6.3.3 Manuell fräs

Vid funktionspunkten finns det tre manuella fräsar. Fräsarna används till olika ändamål. Det är endast en av fräsarna som tas med i simuleringsprogrammet. Det är den fräs som används för att utföra likadant arbete som CNC-maskinen. De två andra fräsarna används för specialprodukter och att göra bl.a. fåror i klämlappar.

## 6.4 Gradning

Avdelningen efter maskinell bearbetning är gradning. På finska kallas denna avdelning jäppäys, (gradning). Vid gradning slipas varje del med vinkelslip. Varje svetsfog slipas slät och hela ytan blir blank.

Fyra personer arbetar på avdelningen, delat på två skift. Operationspunkterna består av två rum. Arbetsrummen finns mitt i produktionshallen, rummen har specialventilation och arbetarna har specialutrustning när de arbetar. Det uppstår mycket damm under slipningen.

Alla synliga ytor på slutprodukten slipas. Sliptiden varierar, för att alla svetsfogar ser olika ut. När svetsfogen är tjockare och ojämnare tar det längre tid att slipa. Arbetstiden för en produkts delar kan ta 0,25–2,5 h/del. Utseendet på slutprodukterna är väldigt viktigt för företaget. När delen körs ut från gradningen förs den till lagerhyllor vid monteringen.



*Figur 3. Balklämmor efter gradning*

### **6.4.1 Operationspunkt i simuleringprogrammet**

Gradningen är med i simuleringprogrammet, den har förkortningen JÄP. Antal operationspunkter är två stycken.

## **6.5 Svängventil**

Vid funktionspunkten arbetar en person. Arbetsledaren meddelar antalet svängventiler som ska monteras under dagens arbetsshift. Arbetaren utför många andra arbetsuppgifter under dagen, t.ex. flyttar delar från olika funktionspunkter och förbereder slutprodukten för leverans.

### **6.5.1 Operationspunkt i simuleringprogrammet**

Operationspunkten tas med i simuleringen. Arbetstiden för montering av svängventil för standardmodellerna är ca 40 minuter.

## **6.6 Montering**

Det har skett stora förändringar i monteringen under projektets gång. När projektet startade hade alla fyra arbetare en egen operationspunkt var de monterade ihop produkten från början till slut.

Under sommaren 2011 har monteringen ändrats till Lean. Arbetarna har inte längre stationära operationspunkter utan de flyttar mellan punkterna. Detta påverkar inte simuleringmodellen för att monteringen räknas som en punkt och en tid.

Arbetsledaren delar ut arbetsordrar åt arbetarna. Komponenterna de behöver finns i hyllor runt monteringen. Skruvar och tätningar finns i hyllor när operationspunkterna. Varje produkt testkörs och vid behov görs korrigeringar. Arbetsledaren tillkallas och han kontrollerar produkten och om allt är godkänt förs den till målning.

### **6.6.1 Operationspunkt i simuleringprogrammet**

I simuleringsprogrammet är monteringen en funktionspunkt (KOK), det finns inga enskilda operationspunkter. Därför påverkas simuleringen inte av att de ändrat layouten på golvet. Det enda som påverkar simuleringen är hur länge det tar att montera ihop en modell, blir tiden kortare eller längre så ändras tiden i simuleringsprogrammet.

## **8 Sammanfattning av undersökningen**

Undersökningen började på verkstadsgolvet och slutade i ett dataprogram. Genom att konkret vara på verkstadsgolvet kunde jag dokumentera alla arbetsskeden och operationspunkter. Arbetarna var hjälpsamma och ville gärna berätta vad de arbetade med och hur maskinerna fungerade. Det har hjälpt mig mycket att ha varit på verkstadsgolvet och sett konkret hur och vad som händer.

Simuleringsmodeller kan byggas upp på många olika sätt. De kan göras väldigt detaljerade eller enkla. Det som avgör vilken modell som görs är ju vilket mål företaget har för simuleringen. Ett av Auramos mål var att se beläggningen per utvalda operationspunkter och funktionspunkter.

Den första simuleringsmodellen som gjordes, var uppbyggd exakt enligt arbetsordrarna. Produktmodellen innehöll över 600 delar, 8 nivåer, 25 operationspunkter osv. Efterhand som vi testade olika modeller blev det för varje modell mindre nivåer, komponenter och operationspunkter. Många arbetsskeden slogs ihop, t.ex. monteringen. Den blev bara en till slut. Detta gav bästa resultaten, då menas det närmaste man kan komma det som händer i produktionen. Komponenternas verkliga rutter går inte att jämföra med de rutter de har i programmet. Förbehandlingen är ett exempel på detta, den är kopplad direkt till slutprodukten. Detsamma gäller för svetsningen, även den är kopplad direkt till slutprodukten. Det är bara maskinbearbetning som är kopplad till gradningen och gradningen är kopplad till monteringen. Dessa rutter kom till för att ta bort mellanlager och få korrekta simuleringstider.

## 9 Resultat och tolkning

Vad är resultatet av examensarbetet? Resultatet för uppdragsgivaren är ett program de kan använda för att simulera produktionen. Med hjälp av simuleringen kan de teoretiskt visa huvudkontoret eller andra delar av koncernen hur effektiv produktionen är i Finland eller visa vilka problem de har i produktionen. Med simuleringsprogrammet kan de prova olika tillverkningsituationer. Hur mycket klarar de av att producera på samma dag, vilka operationspunkter och funktionspunkter som blir flaskhalsar osv.

När det bildas flaskhalsar i produktionen kan de i programmet prova sig fram till hur många personer som behövs vid en operationspunkt för att det inte ska uppstå en flaskhals. Eller det motsatta, minimera antalet arbetare vid operationspunkter som inte har tillräckligt hög kapacitet.

Resultatet ur min synvinkel är att jag har gett företaget en simuleringmodell. Simuleringsmodellen är inmatad i databasen och den fungerar enligt deras önskemål.

