

Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblage

Het succes van een interactieve aanpak



G.H. Tuinzaad, J.W. van Rhijn,
J. van Deursen, E.A.P. Koningsveld



Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblage

Het succes van een interactieve aanpak



TNO Industrie en TNO Arbeid
G.H. Tuinzaad, J.W. van Rhijn, J. van Deursen, E.A.P. Koningsveld
oktober 2000

ISBN 90-6743-703-4

© 2000, 2003 TNO

Uitgave TNO Industrie en TNO Arbeid
Redactie A3 communicatie- en uitgeefprojecten
Druk Tailormade

Auteurs G.H. Tuinzaad, J.W. van Rhijn, J. van Deursen, E.A.P. Koningsveld

Met medewerking van:

Th. M. van Sprang (Roberine)
J. Weijs (Inalfa RoofsysteMS)
M. Smulders (JVH Gaming Products)
P. Verberne (Kverneland Geldrop)
J.W. Dooge (Bakon Food Equipment)
W. Huysman (Faber Electronics)
A. van der Heijden (Ahrend Productiebedrijf St. Oedenrode)
M. Vermeij (Koninklijke Nooteboom Trailers)
M. de Jong (JM de Jong DUKE Automatenfabriek)

Voorwoord

Nieuwe eisen vanuit de markt en ten aanzien van de efficiëntie en arbeidsomstandigheden maken het noodzakelijk om bij de assemblage van de nieuwste inzichten en ervaringen gebruik te maken.

TNO Industrie en TNO Arbeid hebben hun expertise op het gebied van assemblage-engineering en ergonomie gebundeld tot een integrale aanpak, waarbij ze in samenwerking met de medewerkers assemblageprocessen doorstroomvriendelijker en mensgerichter maken.

Voor u ligt een boekje waarin deze aanpak en het succes ervan in de praktijk worden beschreven. Negen bedrijven zetten hun poorten voor u open en laten u zien welke resultaten en voordelen behaald zijn.

Wellicht kunt u met dit boekje uw situatie spiegelen aan die van anderen en doet u ideeën op waarmee ook u beter kan inspelen op de veranderingen in uw omgeving.

Het is TNO een eer u daarbij te mogen adviseren en helpen.



Jan A. Dekker
voorzitter Raad van Bestuur TNO

Delft, oktober 2000

Inhoudsopgave

1	Waarom een slimmere inrichting van het assemblageproces	6
2	De integrale aanpak	8
3	Aandachtspunten doorstroming en ergonomie	10
4	Ervaringen in de praktijk, conclusies	13

Praktijkvoorbeelden

Roberine: professionele grasmaaimachines	14
Inalfa RoofsysteMS: schuifdaken	16
JVH Gaming Products: kansspelautomaten	18
Kverneland Geldrop: balenpers	20
Bakon Food Equipment: geleispuitmachines	22
Faber Electronics: noodverlichtingssysteMS	24
Ahrend Productiebedrijf St. Oedenrode: jaloeziekasten	26
Koninklijke Nooteboom Trailers: semi-diepladers	28
JM de Jong DUKE Automatenfabriek: koffieautomaten	30
Literatuur	32

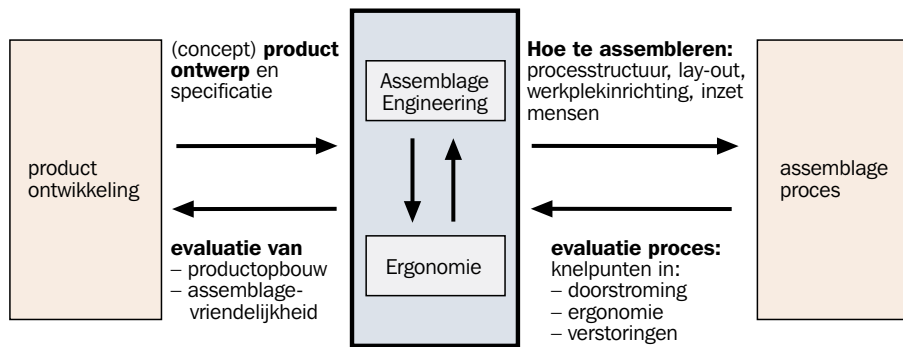
1 Waarom een slimmere inrichting van het assemblageproces

Assemblage-geïntereerde bedrijven ervaren vanuit de markt een steeds grotere vraag naar variëteit in eindproducten, die met een steeds kortere doorlooptijd geleverd moeten worden. Ook staat er steeds meer druk op de kostprijs bij gelijke of zelfs betere kwaliteit. Daarnaast worden de bedrijven door regelgeving van de overheid, krappe arbeidsmarkt en de waarde van goed personeel steeds meer verantwoordelijk voor goede arbeidsomstandigheden op de werkplek. De samenhang van een optimale bedrijfsvoering van assemblageprocessen en de optimale inzet van medewerkers wordt steeds belangrijker. Veel bedrijven pakken deze zaken echter nog altijd afzonderlijk aan.

Uit onderzoek onder ruim honderd leidinggevenden in de Nederlandse maakindustrie blijkt, dat het bevorderen van een stimulerende werkomgeving één van de belangrijkste aandachtspunten voor de komende jaren is. Het functioneren van de mens wordt een steeds belangrijker factor bij de innovatie van productieprocessen. Dit wordt bevestigd in internationale R&D programma's. In het 5^e Framework Program van de Europese Commissie wordt onder andere het belang benadrukt van 'improving human potential in manufacturing innovation'.

De behoefte aan verbetering van de inrichting van assemblageprocessen en werkplekken wordt de laatste jaren duidelijk door TNO gesignaleerd in projecten bij bedrijven. In april 1999 was er vanuit het bedrijfsleven grote belangstelling voor dit thema op de workshop 'Productie Slimmer Inrichten' tijdens de TNO-kennismarkt in Utrecht. Uit deze workshop kwam naar voren dat het innoveren van productie en assemblage in de toekomst moet worden gezien in samenhang met de werkomstandigheden. Door middel van een integrale aanpak moet worden gestreefd naar zowel efficiëntieverhoging en doorlooptijdverkorting als naar een verbetering van de personele inzet door de fysieke belasting en uitvalrisico's te reduceren. TNO Industrie en TNO Arbeid hebben hierop ingespeeld door hun expertises te bundelen.

Deze integrale aanpak is inmiddels toegepast bij vele kleine en middelgrote bedrijven die eindproducten of samenstellingen vervaardigen in vele varianten en in aantallen van enkele honderden tot tienduizenden per jaar. Het assemblageproces in deze bedrijven is in verband met de aantallen overwegend handmatig, waardoor mensen en werkplekken een essentiële schakel vormen bij het realiseren van het eindproduct. In sommige gevallen ging het om een verbetering van de bestaande situatie, in andere gevallen om het definiëren van een nieuwe opzet voor een bestaand en/of een nieuw product(assortiment).



Positionering van het werkgebied assemblage-engineering van TNO Industrie en het werkgebied ergonomie van TNO Arbeid in het traject van productontwikkeling en de realisatie van het assemblageproces.

De praktijk heeft aangetoond dat de aanpak kan resulteren in een verhoging van de productiviteit met 15 tot 20% en een reductie van de fysieke belasting tot een aanvaardbaar niveau.

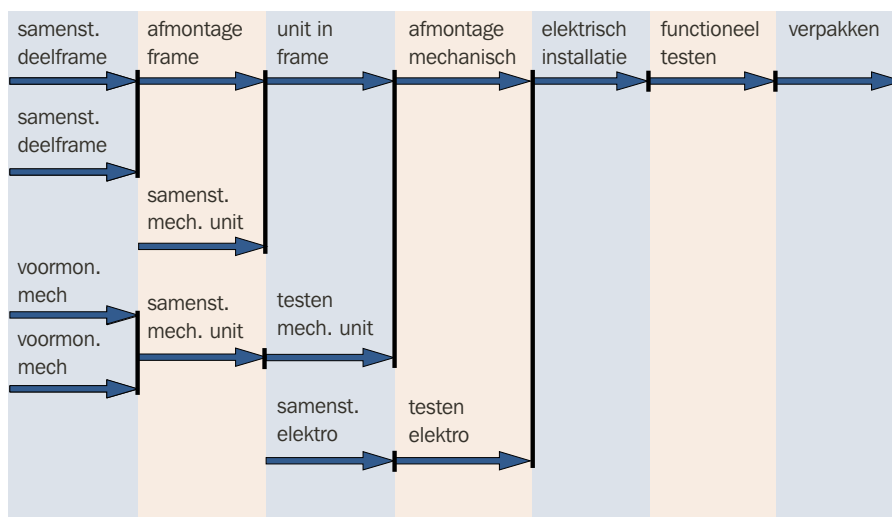
Essentieel bij de aanpak blijkt de actieve betrokkenheid van het personeel. Hierdoor worden vaak onverwachte en onbekende kwaliteiten van medewerkers aangetoond. Bovendien wordt zo een breed draagvlak verkregen voor het doorvoeren van verbeteringen en wordt nogal eens de basis gelegd voor een duurzame verbetercultuur.

2 De integrale aanpak

Bij het onderzoeken van het assemblageproces en de werkplekken en het formuleren van (verbeteropties voor) het inrichtingsplan wordt altijd een werkgroep ingezet. Deze werkgroep bestaat uit medewerkers van de assemblage, productievoorbereiding, engineering en management onder begeleiding van een assemblage-engineer en een ergonoom van TNO. (Commitment vanuit het management/de directie is voor een dergelijk verbetertraject essentieel.) In een serie werksessies brengen alle betrokkenen hun kennis en ervaring in en ontstaat een zo optimaal mogelijk plan voor de afgebakende productgroep en/of het proces. Door deze actieve betrokkenheid van het personeel wordt in het bedrijf draagvlak verkregen voor het doorvoeren van de verbeteringen en wordt alle kennis die binnen het bedrijf aanwezig is ook daadwerkelijk ingezet. Bovendien wordt de communicatie tussen de verschillende disciplines en afdelingen zo structureel verbeterd.

De aanpak omvat de volgende activiteiten:

- Werkgroep formeren en doelstellingen vaststellen.
- Processtructuur analyseren volgens de TNO-werkmethode MAS (montageaflooptschema) en de huidige lay-out en materialenstroom analyseren.
- Knelpunten in de doorstroming en de ergonomie met behulp van checklisten en observaties vaststellen en terugkoppelen naar alle assemblagemedewerkers.



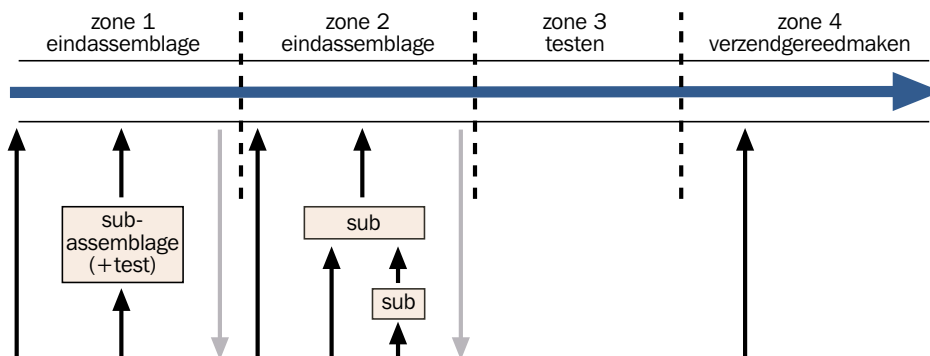
Het MAS is een grafische visualisatie van de structuur van het proces van voormontage, tussentijds testen, inbouwen modules in het eindproduct, testen en verzendgereed maken.

- De verbeterde opzet definiëren volgens de volgende stappen:
 - Alternatieve assemblageconcepten afwegen, bijvoorbeeld: op standplaats, in een assemblageflow, op vaste zones of met het product mee.
 - Alternatieve concepten voor tussentijds transport bij flow assemblage afwegen.
 - Werkplekken in de lay-out rangschikken en de transportwijze van het product door het proces bepalen.
 - Inrichten van de werkplekken voor wat betreft onderdelenlocaties, hulpmiddelen en werkhoogte. Eventueel simulatie van de werkplek met behulp van de TNO Ergomix-tool.
- Begeleiding bij eventuele testen en bij de invoering van verbeteringen.
- Evaluatie van de effecten.

3 Aandachtspunten doorstroming en ergonomie

Een vlotte doorstroming van orders door het proces wordt onder meer bepaald door:

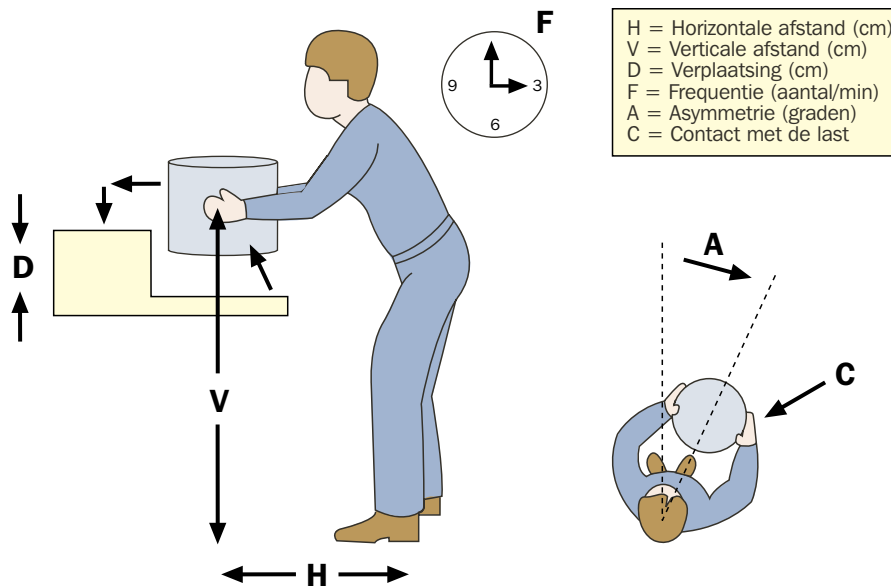
- Rangschikking van de werkplekken overeenkomstig de bouwvolgorde.
- Verdeling van de werkinhoud (balanceren) over de opeenvolgende werkplekken.
- Een korte transportafstand tussen werkplekken.
- Tussentijds testen (dit versoepelt de eindtesten).
- Ordening van onderdelenlocaties per werkplek/zone.
- Scheiding van werkruimte, onderdelenlocaties en transportpaden.
- Afstemming van de hoeveelheid onderdelen op het verbruik.
- Op de taakuitvoering toegesneden handling- en montagevoorzieningen.



De processtructuur voor flow assemblage over een lijn bestaat uit een aantal zones eindassemblage en een aantal toeleverende voormontagewerkplekken aan de desbetreffende zone in de lijn.

Naast een vlotte doorstroming van de orders zijn goede werkomstandigheden van groot belang. De fysieke belasting wordt vooral (te) hoog door:

- Het tillen van zware onderdelen en gereedschappen.
- Lang op één plek staan.
- Veel bukken bij het pakken van onderdelen.
- Ongunstige werkhouding bij montagewerk: voorovergebogen werken, boven het hoofd werken, in een gedraaide houding werken.
- Repeterend werk: vaak reiken, eenzijdige montagehandelingen, trillend gereedschap.
- Onvoldoende/onduidelijke informatie die tot fouten en inefficiëntie leidt.
- Werkomgeving: onprettig klimaat, te veel geluid en slechte verlichting.
- Werkorganisatie: hoge werkdruk, monotoon werk.



Het maximaal acceptabele tilgewicht is per situatie verschillend en is afhankelijk van een groot aantal factoren.