Varje simuleringsmodell har ritats upp i Excel, varje modell har en egen karta. Excel användes för att lätt kunna räkna ihop arbets- och persontider. Simuleringskartorna blev allt från fyra till åtta sidor, beroende på antalet komponenter och operationspunkter. Med hjälp av kartorna är det lättare att göra ändringar i programmet, lättare att få korrekta kopplingar. Varje komponent i databasen måste vara kopplad till en rutt, om det finns en komponent i databasen som inte är kopplad till en annan del fungerar inte programmet. De första modellerna innehöll många komponenter och det var svårt att underhålla programmet. Ju fler komponenter det innehåller desto viktigare att förstå hur programmet fungerar och att ha koll på alla komponenter och rutter. Det går att börja med en enklare simuleringsmodell och sedan bygga på efter hand.

Själv kommer jag inte att se hur Auramo kommer att använda programmet, projektet avslutades i april 2012. De har nu ett fungerande simuleringsprogram, som de kan bygga vidare på.

## 10 Kritisk granskning och diskussion

Projektet har varit långt och lärorikt. Det är lätt att vara efterklok. Det borde ha gjorts en enkel och detaljerad simuleringsmodell i början av projektet för att jämföra resultatet mellan dem. Då hade vi säkert kommit snabbare fram till den modell som passar företaget bäst. Resultatet av simuleringen är teoretiskt, men Hyyrynen på Auramo var överraskad att slutresultatet stämmer bra överens med verkligheten. (Muntlig kommunikation med Hyyrynen, 17.2.2012).

Det medför mycket extra arbete om eller när rutterna kopplas fel eller en komponent inte kopplas alls till en rutt, då gäller det att hitta den och få den kopplad till rätt rutt eller deletera den. Det märks att något är fel när beläggningen vid vissa operationspunkter är alldeles för hög i relation till antalet inmatade beställningar. Då måste alla kopplingar till denna operationspunkt gås igenom. Det är lättare att hantera databasen när den inte innehåller mycket information.

Det slutresultat som bl.a. kan utläsas från standadprogrammet är beläggning per operationspunkt och funktionspunkt, hur mycket en komponent belägger en operationspunkt. Det går att skraddarsy resultatalternativen enligt kundens önskemål. För att få en bättre förståelse för programmet och dess uppbyggnad rekommenderas att läsa boken ”Kvalitatiivinen kyvykkyys. Massaräätälöinnin periaatteet ja menetelmät”, Pekka Harju, 1999.

## **Källförteckning**

Harju K.P. (1999). *Kvalitatiivinen kyvykkyys. Massaräätälöinnin periaatteet ja menetelmät*. Jyväskylä: Tietosanoma Oy

[www.bolzoni-auramo.fi](http://www.bolzoni-auramo.fi) (hämtat 15.12.2011)

[www.mr-keskus.fi](http://www.mr-keskus.fi) (hämtat 15.12.2011)

Manualen till Access-programmet (endast på finska)

## Menetelmäkuvaus

### 1. Johdanto

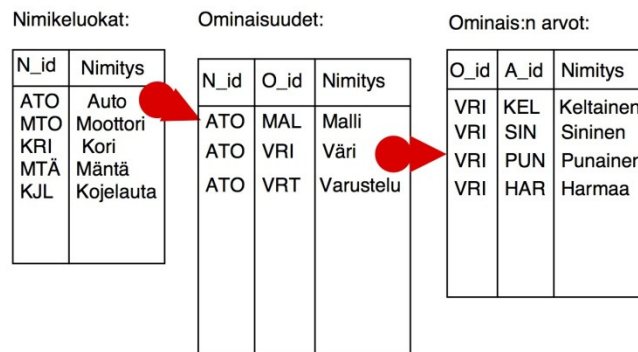
Tässä kuvataan tietorakenteen ja menetelmän yhdistelmä tuotetiedon hallintaan ja tilauskannan purkuun nimikkeiksi. Sen avulla saadaan merkittäviä etuja sovelluksiin, joissa niitä käytetään. Lisäksi kuvataan, miten samaa rakennetta käytetään kuormitettavien resurssien (työpisteiden) ylläpitoon nimikkeisiin kuormituslaskentaa varten.

Tuoterakenteiden purkuun tarkoitettuja ohjelmistojen osioita kutsutaan usein konfiguraattoreiksi, valmistuskonfiguraattoreiksi tai moottoreiksi. Toiminnanohjausjärjestelmissä (ERP) niitä käytetään tuotanto- ja ostosuunnitelmien laadintaan sekä tuotantoprosessien kurmituslaskentaan. Tuotehallintajärjestelmissä (PDM) niitä käytetään tuotteiden nimikkeistön selvittämiseen.

### 2. Geneerinen tietorakenne

ERP-järjestelmissä nimikkeistöä ylläpidetään yksilöityinä tietueina, nimikekantana, jossa kullekin fyysiselle nimikkeelle annetaan yksilöivä tunnus eli nimikekoodi. Esitetyssä geneerisessä tietorakenteessa yksilöivää tietoa ylläpidetään nimikeluokkaan kytketyin ominaisuuksin, joiden mahdolliset arvojoukot määritetään luokitteluasteikolla. Tietorakenteella on suuri vaikutus tallennettavan tiedon määrään. Jos nimikkeellä on 20 ominaisuutta ja kullakin 10 arvoa, geneerisessä rakenteessa määritellään vain ne, yht. 200 arvoa. Nimikekantaan on perustettava  $10^{20}$  nimikettä.

Nimikeluokka voi olla esim. *KUUSIORUUVI*, jolle on määritelty ominaisuudet *LUJUUSLUOKKA*, *KIRRE* ja *PITUUS*. Kullekin ominaisuudelle määritellään sallittujen arvojen joukko, esim. pituudelle voidaan antaa arvot 25, 35, 50 ja 75 mm. Kierteen arvot voivat olla M6, M8, M10, M12 jne. Geneerisessä rakenteessa nimike yksilöidään ns. varianttikoodilla, joka on nimikeluokan ominaisuuksien arvojen jono. Esim. *KUUSIORUUVI – 8.8 – M10 – 50* tarkoittaa ruuvia, jonka lujuusluokka on 8.8, kierre M10 ja pituus 50 mm. Geneerisen tietorakenteen taulut on kuvattu kuvassa 1. Varianttikoodin tietuemalli on liitteessä D.



Kuva 1. Geneerisen tietorakenteen taulut.