Het frequente bukken bij het pakken van zware én lichte onderdelen verhoogt de rugbelasting.
Deze afbeelding is afkomstig van video-opnamen.

Voor alle punten genoemd op pagina 10 hanteert TNO concrete gezondheidkundige grenswaarden. Overschrijding van deze waarden in het werk ('rode werksituaties') leiden tot een verhoogde kans op rug-, schouder-, arm- en polsklachten. Door het proces en de werkplekken beter in te richten wordt de fysieke belasting teruggebracht tot een aanvaardbaar niveau.



In een gedraaide houding werken verhoogt onnodig en vaak ongemerkt de fysieke belasting.

4 Ervaringen in de praktijk, conclusies

In de afgelopen jaren hebben TNO Industrie en TNO Arbeid de integrale aanpak bij verschillende bedrijven toegepast. De resultaten kunnen als volgt worden samengevat:

- Afhankelijk van de uitgangssituatie is de productiviteit met 15 tot 20% te verhogen.
- De fysieke belasting is tot een veilig niveau terug te brengen waardoor er minder risico op uitval bestaat. Met 'eenvoudige' oplossingen kunnen al aanzienlijke verbeteringen worden bereikt.
- De werkmethode MAS blijkt een uitstekend instrument voor de analyse van de processtructuur en de verschillen bij productvarianten. MAS vormt een belangrijke basis bij de beoordeling van de haalbaarheid van alternatieve assemblageconcepten en voor de ordening en inrichting van lay-out en werkplekken.
- In bedrijven die op assemblage georiënteerd zijn, blijkt er over het algemeen te weinig besef te bestaan over de risico's van fysieke belasting. De integrale aanpak met betrekking tot de effecten in doorstroming en ergonomie heeft intussen haar waarde in de praktijk bewezen. Het demonstreren van fysieke grenswaarden en concrete knelpunten in de eigen werksituatie maakt medewerkers hiervan bewust.
- Voordat verbeteringen op lokale werkplekken worden doorgevoerd, moet eerst de gehele processtructuur geoptimaliseerd worden.
- Door het meenemen van de ergonomie in een vroeg stadium worden dure aanpassingen achteraf voorkomen.
- De actieve betrokkenheid van het personeel is essentieel. Dat verhoogt niet alleen de kwaliteit en toepasbaarheid van het inrichtingsplan, maar creëert ook het broodnodige draagvlak voor het doorvoeren van de verbeteringen. Het commitment vanuit het management/de directie is eveneens een voorwaarde.
- Een slimme inrichting van het assemblageproces begint al in het productontwerp. De time-to-market kan nog verder worden verkort door het parallel ontwikkelen van product en proces. Tijdrovende en kostbare aanpassingen in product en of productieproces worden zo voorkomen.

Roberine: professionele grasmaaimachines

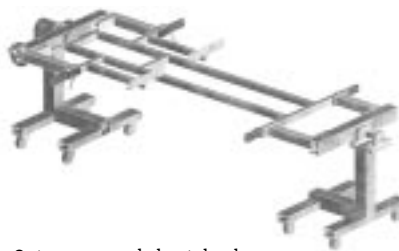
Roberine in Enschede is gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie en verkoop van professionele grasmaaimachines voor West-Europa, Noord-Amerika, Australië en Japan. Het productiepakket varieert van compacte driewielige grasmaaiers met een enkele maaibak tot grote vierwiel aangedreven grasmaaiers met een cabine en vier maaikooien. Het bedrijf telt 150 medewerkers en maakt ongeveer 1000 grasmaaimachines per jaar, verdeeld over zeven hoofdtypes.



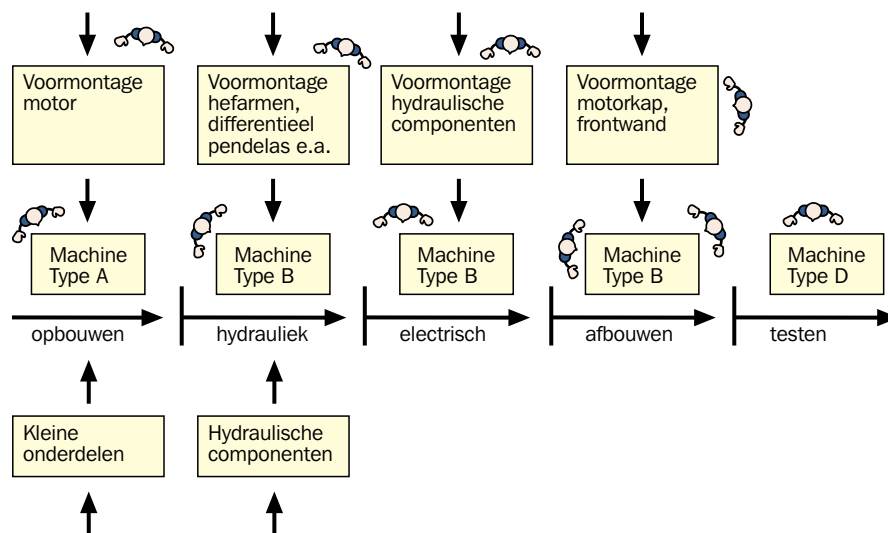
De kernactiviteiten in de productie zijn lasconstructie, slijpen, lakspuiten en assemblage. Veel onderdelenfabricage wordt uitbesteed. Voor de eindmontage beschikt het bedrijf over twee assemblagelijnen, elk met speciale werkplekken waar subassemblies zoals de motor, pendelassen, hefarmen en tanks voorgemonteerd worden.

Roberine wilde het assemblageproces verbeteren, niet alleen de efficiëntie en orderdoorstroming, maar ook de fysieke belasting en de inrichting van de werkplekken. De noodzaak tot verbetering werd nog benadrukt door de sterke groei van 20% tot 30% per jaar en het feit dat er in het verleden weinig aandacht was voor de ergonomische aspecten op de werkplek. Gezien de grote verschillen tussen de zeven hoofdtypes qua werkinhoud, aantal per jaar en het aantal opties, is voor alle hoofdvarianten het bouwproces in kaart gebracht met het MAS. Daarin is ook de invloed van de verschillende opties weergegeven.

Aan de hand van de gegevens uit het MAS, video-opnamen van het assemblageproces, de eisen ten aanzien het productievolume en de wensen ten aanzien van de inzet van mensen en flexibiliteit is een verbeterde opzet van de assemblagelijnen gemaakt. Daarbij is de verdeling van het werk over de verschillende stations vastgelegd in verband met de balancerings en het aanleveren van onderdelen op vaste locaties. Doordat de medewerkers verschillende taken kunnen uitvoeren, zijn ze op verschillende stations inzetbaar. Deze flexibele inzet van medewerkers draagt bij tot een betere balancerings van de lijn. Vervolgens is ingezoomd op de inrichting van de verschillende werkplekken en de ontwikkeling van hulpmiddelen.



Ontwerp voor de kantelmal



De nieuwe processtructuur.

Ook de inrichting van de montageplekken is ergonomisch verbeterd: onderdeellocaties zijn beter bereikbaar en op werkhoogte gebracht, tilvoorzieningen en slimme transporthulpmiddelen zijn ontwikkeld en er is een aanzet gegeven tot het ontwikkelen van een kantelmal voor de verbetering van de werkhouding. Naar verwachting kan een kantelmal zowel de ergonomie als de productiviteit aanzienlijk verbeteren.

Een ruwe analyse van de opbrengsten (reductie verzuim, verhoging productiviteit) en kosten (ontwikkelings- en productiekosten) laat zien, dat een eenvoudige kantelmal zich binnen een jaar terugverdient.