DyNaMoX  
VarianTastic Oy

### 3. Tuotemallin tietorakenne

Nimikkeiden välisiä riippuvuuksia ylläpidetään tavallisesti erillisin tuoterakentein, joissa määritellään nimikkeiden kytkeytyminen toisiinsa. Nykyiset järjestelmät tukevat tavallisesti ns. geneerisiä tuoterakenteita, joissa nimikkeiden kytkennöille voidaan asettaa valintaehtoja ylemmän tason nimikkeiden ominaisuuksien perusteella. Ominaisuuksien arvot tallennetaan nimiketietoihin ja niitä käytetään valintakriteereinä rakenteiden purussa.

Esitetyssä menetelmässä tuoterakenteita ja – malleja voidaan ylläpitää yksinkertaisella kytkentätaulukolla (rakenne A), joka sisältää toisiinsa kytkettyjen nimikkeiden nimikekoodit ja määräkerroimen (paljonko kytkettyä nimikettä tarvitaan). Nimikkeet kytketään tuoterakenteessa ”ylöspäin” kohti lopputuotenumikettä. Rakenteeseen kytkettävää nimikettä kutsumme lapsinimikkeeksi (lapsi) ja kytkennän kohdenimikettä isäntänimikkeeksi (isäntä).

KID      NIM\_1      NIM\_2      QTYF

Kuva 2. Kentät rakenteessa A.

Em. tietorakennetta voidaan parantaa siten, että isännät ja lapset kirjoitetaan tietokannassa eri tauluihin (lapsitaulu ja isäntätaulu) ja linkitetään kytkentätunnuksella (KID). Määräkerroin tallennetaan isäntätauluun kullekin isännälle. Lapsi- ja isäntätaulun välillä on silloin relaatio yhden suhde moneen. Kaikilla saman lapsen isännillä on sama KID (rakenne B).

kytkenta_id	nimike_id	ominaisuuksien_arvo	määräkerroin

Isäntätaulun kentät.

kytkenta_id	nimike_id	ominaisuuksien_arvo

Lapsitaulun kentät.

Kuva 3. Taulut ja kentät rakenteessa B.

Nimikkeistön purku tapahtuu kytkentätaulukon avulla eikä siihen tarvita erillisiä tuoterakenteita. Tavallisesti nimikkeiden kytkennät riippuvat vain osasta isännän ominaisuuksia. Niissä tapauksissa isäntätauluun kirjoitetaan vajaasti määritelty nimikekoodi, johon annetaan arvot vain kytkennän kannalta merkityksellisille ominaisuuksille. Vajaasti määriteltyjä nimikekoodeja kutsumme tässä osakombinaatioiksi. Vain isäntänimikkeet voivat olla osakombinaatioita.

Looginen tuoterakenne edellyttää, että lapsinimikkeet ovat täysin määriteltyjä. Nimike on täysin määritelty (variantti), kun sen kaikille ominaisuuksille on annettu arvo. Osakombinaatioilla on suuri merkitys taulujen kokoon. Esim. jos isännällä on 10 ominaisuutta ja kullakin 10 mahdollista arvoa ja lapsi kytkeytyy siihen aina, täysin määriteltyjä isäntänimikkeitä tarvitaan  $10^{10}$ . Jos käytetään osakombinaatioita, riittää vain yksi isäntä (ks. liitteet C ja D).

Rakenne tekee mahdolliseksi käyttäjän määrittämän kytkennän tarkistamisen yksinkertaisella tavalla perustuen kahteen sääntöön:

- 1) Lapsitaulussa ei saa olla duplikaatteja.
- 2) Isäntätauluussa ei saa olla duplikaatteja samalla KID-arvolla (samalla lapsella).

Siten virheellisen tiedon syöttö voidaan estää indeksoimalla kyseiset kentät. Rakenteessa A duplikaatteja ei saa olla isäntä-lapsi-pareilla.

DyNaMoX  
 VarianTastic Oy

Samoin rakenne mahdollistaa järjestelmän muissa osissa (esim. myyntitoiminnoissa) määritetyn varianttikoodin oikeellisuuden tarkistamisen yksinkertaisella tavalla. Isäntä- tai lapsitaulusta tulee löytyä ainakin yksi osakombinaatio tai variantti, jonka määritelty arvojonon vastaa verrattavan variantin vastaavaan arvojonoon. Jos niin ei ole, verrattavaa varianttia ei ole määritelty järjestelmässä ja ristiriita voidaan näyttää käyttäjälle toimenpiteitä varten.

Vertailu suoritetaan käymällä läpi isäntä- ja lapsitaulun saman nimikeluokan tietueet. Jos liitteen C esimerkin tilauskantaan syötetään nimike AUTO/Sedan/City/musta/ei/, ensimmäinen osuma tulee rivillä yksi ja toinen rivillä kuusi. Tilauskantaan voidaan syöttää mikä tahansa rakenteen nimikkeistä ja tarkastus tapahtuu samalla tavalla. Lapsitaulu on käytävä läpi, koska alimman tason nimikkeistä ei ole isäntätaulussa. Esim. PYÖRÄ/kevytmetalli/165/ ei ole sallittu.

Tämä tekee muista oikeellisuuden tarkistamiseen liittyvistä rakenteista tarpeettomia (esim. myyntikonfiguraattoreissa tyypillinen erillinen ehtorakenne). Esitetyllä rakenteella tuoterakenteisiin liittyvä ylläpito kohdentuu pelkästään kytkentärakenteeseen, mikä tekee tuotetiedon versiohallinnan ongelmattomaksi. Rakenteisiin voidaan tehdä vain lisäysmuutoksia tallentamatta vanhaa rakennetta.

Silloin myös konfiguraattorin versiohallinta onnistuu kronologisesti. Kun tiedetään uudelleen konfiguroitavan tuotteen toimituspäivämäärä, käytetään silloin käytössä ollutta rakennetta. Se puolestaan tekee tilauskannan ulkopuolisen toimituskohtaisen tuotetiedon tallentamisen tarpeettomaksi. Oikeellisuuden tarkistus tekee myös mahdolliseksi sen, ettei eri toiminnoissa tarvita erillisiä konfiguraattoreita. Käsitteitä:

- myyntikonfiguraattori tulostaa varianttikoodin käyttäjän valintojen perusteella,
- yksikkö- tai valmistuskonfiguraattori tulostaa tuoterakenteen varianttikoodin perusteella.

## 4. Tilauskannan purku nimikkeiksi

### 4.1 Ratkaisu toteutettuna SQL-kyselyillä

Kyseisellä tietorakenteella tilauskannan purku nimikkeiksi ja nimikemääräksi onnistuu hyvin yksinkertaisella tavalla. Prototyypin toteutettiin ketjuttamalla SQL-kyselyjä siten, että ensimmäinen kysely laskee tilauskannan tuotteet määräksi isäntätaulun varianteille ja kombinaatioille (siemenkysely). Kuormituslaskentaa varten nimikemäärät summataan kuormitusjaksoittain, joten purku tapahtuu erikseen kullekin jaksolle. Jaksoerittely on ratkaisuna triviaali, joten sitä ei käsitellä algoritmin selostuksessa.

Siemenkyselyn tulosta käytettiin syöteenä seuraavassa kyselyssä, joka purki isäntänimikkeiden määrät niihin kytketyille lapsille kerrottuna määräkertoimilla (purkukysely). Sen tulosta käytettiin edelleen syöteenä seuraavalle kyselylle, joka toimi samoin. Jokainen purkukysely tulostaa edellisen kyselyn nimikkeisiin kytketyt lapsinimikkeet ja niiden määrät.

Kyselyjonoa jatkettiin, kunnes kaikki tuoterakenteen tasot tuli käytyä läpi. Kyselyjä tarvitaan yhtä monta, kuin mikä on tuoterakenteen tasojen enimmäismäärä. Rakenteessa B purkukyselyjen tulee olla summaavia. Lopuksi purkukyselyjen tulokset yhdistettiin koontikyselyllä yhdeksi listaksi. Nimikkeiden aiheuttamat osakuormat voidaan nyt laskea jakamalla suunnittelujaksolle ajoitettujen nimikkeiden määrä soveltuvien työpisteiden yhteiskapasiteetilla. Ohjauspisteiden kokonaiskuormat saadaan niistä summaavalla kyselyllä. Proton kyselyiden suunnittelunäkymät ja SQL-lauseet ovat liitteessä A.

DyNaMoX  
 VarianTastic Oy

#### 4.2 Ratkaisu ohjelmasilmukalla

Purkukysely voidaan suorittaa myös ohjelmakoodin silmukkarakenteessa (luupissa), jolloin jokaisella silmukan suorituskerralla löytnyt lapsinimike määrineen lisätään ohjelmakoodin dynaamiseen taulukkoon (varianttilista). Purkusilmukan suorituskerroja on yhtä monta kuin varianttilistaan talletettuja varianteja. Silmukkarakenteen vuokaavio on liitteessä B.

Aluksi varianttilistaan syötetään tilauskannan nimikkeet (variantit) ja niiden määrät summataan halutun aikaerittelyn mukaan (esim. kuormitusjaksoittain). Tilauskannan nimikkeet ovat purettavien tuoterakenteiden ylin taso. Purkusilmukka käsittelee järjestyksessä varianttilistan variantit ja niiden kombinaatiot, jotka löytyvät isäntätaulusta. Varianteihin ja kombinaatioihin kytketyt lapsinimikkeet lisätään varianttilistaan ja niiden määrä lasketaan kertomalla variantin määrä määräkertoimella. Lopuksi eri kytkentöjen kautta mahdollisesti syntyneet duplikaatit yhdistetään ja niiden määrät lasketaan yhteen.

Purkusilmukka voidaan toteuttaa myös niin, että lapsinimikkeet tallentaa aina erillisiin taulukoihin ja myöhemmin yhdistetään varianttilistaksi. Silloin silmukka purkaa tuoterakennetason kerrallaan.

#### 4.3 Algoritmi (liite B)

Ohjelmakoodin suorittamat toiminnot:

1. Valitaan seuraava purkamaton variantti varianttilistasta.
2. Valitaan isäntä-taulusta seuraava vastaava variantti tai kombinaatio.
3. Haetaan KID:n perusteella lapsitaulun variantti.
4. Lasketaan nimikemäärä kertomalla isäntänimikkeen määrä määräkertoimella.
5. Lisätään variantti ja/tai sen määrä varianttilistaan.
6. Jos isäntä-taulusta löytyy lisää vastaavia varianteja / kombinaatioita, jatketaan kohdasta 2.
7. Jos varianttilistasta löytyy lisää purkamattomia varianteja, jatketaan kohdasta 1.
8. Kun silmukan indeksi on sama kuin taulukon koko, varianttilistan varianttiduplikaattien määrät lasketaan yhteen ja tarpeettomat poistetaan.
9. Lopetetaan.

## 5. Resurssien sitominen varianteihin

Työpisteeksi kutsutaan tässä nimikkeen jalostukseen käytettyä resurssia, jolle kuormitus tavallisesti lasketaan. Se voi olla varsinainen työpiste, kone tai tuotantolinja. Ominaista sille on, että valmistettava nimike kuormittaa sen kokonaan eli muita nimikkeitä ei voida jalostaa samanaikaisesti. Kurmitus voidaan laskea myös työpisteiden ryhmille, joita kutsumme ohjausryhmiksi. Käsitteitä on havainnollistettu kuvassa 10 kappaleen lopussa.

DyNaMoX  
VarianTastic Oy

Nimikkeiden valmistusajat (prosesointiajat) ja asetussajat voivat riippua nimikkeiden ominaisuuksista ja olla työpistekohtaisia. Usein ajat riippuvat vain tietyistä ominaisuuksista muiden ollessa merkityksettömiä. Tietorakenteessa nimikkeet kytketään niiden prosessointiin soveltuviin työpisteisiin joko täysin määritellyin variantein tai osakombinaatioin. Prosessointi- ja asetussajat voidaan määrittellä kytkentäkohtaisesti.