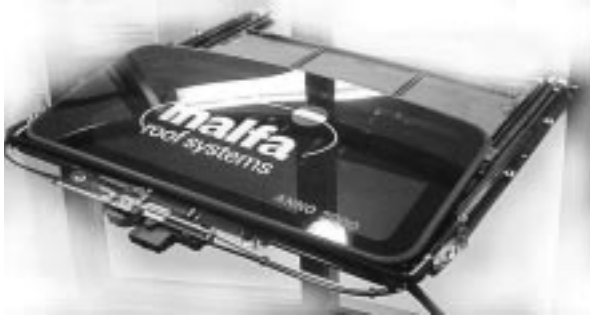
Resultaten

Door de verbeterde opzet van de assemblagelijnen en voormontageplekken en de introductie van nieuwe hulpmiddelen verwacht Roberine een efficiëntieverbetering van 15% en een verkorting van de doorlooptijd met 25%. Omdat de medewerkers direct betrokken waren bij de uitvoering van het project zijn veel verbeteringen direct doorgevoerd. De video-opnamen zijn een goed hulpmiddel om het bewustzijn van ergonomie te verhogen.



Inalfa Roofsystems: schuifdaken

Inalfa Roofsystems in Venraij ontwikkelt, assembleert en verkoopt OEM-schuifdak-systemen voor auto's en vrachtwagens (o.a. Volvo, General Motors, Daimler Chrysler en Renault). OEM (Original Equipment Market) wil zeggen dat zo'n systeem als optie tijdens de assemblage van het voertuig wordt ingebouwd. In de wereld is Inalfa Roofsystems (900 medewerkers wereldwijd) de 2e leverancier van schuifdaken.



Aanleiding voor het project vormde de opzet van een assemblagecel voor een nieuw schuifdak voor Opel. Qua assemblageconcept bouwde Inalfa voort op het bestaande shopconcept voor Volvo. Hierbij ligt het product op een verrijdbare drager,

waarmee de medewerkers langs de toegeleverde onderdelen en voormontages lopen. Tijdens het lopen wordt het product geassembleerd. De totale werkinhoud bedraagt circa negen minuten. Enkele bewerkingen die een zeer hoge nauwkeurigheid vereisen (klinken en testen) zijn geautomatiseerd.

Ten opzichte van een traditionele lijn biedt dit concept de volgende voordelen: verhoging van de productiviteit met 20%, verhoging van de arbeidssatisfactie en een verhoging van de volumeflexibiliteit door meer of minder inzet van personeel.

Aan de hand van een proefmontage zijn in de praktijk per station het bouwproces en de knelpunten op video vastgelegd. De benodigde krachten voor het monteren van het mechaniek en het voormonteren van het glas zijn gemeten.



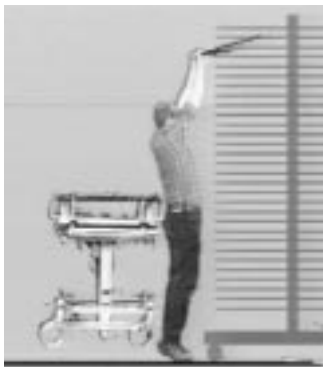
De proefmontage.

Deze afbeelding is afkomstig van een video-opname.

Resultaten

De knelpunten zijn beoordeeld aan de hand van de ergonomische grenswaarden voor tillen, werkhouding en krachtoefening. Enkele knelpunten die als "rood" werden beoordeeld, zijn als eerste aangepakt. Door verbeteringen in de hulpmiddelen en het productontwerp zijn bijvoorbeeld de montagekrachten voor mechanieken en het glaspaneel verminderd.

Vervolgens zijn bepaald de logische rangschikking van onderdelen en gereedschappen volgens het bouwproces, de plaats en afmetingen van de stellingen, karren en rekken voor de onderdelenaanvoer. Daarnaast zijn de verschillende werkstations ingericht qua positie van de gereedschappen en hulpmiddelen en de loop- en werkruimte. Hierbij zijn met de Ergomix werkplekken gesimuleerd: de medewerker wordt en ziet zichzelf in de werkplektekening geprojecteerd en kan alle assemblagehandelingen uitvoeren. In onderling overleg kan meteen de werkplek worden geoptimaliseerd naar werkhogte, bereikbaarheid onderdelen, gereedschappen, et cetera. Dit heeft erin geresulteerd dat de aanvoerhoogte en reikdiepte van onderdelen als de coverplate, mechanieken, sunshade en het glaspaneel zijn verbeterd.



Met behulp van de Ergomix is de aanvoerhoogte van glaspanelen gesimuleerd en verbeterd. Deze afbeeldingen zijn afkomstig van video-opnamen die tijdens de Ergomix zijn gemaakt.

Jos Weijs, Productiemanager Inalfa Roof Systems, is positief over de integrale aanpak: 'Wat ons zeer aansprak in het project was de grote mate van flexibiliteit waarmee de waarnemingen konden plaatsvinden. Ook de betrokkenheid van de toekomstige assemblagemedewerkers kwam goed tot zijn recht. We kijken nu op een andere manier naar ergonomie en efficiëntie. De mensen die bij het project betrokken waren, hebben dit als erg positief ervaren en kunnen de nieuwe inzichten direct toepassen.'

JVH Gaming Products: kansspelautomaten

JVH Gaming Products in Tilburg is gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie, verkoop en exploitatie van behendigheds- en kansspelautomaten. De hoofdmarkt is Europa. Er worden circa 8.000 apparaten per jaar geproduceerd. Het bedrijf verwacht in een periode van enkele jaren een aanzienlijke hogere productie.



In de huidige situatie worden de machines wekelijks in batches van 75 stuks op standplaats gemaakt, zowel de voormontages op tafels als de eindmontage op de vloer. De batchgewijze assemblage resulteert in opeenhoping van materiaal, golfbewegingen in de doorstroming en veel ruimtebeslag. De verblijftijd van het eindproduct in de assemblage ten opzichte van de daadwerkelijke werkinhoud aan het eindproduct is ongunstig. Bovendien wordt er circa 25% van de tijd gelopen. In de oorspronkelijke situatie wordt gewerkt op universele werkplekken. Deze kunnen niet worden toegesneden op het werk, wat resulteert in ongunstige gebogen werkhoudingen. De verwachte toename van het productievolume en de behoefte aan een hogere productiviteit waren de drijfveer voor verbetering van het assemblageproces. Het project is uitgevoerd door TNO in samenwerking met Syntens onder het Programma Modern Produceren.

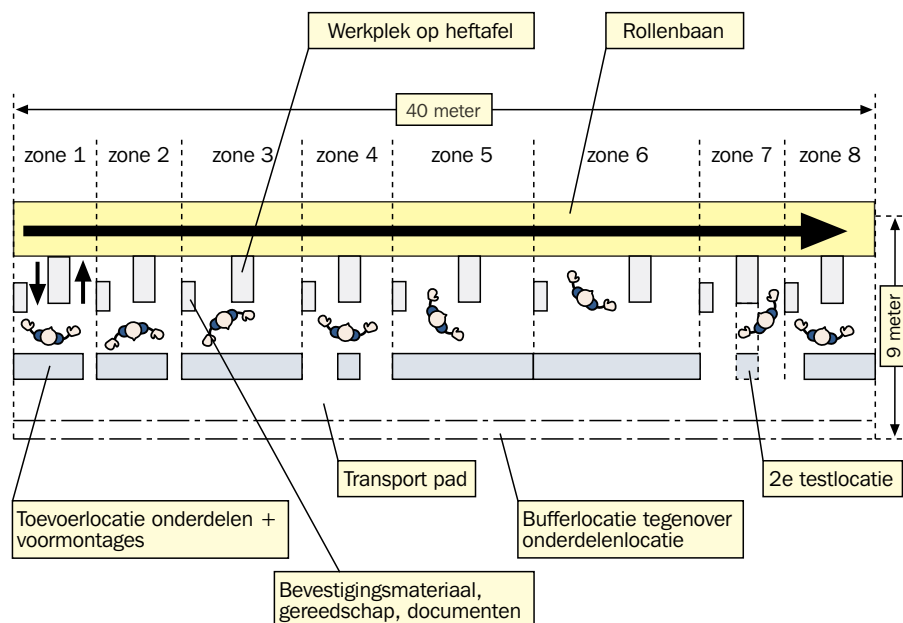
Met behulp van MAS zijn de processen van de verschillende varianten in kaart gebracht. Daarna zijn volgens richtlijnen voor doorstroming en ergonomie de belangrijkste knelpunten geanalyseerd. In interactie met de werkgroep is vervolgens een opzet gedefinieerd waarin het eindproduct fasegewijs in een flow een aantal eindassemblagezones tot en met testen en verzendgereedmaken doorloopt. Verschillende transportconcepten zijn tegen elkaar afgewogen.