Variantit ja niiden kytkentä-id:t (connectionid) kirjoitetaan omaan tauluun ja työpisteiden prosessointitiedot omaansa (kuvat 4 ja 5).

connectionid	variant
0	/runko_1//puu/
1	/runko_1//lastulevy/
2	/runko_1//alumiini/

Kuva 4. Variantit ja niiden kytkentätunnukset

connectionid	wp_id	processingtime	setuptime
0	1	00:30	00:10
0	2	00:30	00:10
1	1	00:50	00:10
1	2	00:45	00:10
2	1	01:10	00:10
2	2	01:10	00:10

Kuva 5. Työpisteet ja niiden variantikohtaiset prosessointi- ja asetussajat

Kuvissa 4 ja 5 on kuvattu nimikkeen runko\_1 kytkennät työpisteisiin 1 ja 2. Nimikkeen prosessointiajat työpisteillä määräytyvät materiaali-ominaisuuden arvojen perusteella. Kuvissa 6 ja 7 on kuvattu nimikkeen runko\_1 kytkennät työpisteisiin 1 ja 2. Tässä esimerkissä nimikkeen materiaali ei vaikuta varianttien prosessointiaikoihin.

connectionid	variant
0	/runko_1//*/

Kuva 6. Variantit ja niiden kytkentätunnukset

connectionid	wp_id	processingtime	adjustmenttime
0	1	00:30	00:10
0	2	0:45	00:10

Kuva 7. Työpisteet ja niiden variantikohtaiset prosessointi- ja asetussajat

Mualla järjestelmässä on määritelty työpisteille tehollinen työaika kuormituksen laskentajaksolle (suunnittelujakso). Nimikekohtaisesti siitä vähennetään edelleen asetusaika ja sen jälkeen voidaan laskea, kuinka paljon nimike kuormittaa työpistettä (prosesointiaika / käyntiaika). Se voidaan laskea myös käänneislukuna, joka kertoo nimikkeen suurimman tuotantovauhdin eli työpisteen kapasiteetin nimikkeen suhteen.

Kuormituslaskenta perustuu aina olettamukseen tapahtumien kulusta. Nimikekohtaisella asetussajan huomioimisella oletetaan, että tilauskannan purussa kuormitusjaksolle lankeavat samanlaiset nimikkeet valmistetaan yhtenä eränä useimmiten yhdessä työpisteessä. Kokemuksen mukaan se vastaa varsin hyvin käytäntöä ja virhemarginaali on pieni.

DyNaMoX  
VarianTastic Oy

Reaaliaikainen reititys tarkoittaa, että valmistettaville nimikkeille valitaan työpiste vasta valmistuksen alkaessa ja käytännössä nimike kuormittaa vain osaa siihen kytkettyjä työpisteitä, useimmiten vain yhtä. Kuormitus voidaan kuitenkin laskea ohjausryhmille tietämättä tarkalleen, mikä tai mitkä työpisteet valmistuksen lopulta suorittavat.

Ohjausryhmän kuormituslaskentaa varten nimikkeen kaikkien sovelutlien työpisteiden kapasiteetit lasketaan yhteen, jolloin saadaan ohjausryhmän kapasiteetti nimikkeen suhteen. Sen käänteisluku kertoo, paljonko nimike kuormittaa ohjausryhmää kokonaisuutena ja kutsumme sitä nimikkeen kuormitusindeksiksi. Tilaukannasta lankeavien nimikkeiden osakuormat ohjausryhmässä saadaan kertomalla niiden määrät kuormitusindekseillä. Ohjausryhmän kokonaiskuorma saadaan laskemalla nimikkeiden osakuormat yhteen.

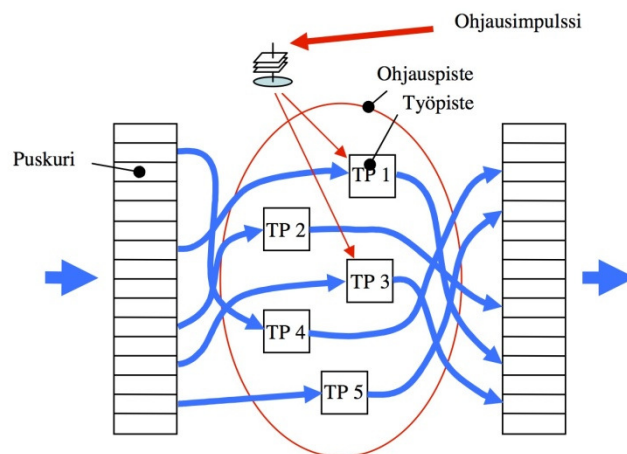
Tulos voidaan tallentaa yhteen tai kahteen tauluun kuvien 8 ja 9 mukaan, joissa variantti kuormittaa työpistekytkenän kautta ohjausryhmää 10%. Kuormitusindeksit voidaan laskea nimikkeelle heti, kun se on kytketty johonkin työpisteeseen ja päivittää uusien kytkentöjen jälkeen. Tallentamalla kuormitusindeksit varsinainen kuormituslaskenta saadaan nopeaksi ja voidaan tehdä ilman eräajoa.

variant	load
/runko_1//puu/	10

Kuva 8. Kuormitusindeksi (Tapa 1).