Uiteindelijk is gekozen voor een rollenbaan en per zone een heftafel om de kast tijdens assemblage op de juiste werkhoogte te brengen. Er kan afwisselend staand en zittend worden gewerkt.



In de oorspronkelijke situatie moet er veel voorovergebogen gewerkt worden.

Per zone is vastgesteld welke (soort) onderdelen in welke aantallen en op welke werkhoogte aan de lijn moeten worden toegeleverd. Samen met toeleveranciers zijn nieuwe retourverpakkingen ontwikkeld waardoor handling van extra verpakkingsmateriaal zowel bij toeleverancier als bij JVH kan worden bespaard. Tot slot is de benodigde ruimte voor het nieuwe flowproces en de voormontagewerkplekken bepaald.



Ruwe opzet nieuwe lay-out.

Resultaten

De projectgroep is gestart zonder voorkeur en alle mogelijke opties zijn de revue gepasseerd. De keuze is gemaakt door het beoordelen van de plus- en minpunten van de verschillende opties. De doelstelling om tot een efficiënter en assemblagevriendelijk proces te komen met een verhoogde doorstroming is met het voorgestelde flowproces bereikt.

De verwachting is dat met de nieuwe opzet de productiviteit met circa 20 % zal toenemen.

Door een verbeterde inrichting van de werkplekken toegesneden op de taak zal de fysieke belasting afnemen tot een acceptabel niveau.

Het project heeft bovendien geleid tot aanbevelingen voor een verbetering van het ontwerp voor toekomstige generaties spelautomaten.

Kverneland Geldrop: balenpers

Kverneland Geldrop is gespecialiseerd in de ontwikkeling en productie van trommel-maaiers, maishakselaars en balenpersen; landbouwwerktuigen zonder eigen aandrijving. Het bedrijf is onderdeel van de Noorse Kverneland-organisatie. De laatste jaren is de productie sterk veranderd; Kverneland produceert nu meer klantordergericht grotere machines met veel varianten en opties.

Kverneland heeft een nieuwe type balenpers ontwikkeld, die de oude moet vervangen. Bij het opzetten van de nieuwe assemblagelijijn vroeg men zich af in hoeverre het gebruik van gedeelde of eindloze riemen het assemblageproces zou beïnvloeden, hoe de output van de lijn aangepast kan worden aan de seizoensinvloeden en hoe de fysieke belasting van het assemblagewerk kan worden beperkt.

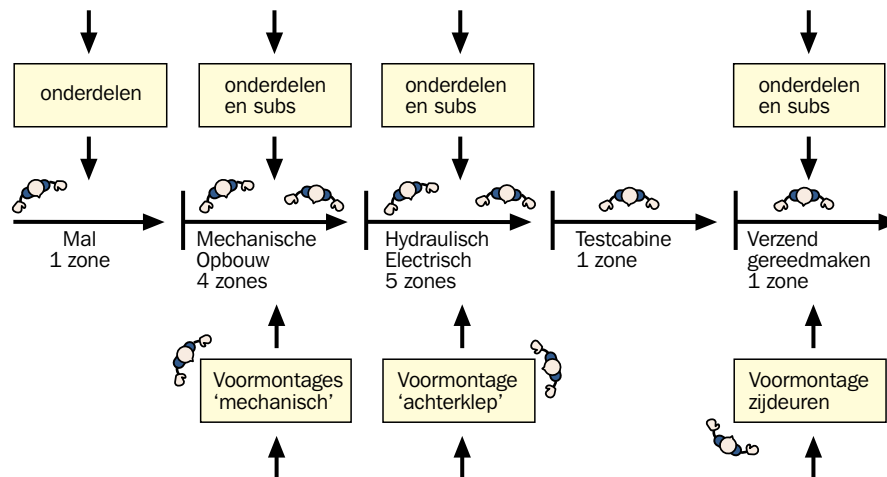


Door het projectteam bestaande uit constructeurs, medewerkers van de assemblage en het bedrijfsbureau is met steun van TNO een lay-out gemaakt voor de assemblage van de nieuwe balenpers.

Aan de hand van het MAS en het beoogde productietempo van vier tot tien machines per dag is een opzet van de lijn gemaakt, inclusief de benodigde voormontagewerkplekken. Per zone is bepaald welke onderdelen en voormontages, in welke aantallen, op welke wijze aangeleverd moeten worden en welke (speciale) hulpmiddelen er nodig zijn om de assemblagewerkzaamheden te verlichten of mogelijk te maken. In eerste instantie leken er drie mallen nodig om in het gewenste tempo het basisframe te kunnen maken. Voor de onderdelenaanvoer en handling was dit erg nadelig.

Door de werkzaamheden op de mal tot een minimum te beperken, kon uiteindelijk toch met één mal worden volstaan.

Om het productietempo van een lijn te kunnen variëren is het nodig dat de medewerkers meer dan één zone beheersen. Met het projectteam zijn verschillende mogelijkheden besproken. Uiteindelijk is voorlopig gekozen voor het opdelen van de lijn in twee stukken van vijf respectievelijk zes zones met enkele vaste medewerkers, die afhankelijk van het gewenste productievolume ondersteund worden door extra medewerkers.



De nieuwe processtructuur.

Resultaten

In zeer korte tijd is een assemblagelijns ontworpen. De gezamenlijke, systematische aanpak heeft geleid tot een opzet met een breed draagvlak, waarbij van tevoren de benodigde hulpmiddelen zijn gedefinieerd. Er is nadrukkelijk rekening gehouden met de ergonomie en daarbij zijn duidelijk verbeteringen gerealiseerd in vergelijking met de bestaande assemblagelijns. Door de machine tijdens een groot deel van de assemblage op haar achterkant te laten rusten, wordt bijvoorbeeld het hoge reiken sterk beperkt.



Montage van het kettingwiel.

Bakon Food Equipment: geleispuitmachines

Bakon Food Equipment in Goes is zo'n 15 jaar actief op het gebied van het ontwerpen, produceren en verkopen van machines voor de ambachtelijke en industriële banketbakkerij. Bakon is met name een specialist op het gebied van het verspuiten van gelei, chocolade, fondant en eigeel, en het doseren van allerlei producten zoals, jam, vulling en deegbeslag. Voor de industriële bakkerijen maakt Bakon projectmatig grote, complexe klantspecifieke machines. Voor ambachtelijke bakkerijen maakt Bakon kleinere handzame machines, zoals de geleispuitmachines. De range geleispuitmachines Jelly 2000 worden seriematig geproduceerd in een volume van ongeveer 500 stuks per jaar.



Bakon is in korte tijd uitgegroeid tot een bedrijf met 55 medewerkers, en mede daardoor was het nodig de seriematige assemblage van de geleispuitmachines beter af te stemmen op de grotere omzet. Daarnaast moest het bouwen van machines efficiënter en sneller verlopen. Het project is door TNO uitgevoerd in samenwerking met Syntens onder het Programma Modern Produceren.

De kleinere machines werden in batches van 10 tot 12 stuks geassembleerd. Op universele werkplekken (balken op vaste hoogte) werden eerst de benodigde voormontages gemaakt. Daarna vond op dezelfde werkplekken de eindmontage plaats. Dit systeem leverde de volgende knelpunten op:

- Het telkens opnieuw inrichten van werkplekken kost veel tijd.
- Door het ontbreken van vaste werkplekken is het niet mogelijk werkplekken speciaal in te richten voor het efficiënt uitvoeren van een vast deel van het assemblageproces.
- Het aanvoeren, verzamelen en monteren van onderdelen is omslachtig en kost veel tijd.
- Tijdens de assemblage is de machine slecht toegankelijk.
- Voor het assemblageproces is een verstelbare werkhoogte nodig vanwege de verschillende afmetingen van de machines en de plaats van de onderdelen in de machines.



In de nieuwe situatie zorgen heftafels ervoor dat er altijd op de juiste hoogte gewerkt kan worden.

Na het vastleggen van het assemblageproces in een MAS en analyse van het 'batch-gewijs' bouwen is een assemblagelijijn opgesteld. Eerst zijn de benodigde werkplekken gedefinieerd en uitgewerkt voor de onderdeellocaties (welke onderdelen en hoeveel), de vereiste gereedschappen en hulpmiddelen en de benodigde ruimte. In verband met de verschillende werkhoogtes is gekozen voor het gebruik van een heftafel in de eind-assemblage. Hierdoor kunnen de medewerkers het apparaat altijd op de goede hoogte zetten en in een goede houding werken. Ook voor de voormontages zijn speciale werkplekken uitgewerkt. Vervolgens is aan de hand van deze werkplekken en de beschikbare ruimte een lay-out gemaakt.

Resultaten

Het project heeft uiteindelijk geresulteerd in een reductie van de werkinhoud van zo'n twee uur (bijna 20%), betere ergonomische omstandigheden, een kortere doorlooptijd en een eenvoudiger aansturing van onderdelen door een twee-bakken-systeem.

Faber Electronics: noodverlichtingssystemen

Faber Electronics BV in Velp is gespecialiseerd in de ontwikkeling, assemblage en verkoop van noodverlichtingssystemen en klantspecifieke elektronicasystemen. Bij het bedrijf werken circa 120 medewerkers. In totaal worden er per jaar enkele honderdduizenden noodverlichtingssystemen in diverse uitvoeringen en klantspecifieke producten geproduceerd.



Het bedrijf is de laatste jaren sterk gegroeid. Het machinepark en de engineering hebben de beschikking over de meest moderne productie- en testfaciliteiten gekregen. Echter tussen opeenvolgende processen waren veel logistieke handelingen ontstaan. De oorspronkelijke eindassemblage werd batchgewijs uitgevoerd aan lange werktafels. Dit betekende veel extra handling en opslag en

langdurig repeterend werk in ongunstige werkhoudingen. Een toename van het productievolume en nieuwbouwplannen waren voor Faber de aanleiding om samen met TNO Industrie en TNO Arbeid de lay-out van het productieproces en de inrichting van de werkplekken te verbeteren. Parallel zijn twee werkgroepen aan de slag gegaan; een voor het bestukken van elektronica-componenten en een voor de assemblage van het eindproduct. De materiaalstromen zijn in kaart gebracht en medewerkers zijn begeleid bij het inrichten van proefwerkplekken. Tussentijds is het personeel steeds geïnformeerd over de vorderingen. Inmiddels zijn nieuwe voorzieningen voor de werkplekken aangeschaft, is de productie geheel opnieuw ingericht en zijn de effecten gemeten.

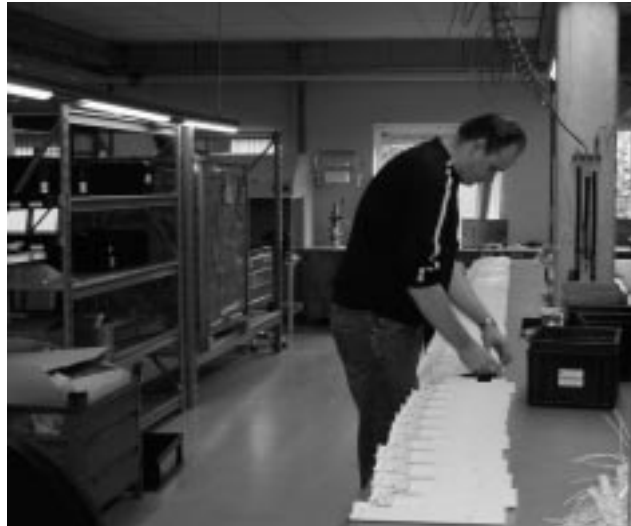
Resultaten

Door de overgang van batchgewijze productie naar flow-productie zijn de doorstroming van het materiaal en de inrichting van de werkplekken verbeterd. Uit metingen blijkt dat de productiviteit (aantal producten per persoon per dag) met ruim 40 procent is toegenomen. Medewerkers kunnen constanter en efficiënter werken, omdat de onderdelen dichterbij de werkplek zijn. In ongeveer dezelfde ruimte kan nu twee keer zoveel productie worden gedraaid. Daardoor zijn de investeringen in nieuwbouw (nog) niet nodig. Uit de metingen blijkt bovendien dat de productiviteitsverhoging niet tot verhoging van de fysieke belasting leidt. De werkzaamheden zijn nu juist minder belastend. Bovendien vinden de medewerkers het prettig dat ze een completere taak hebben. In plaats van zestig keer een onderdeel achter elkaar uit te leggen, maken ze nu in teamverband een product op een goed ingerichte werkplek.

Het is nu ook mogelijk de werkplek aan de medewerker aan te passen. De werkhoogte is namelijk eenvoudig verstelbaar en het product is in een mal te kantelen. De voorraad-

bakken staan nu naast de medewerker en zijn kleiner. Om toch afwisseling van beweging te stimuleren, moeten de medewerkers zelf hun bakken opnieuw bevoorraden vanuit een stelling direct achter de werkplek.

Er is ook veel meer bewustwording ontstaan rond flow-productie en ergonomie. Het project heeft eveneens bijgedragen aan een verhoging van de motivatie, omdat samen met de medewerkers de werksituatie direct is verbeterd. De ervaringen worden ook benut voor de herinrichting van andere productiecellen.



In de oude situatie nam de eindassemblage veel ruimte in beslag, was er veel extra handling en was de taak fysiek en mentaal belastend.



In de nieuwe situatie stroomt het materiaal sneller door en kan de werkplek eenvoudig op de individu worden ingesteld.



Ahrend Productiebedrijf St. Oedenrode: jaloeziekasten

Ahrend is gespecialiseerd in de ontwikkeling, productie en verkoop van kantoormeubilair. In de productievestiging Sint Oedenrode zijn circa 500 mensen werkzaam, waarvan circa 350 in de productie. In de assemblage van jaloeziekasten werkt 60% vast personeel aangevuld met 40% flexibele krachten. De groep maakt 70.000 kasten per jaar die zeer verschillen in afmeting, kleur en indeling.

De oorspronkelijke opzet telde drie assemblagelijnen met vaste zones waarin de jaloeziekasten afhankelijk van kasthoogte (hoog, midden, laag) werden afgebouwd. In de drie naast elkaar gelegen lijnen waren onderdeellocaties niet goed bereikbaar voor aanvoer. De grote variatie in kastindeling resulteerde in een grote variatie in assemblagetijd en in een slechte balancerings. Het assemblagewerk was verspreid in de gehele kast en hierdoor kwamen geregeld ongunstige werkhoudingen voor. De niet-standaarddelen werden op één centraal punt in dozen laag bij de grond aangeleverd. Dit alles resulteerde in zoeken, lopen, tillen en sjuwen van (zware) onderdelen.