connectionid	variant	connectionid	load
0	/runko_1//puu/	0	10

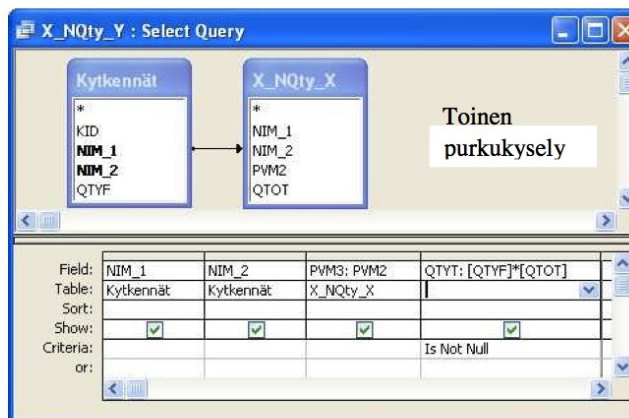
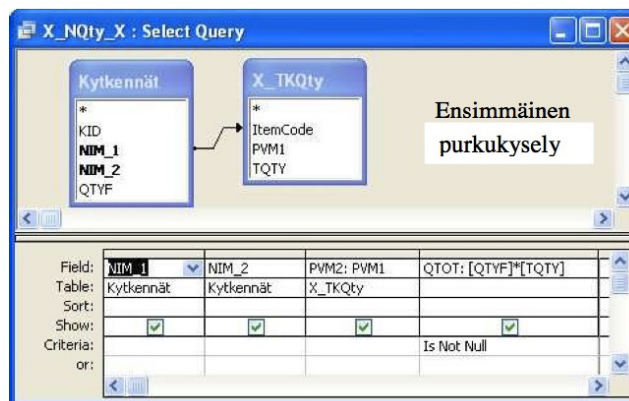
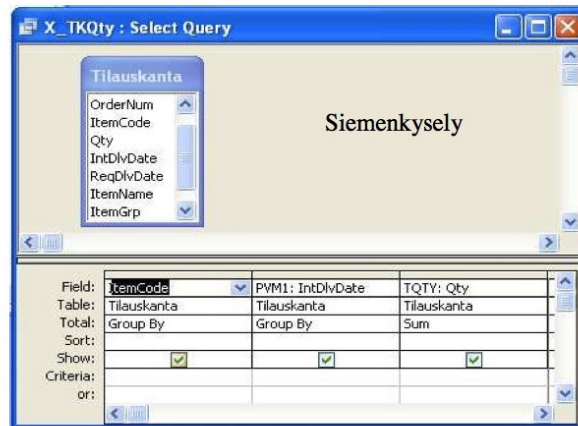
Kuva 9. Kuormitusindeksi (Tapa 2).



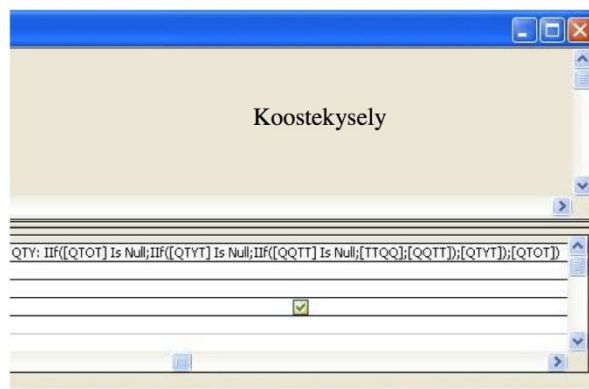
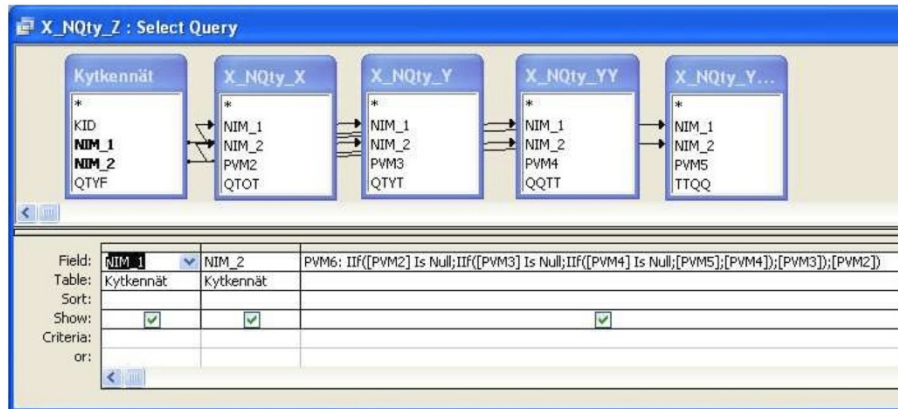
Kuva 10. Kuormituksen käsitteitä.

DyNaMoX  
VarianTastic Oy

Liite A. Ketjutettujen kyselyiden suunnittelunäkymät Access-sovelluksessa.



DyNaMoX  
VarianTastic Oy



**SIEMENKYSELY:**

```
SELECT Tilauskanta.ItemCode, Tilauskanta.IntDlvDate AS PVM1, Sum(Tilauskanta.Qty) AS TQTY
FROM Tilauskanta
```

GROUP BY Tilauskanta.ItemCode, Tilauskanta.IntDlvDate;

**ENSIMMÄINEN PURKUKYSELY:**

```
SELECT Kytkenät.NIM_1, Kytkenät.NIM_2, X_TKQty.PVM1 AS PVM2, [QTYF]*[TQTY] AS QTOT
FROM Kytkenät LEFT JOIN X_TKQty ON Kytkenät.NIM_1 = X_TKQty.ItemCode
WHERE ((([QTYF]*[TQTY]) Is Not Null));
```

**TOINEN PURKUKYSELY:**

```
SELECT Kytkenät.NIM_1, Kytkenät.NIM_2, X_NQty_X.PVM2 AS PVM3, [QTYF]*[QTOT] AS QTYT
FROM Kytkenät LEFT JOIN X_NQty_X ON Kytkenät.NIM_1 = X_NQty_X.NIM_2
WHERE ((([QTYF]*[QTOT]) Is Not Null));
```

jne. kunnes tuoterakenteiden kaikki tasot on käyty läpi. Jos tasoja N kpl, purkukyselyjä tarvitaan N-1 kpl.