Het project herinrichting assemblagelijns is door TNO uitgevoerd in opdracht van de SCOM-Stichting Collectief Onderzoek Metaal. Doel van het project was een (flexibele) verhoging van 280 naar 400 kasten per ploeg per dag en een vermindering van de fysieke belasting. In de werkgroep is met MAS het proces van de kastvarianten in kaart gebracht. Daarnaast zijn tijdens observaties knelpunten in ergonomie op video vastgelegd en vervolgens teruggekoppeld naar het personeel. De verschillende assemblageconcepten zijn op plus- en minpunten beoordeeld en zo is uiteindelijk gekozen voor één lijn die is opgedeeld in twee zogenaamde "shop"-delen waarin medewerkers al meelopend de kast monteren. Dit concept levert geen problemen op voor de balancerings, biedt ruimere taken

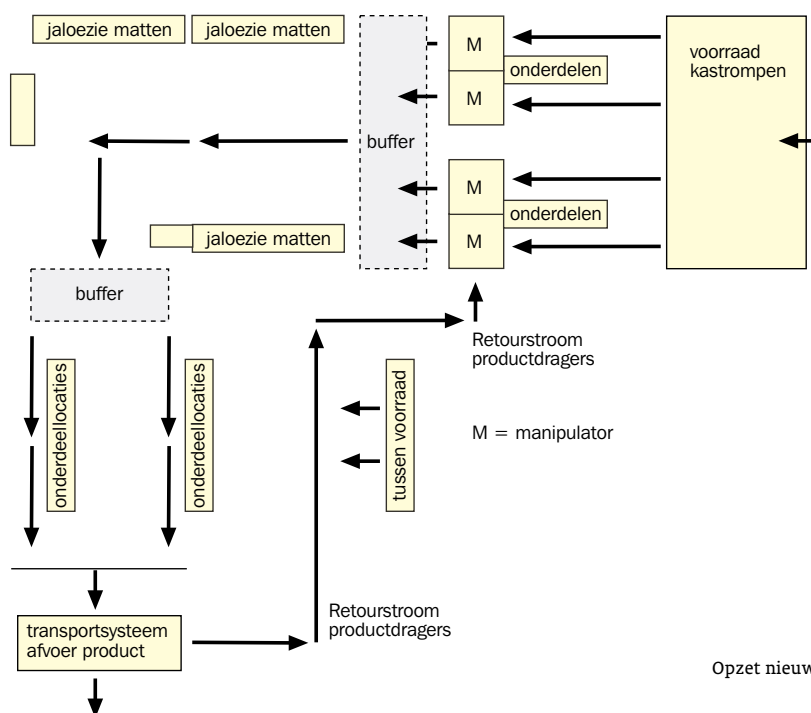


voor het vaste personeel en tegelijkertijd in leertaken voor het uitzendpersoneel. De kast wordt getransporteerd op een verrijdbare drager die in hoogte verstelbaar is.

Resultaten

Met de nieuwe opzet verwacht Ahrend een verhoging van de arbeidsproductiviteit van 15%. Deze verhoging is een effect van minder loop- en zoekwerk voor de onderdelen door een eenduidige locatie direct langs de lijn. Daarnaast zal door de automatische aanvoer van kastrompen de benodigde capaciteit van heftrucks worden vermindert. Door productwijzigingen kunnen assemblagehandelingen worden verbeterd. Door het terugbrengen van drie lijnen naar één lijn kan het aantal onderdelen op de werkvloer worden gereduceerd. De fysieke belasting zal worden gereduceerd door het verticaal plaatsen van de jaloeziematten, door de automatische aanvoer van pallets en door het verbeteren van de werkhoogte. De werkhoogte is met de medewerkers vastgesteld in de Ergomix: in deze simulatie worden medewerker en werkplektekening gemixt waardoor snel ontwerpen en evalueren mogelijk is.

Volgens André van der Heijden, projectleider bij Ahrend, is de aanpak ervaren als 'volledig en systematisch. Door de multidisciplinaire werkgroep werden de betrokkenheid en het draagvlak verhoogd. De gevolgde aanpak wordt nu direct toegepast bij de ontwikkeling van nieuwe kasten.'



Opzet nieuwe lay-out.

Koninklijke Nooteboom Trailers: semi-diepladers



Koninklijke Nooteboom Trailers in Wijchen heeft al meer dan 115 jaar ervaring in het produceren van transportmiddelen. Kerncompetentie van Nooteboom is het zo snel en goedkoop mogelijk vertalen van de klantwensen in een gereed product. Hiermee heeft het bedrijf een leidende marktpositie verworven in de markt voor aanhangwagens en opleggers voor het speciaal en zwaar transport.

Verdeeld over vier productfamilies maakt Nooteboom ruim 1000 voertuigen per jaar. Naast eenvoudige 'standaard'-voertuigen levert Nooteboom ook complexe klantspecifiek ontwikkelde voertuigen.

De belangrijkste processen in het assembleren zijn: construeren van een stabiel basisframe in een mal, aflowsen van het voertuig, monteren van assen en componenten, spuiten van het voertuig en afmonteren. Om aan de groeiende vraag in een van de productgroepen te kunnen voldoen, was het nodig om de doorlooptijd van het product te verkorten en de efficiëntie te vergroten. Nooteboom wilde de doorstroming en ergonomie verbeteren door bijvoorbeeld:

- met meer mensen aan één voertuig te kunnen werken;
- een efficiënte inrichting van de werkplekken;



Voorbeeld van een ongunstige werksituatie.

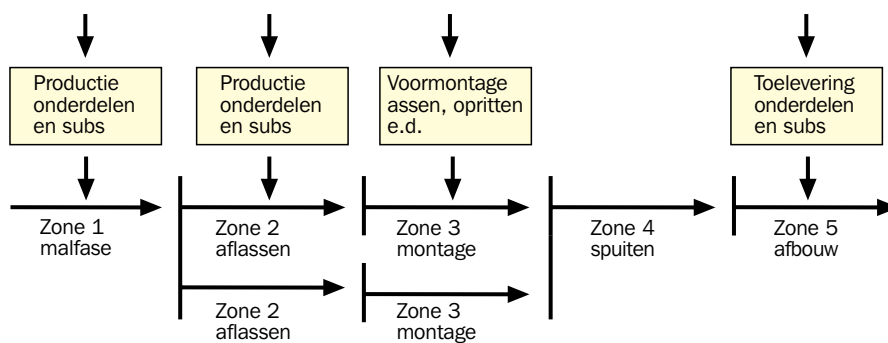
- zo veel mogelijk voormontages op aparte plekken voor te bereiden;
- de onderdelenaanvoer zo te organiseren dat de voertuigen in één keer afgebouwd kunnen worden;
- een goede voorbereiding van afwijkende, eenmalige opties waardoor monteurs die efficiënt kunnen inbouwen;
- rekening te houden met de vele opties, die vaak aanzienlijke gevolgen hebben voor de werkinhoud, de balancerings en de planning;
- met hulpmiddelen handelingen te vereenvoudigen en de werkomstandigheden te verbeteren. Sommige handelingen veroorzaakten behoorlijk ongunstige ergonomische situaties: zwaar tillen, werken in ongunstige houdingen, veel kracht moeten uitoefenen, lawaai door hameren op stalen plaat.

Eerst zijn de knelpunten in de doorstroming en ergonomie door een breed team systematisch in kaart gebracht. Vervolgens zijn allerlei oplossingen gegenereerd. Sommige daarvan konden eenvoudig door de betrokkenen zelf in de lijn worden door gerealiseerd. Voor andere was overleg met en medewerking van andere afdelingen of toeleveranciers nodig.

Resultaten

Concrete resultaten van het project zijn volgens Nooteboom een verkorting van de orderdoorlooptijd met 15%, reductie van de werkinhoud met 20%. Onderdelen en voormontages worden compleet aangeleverd of op een aparte werkplek voormonteerd. Ook wat betreft de ergonomische omstandigheden zijn verbeteringen geboekt, veelal door gebruik van eenvoudige maatregelen (gebruik van een terugslagvrije hamer, verbeteren van de maatvoering of het op juiste hoogte plaatsen van zware onderdelen).

Naar aanleiding van de ervaringen met dit project zijn met TNO vergelijkbare projecten opgestart in andere productgroepen.



De nieuwe processtructuur.

JM de Jong DUKE Automatenfabriek: koffieautomaten

JM de Jong DUKE Automatenfabriek in Sliedrecht is gespecialiseerd in de ontwikkeling en assemblage van koffieautomaten voor professioneel gebruik. De automaten variëren qua afmeting, functionaliteit en inhoud. In totaal worden enkele duizenden automaten per jaar geproduceerd.

Het bedrijf kampte met te lange orderdoorlooptijden en ruimtegebrek bij een continue toename van het productievolume. In een project onder het programma Modern Produceren was het batchgewijs op standplaats bouwen al vervangen door een flowconcept. Tegelijkertijd was gewerkt aan het meer compleet voormonteerbaar maken van modules. Volgens de directie van JM de Jong DUKE, Michiel de Jong, werd hierdoor in de huidige ruimte de orderdoorlooptijd met de helft gereduceerd. Bovendien werd de assemblagewerkinhoud per automaat met ongeveer 20% gereduceerd door een afname van loop- en zoekwerk. Daarnaast bestond er nu de mogelijkheid om het assemblageproces flexibel in te richten voor grotere productievolumes.



Als vervolgproject zijn de routing, de inrichting van werkplekken en de organisatie van het werk verder verbeterd. De lay-out kenmerkte zich nog door hoge voorraden volumineuze onderdelen en voormontages verspreid over de productievloer. De doorstroming van de producten van voormontageplekken naar de eindlijn was nog te gering. In de testzone was de werkdruk hoog en werd er langdurig gestaan. In de inpakzone was er sprake van frequent tillen van de koffieautomaten.

Er zijn afspraken gemaakt met de leverancier waardoor plaatmateriaal nu direct met de automaatkast wordt meegeleverd. Hierdoor zijn er geen 16 maar slechts 3 palletplaatsen nodig voor het plaatwerk en wordt het lopen en bukken voor onderdelen sterk gereduceerd. Werkplekken die aan elkaar toeleveren zijn dicht bij elkaar gebracht: er is meer betrokkenheid en ook kan er makkelijker gerouleerd worden. Per werkplek is er gekeken naar de bereikbaarheid van de onderdelen en het gereedschap. Verder zijn er ook nog verbeteringen doorgevoerd, zoals een betere verlichting, meer beenruimte en de juiste werkhoogte, aanschaf van verrijdbare zadels zodat er afwisselend staand en zittend en met voldoende bewegingsvrijheid kan worden gewerkt.



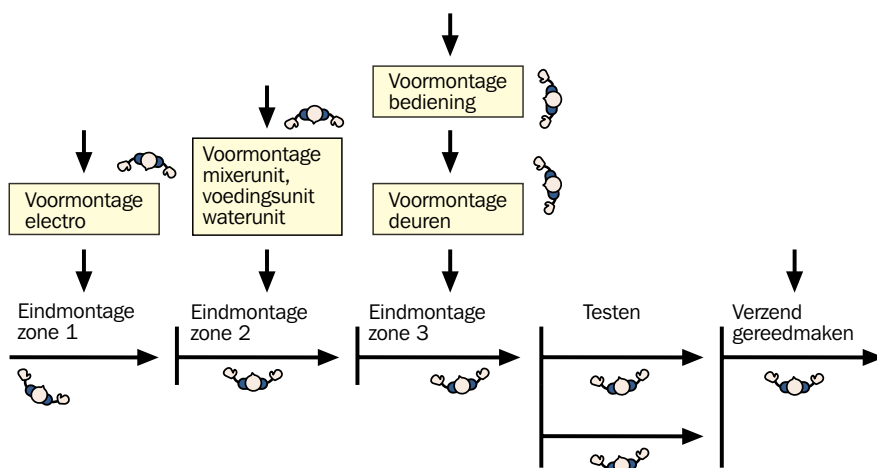
Langdurig staand en voorovergebogen werken moet zoveel mogelijk vermeden worden.

De automaat is op een draaibare productdrager geplaatst waardoor de automaat vanaf één kant toegankelijk wordt.

De druk bezette testwerkplekken zijn veranderd en uitgebreid. Bij een storing wordt de automaat uit de lijn geschoven en wordt de lijn niet meer opgehouden.

Resultaten

De doorstroming is toegenomen en de werkdruk is afgenomen. Bij de inpakzone zijn de tilhandelingen geëlimineerd. De rollenbaan en de inpakzone zijn in één lijn en op een gelijke hoogte gebracht: de automaat kan hierdoor eenvoudiger worden doorgeschoven. Uiteindelijk hebben alle maatregelen bij elkaar geleid tot een 50% hogere productiecapaciteit.



De nieuwe processtructuur.

Literatuur

'Assemblage kan efficiënter en gezonder', case verpakkingsmachines bij Sollas Holland, J.W. van Rhijn en R.B.M. Helmes, Arbeidsomstandigheden, november 2002

'Het succes van Modern Produceren II', case 5: JVH Gaming Products, uitgave van Syntens, oktober 2002

'Flexibel fabriceren is de toekomst, instrumenten voor vraaggestuurde flowproductie', Vraag en Aanbod, 29 maart 2002

'Geïntegreerde aanpak is kracht van TNO', case Nooteboom Trailers, A. Beyen, TNO Magazine, februari 2002

'Slimmer en minder belastend assembleren', publicatie naar aanleiding van de presentatie van het SCOM-project Inrichting Assemblageprocessen en -werkplekken, Vraag en Aanbod, 23 juni 2000

'Inrichting Assemblageprocessen en -werkplekken', G.H. Tuinzaad, J.W. van Rhijn, J. van Deursen en M.P. de Looze, Apeldoorn, 7 juni 2000, rapportage over de aanpak en cases bij drie bedrijven voor SCOM – Stichting Collectief Onderzoek Metaal

'Aanpak en praktijkervaringen bij het slimmer inrichten van assemblageprocessen en -werkplekken', lezing van G.H. Tuinzaad en J.W. van Rhijn op Manifestatie Productietechnologie Nederland, georganiseerd door Techno Vision & Solution tijdens de Technishow te Utrecht, april 2000

'Verbetering assemblagelijnen van zonnepanelen bij Alisun', G.H. Tuinzaad en J.W. van Rhijn, TNO Nieuwsbrief voor de Machinebouw, nr. 12, februari 2000

'Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblageprocessen, casebeschrijving drankenautomaat', J.W. van Rhijn en G.H. Tuinzaad, Tijdschrift voor Ergonomie, december 1999

'Doorstroomvriendelijke en mensgerichte assemblage, casebeschrijving professionele grasmaaiers bij Roberine', J. van Deursen en J.W. van Rhijn, MB Dossier, augustus 1999

'Design of efficient assembly flow and human centred workplaces in Dutch assembly companies', J.W. van Rhijn, G.H. Tuinzaad and J. van Deursen, International Conference on TQM and Human Factors, Linköping, Sweden, 15-17 June 1999

'De doorstroomvriendelijke assemblagewerkplek, de kracht zit in de mensgerichte aanpak', A. Beyen, Arbeidsomstandigheden, jaargang 75, mei 1999

'Een betere inzet van mensen; ervaringen met het slimmer inrichten van het assemblageproces van grasmaaimachines bij Roberine', presentatie van Th.M. van Sprang op workshop Productie Slimmer Inrichten tijdens TNO Kennismarkt te Utrecht, 28 april 1999

'Kostenreductie door assemblage-engineering tijdens productontwikkeling van snackautomaat', G.H. Tuinzaad, TNO Nieuwsbrief voor de Machinebouw, Nr. 7, oktober 1998

'Doorstroomvriendelijke assemblage, door slimme productopbouw en creatieve, vroegtijdige voorbereiding', lezing van G.H. Tuinzaad op themadag Montage en Creativiteit, georganiseerd door Mikrocentrum te Eindhoven op 27 oktober 1998

'Optimale inzet van mensen, méér dan arbeidsomstandigheden', A. Beyen, TNO magazine Toegepaste Wetenschap, september 1998

'Kostenreductie in de automatenbranche, deel 2. Montage-afloopschema (MAS), praktijkcases: De Jong Duke Automatenfabriek en Fri-Jado Euro Products, G.H. Tuinzaad en N.E. van Hylckama Vlieg', De Constructeur, april 1997