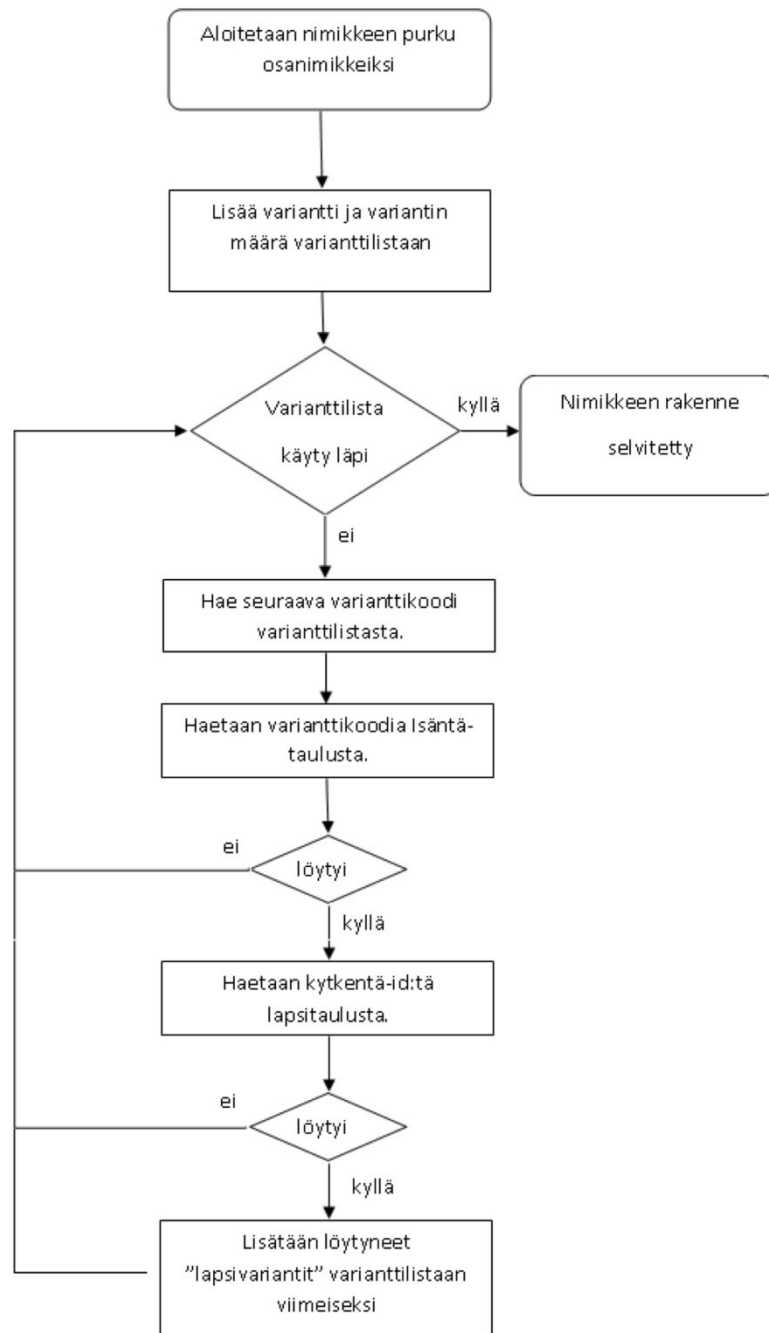
**KOOSTEKYSELY:**

```
SELECT Kytkenät.NIM_1, Kytkenät.NIM_2, IIF([PVM2] Is Null,IIF([PVM3] Is Null,IIF([PVM4] Is
Null,[PVM5],[PVM4]),[PVM3]),[PVM2]) AS PVM6, IIF([QTOT] Is Null,IIF([QTYT] Is Null,IIF([QQT] Is
Null,[TTQQ],[QQT]),[QTYT]),[QTOT]) AS QTY
FROM (((Kytkenät LEFT JOIN X_NQty_X ON (Kytkenät.NIM_1 = X_NQty_X.NIM_1) AND
(Kytkenät.NIM_2 = X_NQty_X.NIM_2)) LEFT JOIN X_NQty_Y ON (Kytkenät.NIM_1 =
X_NQty_Y.NIM_1) AND (Kytkenät.NIM_2 = X_NQty_Y.NIM_2)) LEFT JOIN X_NQty_YY ON
(Kytkenät.NIM_1 = X_NQty_YY.NIM_1) AND (Kytkenät.NIM_2 = X_NQty_YY.NIM_2)) LEFT JOIN
```

```
X_NQty_YYY ON (Kytkenät.NIM_2 = X_NQty_YYY.NIM_2) AND (Kytkenät.NIM_1 =
X_NQty_YYY.NIM_1);
```

DyNaMoX  
VarianTastic Oy

### Liite B. Purkusilmukan vuokaavio



DyNaMoX  
VarianTastic Oy

### Liite C. Esimerkki tuoterakenteen tallentumisesta isäntä- ja lapsitauluihin.

Nimikkeellä AUTO on seuraavat ominaisuudet ja niiden mahdolliset arvot:

1. Kori: Sedan, Salon, Limousine
2. Malli: City, GT
3. Väri: musta, punainen, harmaa
4. Luxus: kyllä, ei

Nimikkeellä MOOTTORI on seuraavat ominaisuudet ja niiden mahdolliset arvot:

1. Teho: 80, 100, 140 (hv)
2. Lohko: rivi-4, rivi-6, V-6

Nimikkeellä MÄNTÄ on seuraavat ominaisuudet ja niiden mahdolliset arvot:

1. Halkaisija: 80, 100 (mm)

Nimikkeelle ILMASTOINTI ei ole määritelty ominaisuuksia (aina samanlainen):

Nimikkeellä PYÖRÄ on seuraavat ominaisuudet ja niiden mahdolliset arvot:

1. Vanne: kevytmetalli, levypyörä
2. Leveys: 165, 185 (mm)

Kolmetasoisien tuoterakenteen ylimmällä tasolla on nimike AUTO, johon kytkeytyvät seuraavan tason nimikkeet MOOTTORI, ILMASTOINTI ja PYÖRÄ. Kolmannen tason MÄNTÄ kytkeytyy nimikkeeseen MOOTTORI. Kytkeäntöjen riippuvuus nimikkeiden ominaisuuksista on esitetty ao. taulukoissa. Kytkeäntöt on esitetty myös nuolin (riveillä sama kid). Ominaisuuksien arvot on erotettu kauttaviivalla.

Ominaisuudet indeksoidaan ja niiden järjestys tietueessa on aina sama. Kytkeäntään vaikuttamattomat ominaisuudet saavat arvoksi jokerimerkin (\*), jonka tilalle hyväksytään kaikki ominaisuuden arvot. Esim. 140 hv moottori kytkeytyy malleihin Salon-GT ja Limousine (kid = 3). Ominaisuuksilla väri ja ilmastointi ei ole merkitystä moottorin valinnassa.

Nimikkeiden ominaisuuksien keskinäiseen riippuvuuteen (sallitut kombinaatiot) otetaan kantaa vasta kytkeäntöjen luonnissa. Esim. moottori 100 hv V-lohkolla /100/V-6/ ei ole sallittu, koska vastaavaa kombinaatiota ei löydy rakenteesta. Moottorit 80 ja 140 hv ovat sallittuja kaikilla lohkoilla.

#### Isäntätaulu

k_id	nimike_id	arvojono	määrä
1	AUTO	/Sedan/City/*/*/	1
1	AUTO	/Salon/City/*/*/	1
2	AUTO	/Sedan/GT/*/*/	1
3	AUTO	/Salon/GT/*/*/	1
3	AUTO	/Limousine/*/*/*/	1
4	AUTO	/Sedan/*/*/ei/	4
5	AUTO	/Salon/*/*/*/	4
6	AUTO	/Sedan/GT/*/*/kyllä/	4
7	AUTO	/*/*/*/kyllä/	1
8	MOOTTORI	/80/*/	4
8	MOOTTORI	/100/rivi-6/	6
9	MOOTTORI	/100/rivi-4/	4
9	MOOTTORI	/140/*/	6

#### Lapsitaulu

k_id	nimike_id	arvojono
1	MOOTTORI	/80/rivi_4/
2	MOOTTORI	/100/rivi-4/
3	MOOTTORI	/140/rivi-6/
4	PYÖRÄ	/levypyörä/165/
5	PYÖRÄ	/levypyörä/185/
6	PYÖRÄ	/kevytmetalli/185/
7	ILMASTOINTI	
8	MÄNTÄ	/80/
9	MÄNTÄ	/100/

DyNaMoX  
 VarianTastic Oy

## Ohjelman suoritus:

Jos tilauskannasta löytyy nimike AUTO/Sedan/GT/punainen/kyllä/, ohjelmasilmukka suorittaa esimerkin kytkentärakennetta käyttäen seuraavat toimenpiteet:

Aloitus: Siemen tilauskannasta (SMN)

### 1. suorituskerta silmukassa

AUTO/Sedan/GT/punainen/kyllä/



<---- Silmukka lisää taulukkoon tuotteen kytketyt lapsinimikkeet

### 2. suorituskerta silmukassa

AUTO/Sedan/GT/punainen/kyllä/		1 kpl	
MOOTTORI/100/rivi-4/	(kid = 2)	1 kpl	<----
PYÖRÄ/kevytmetalli/185/	(kid = 6)	4 kpl	
ILMASTOINTI	(kid = 7)	1 kpl	

Silmukka käsittelee tämän ja lisää taulukkoon lapsinimikkeet

### 3. suorituskerta silmukassa

AUTO/Sedan/GT/punainen/kyllä/		1 kpl	
MOOTTORI/100/rivi-4/		1 kpl	
PYÖRÄ/kevytmetalli/185/		2 kpl	<----
ILMASTOINTI		1 kpl	
MÄNTÄ/100/	(kid = 9)	4 kpl	

Silmukka käsittelee tämän, lapsia ei löydy

### 4. suorituskerta silmukassa

AUTO/Sedan/GT/punainen/kyllä/		1 kpl	
MOOTTORI/100/rivi-4/		1 kpl	
PYÖRÄ/kevytmetalli/185/		2 kpl	
ILMASTOINTI		1 kpl	<----
MÄNTÄ/100/		4 kpl	

Silmukka käsittelee tämän. Lapsia ei löydy.

### 5. suorituskerta silmukassa

AUTO/Sedan/GT/punainen/kyllä/		1 kpl	
MOOTTORI/100/rivi-4/		1 kpl	
PYÖRÄ/kevytmetalli/185/		2 kpl	
ILMASTOINTI		1 kpl	
MÄNTÄ/100/		4 kpl	<----

Silmukka käsittelee tämän. Lapsia ei löydy.

Silmukan indeksi sama kuin taulukon koko  
 => Lopetus

DyNaMoX  
 VarianTastic Oy

#### Liite D. Varianttikoodi.

Varianttikoodi voidaan esittää kahdella eri tavalla. Tavassa 1 ominaisuuksien arvot erotetaan toisistaan erotinmerkillä. Jos ominaisuuksille annetaan ID:t tietyssä järjestyksessä, se määrää ominaisuuden arvon paikan jonossa ja se on aina sama. Silloin ominaisuuden ID:a ei tarvita tietueessa. Tavassa 2 tietue koostetaan arvopareista ominaisuuden ID ja ominaisuuden arvo.

Tavassa 1 vajaasti määriteltyjen osakombinaatioiden puuttuvat (merkityksettömät) arvot korvataan yleismerkillä (jokerimerkillä). Silloin tietue on aina saman pituinen (ominaisuuksien määrä) ja arvon paikka jonossa määrittelee, minkä ominaisuuden arvosta on kyse. Tavassa 2 merkityksettömät arvotparit voidaan jättää pois, koska ominaisuuksien ID:t ovat tietueessa. Liitteen C kuvassa on esimerkkejä osakombinaatioista esitettyä tavalla 1.

Nimike- luokka	erotin- merkki	1. ominai- suuden arvo	erotin- merkki	2. ominai- suuden arvo	erotin- merkki	....	erotin- merkki	N. ominai- suuden arvo
-------------------	-------------------	------------------------------	-------------------	------------------------------	-------------------	------	-------------------	------------------------------

Taulukko 1: Varianttikoodi, tapa 1.

Esim. komero, jolla on ominaisuudet:

- väri
- ovien määrä

Komeron varianttikoodi kirjoitetaan muotoon:

*komeron tunnus - väri - ovien lukumäärä*

Esimerkiksi punainen komero kahdella ovella:

→ **komero\_1 - punainen - 2**

Nimike- luokka	Omin_1 ID	Omin_1 arvo	Omin_2 ID	Omin_2 arvo	....	Omin_N ID	Omin_N arvo
-------------------	--------------	----------------	--------------	----------------	------	--------------	----------------

Taulukko 2. Varianttikoodi, tapa 2.

Esimerkiksi punainen komero kahdella ovella:

→ **komero\_1 – väri - punainen – ovien lukumäärä - 2**