

Ser. 4
Log

Experimentele stofbestrijding in baksteenbedrijven

Onderzoek

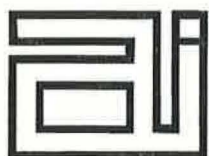
Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid
door de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



NIA0022497

Directoraat-Generaal van de Arbeid



S 89

Jc.

Experimentele stofbestrijding in baksteenbedrijven

Onderzoek

Uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid
door de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO

auteurs:

R. v.d. Belt

E. Buringh

F.G. Esmeijer

J.H. van Wijck

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

stamb. nr. 2196
plaats Ser. 4, I 89
datum 09 APR. 1990

maart 1990

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Experimentele

Experimentele stofbestrijding in baksteenbedrijven / auteurs: R. v.d. Belt ... [et al.] met medew. van: C. Bruijnes ... [et al.] - Voorburg: Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. - Ill. - ([Studie] / Directoraat-Generaal van de Arbeid, AI, ISSN 0921-9218; S 89)

Studie uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg TNO.

ISBN 90-5307-068-0

SISO 691.3 UDC 613.6:[338.45:691.42]

Trefw.: arbeidsomstandigheden; baksteenindustrie.

SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	5
2. BESCHRIJVING MEETMETHODEN, MEETPLAATSEN EN MEETOMSTANDIGHEDEN	6
2.1 Bedrijf a	9
2.2 Bedrijf b	12
2.3 Bedrijf c	15
3. EXPERIMENTELE STOFBESTRIJDING	19
3.1 Sproeiers	19
3.1.1 Bedrijf a	21
3.1.2 Bedrijf b	23
3.1.3 Bedrijf c	25
3.2 Zifter	27
4. RESULTATEN	30
4.1 Bedrijf a	30
4.1.1 Stofmetingen	30
4.1.2 Buigtreksterkte stenen	31
4.1.3 Afscheidingsrendement zifter in bedrijf a	32
4.2 Bedrijf b	32
4.2.1 Stofmetingen	32
4.2.2 Buigtreksterkte	33
4.3 Bedrijf c	34
4.3.1 Stofmetingen	34
4.3.2 Buigtreksterkte	35
5. BESPREKING RESTULTATEN	36
5.1 Bedrijf a	36
5.1.1 Totaal stof	36
5.1.2 Respirabel stof	37
5.1.3 Respirabel kwarts	42
5.1.4 Zifter	43
5.1.5 Andere waarnemingen	43

5.2	Bedrijf b	44
5.2.1	Totaal stof	44
5.2.2	Respirabel stof	46
5.2.3	Respirabel kwarts	47
5.2.4	Andere waarnemingen	48
5.3	Bedrijf c	49
5.3.1	Totaal stof	49
5.3.2	Respirabel stof	50
5.3.3	Respirabel kwarts	54
5.3.4	Andere waarnemingen	55
5.4	Berekeningen met een verspreidingsmodel	56
5.4.1	Bedrijf a	56
5.4.2	Bedrijf c	65
6.	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	68
7.	LITERATUUR	70
BIJLAGE A	Leden van de begeleidingscommissie	
BIJLAGE B	Beknopte beschrijving van de fabricage van bakstenen in Nederland	
BIJLAGE C	Overzicht geteste typen sproeiers	

SAMENVATTING

In een drietal bedrijven werden experimenten uitgevoerd om stofconcentraties te verminderen door gedroogde vormelingen te benevelen en door een zifter te plaatsen in de vormzandstroom. Beneveling vond plaats bij de afschuiver, platenwentelaar, het opsnijpunt, bij de lege droogplaten en bij de afvalbanden, cq. overstortpunten van de transportbanden. Het gebruikte type sproeier blijkt, mits op de juiste plaatsen gemonteerd en goed gedimensioneerd, de stofconcentraties met een factor 4 tot 10 te kunnen terugbrengen. Het benevelen van de stenen had geen nadelige invloed op de kwaliteit van het eindprodukt.

Het effect van de zifter op de stofreductie in bedrijven is gering ten opzichte van het effect van de sproeiers en het toepassen van "good-housekeeping". (Er mag van een zifter geen substantiele extra stofreductie verwacht worden.)

Permanente aandacht voor alle zes de onderdelen van "good-housekeeping" blijft essentieel om de stofconcentraties laag te houden.

Technisch is het reduceren van de respirabel stofconcentraties tot ongeveer $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ mogelijk gebleken. De concentraties respirabel stof in baksteenbedrijven dienen in ieder geval onder 1 mg.m^{-3} te liggen, als men uitgaat van een gemiddeld kwartsgehalte van ongeveer 15%.

1. INLEIDING

In de Nederlandse baksteenindustrie is een door het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid gesubsidieerd onderzoek verricht om na te gaan wat de mogelijkheden zijn om de stofproblemen in de baksteenindustrie te bestrijden. In een samenvattend overzichtsrapport uit 1988 zijn de resultaten van het eerste deel van dit project besproken en kort samengevat [1].

Dit onderzoek wordt door TNO en door het Technisch Centrum voor de Keramische industrie in De Steeg uitgevoerd, met een begeleidingscommissie waarin naast de overheid ook de KNB en vertegenwoordigers van werkgevers- en werknemersorganisaties zitting hebben (bijlage A).

De aanleiding voor dit onderzoek was een rapport uit 1982, geschreven door Ing. H.J. Maat [2], waaruit duidelijk naar voren kwam dat de stofconcentraties en met name de concentraties respirabel kwartsstof te hoog waren in de Nederlandse baksteenindustrie.

Het onderzoek richt zich op het verminderen van de stofbelasting van de werknemers door te trachten de stofbronnen te localiseren en de oorzaken van de stofproblemen op te sporen, om later een effectieve oplossing (tegen zo min mogelijk kosten) te vinden. In dit project is geen aandacht besteed aan andere ARBO-problemen in de baksteenindustrie zoals geluid-, ergonomie en klimaat maar heeft men zich beperkt tot het ontwikkelen van de tot nu toe ontbrekende technische oplossingen om de stofconcentraties te verminderen.

Om een effectieve stofvermindering te bewerkstelligen is het project in verschillende fasen opgedeeld:

- fase 1 : inventarisatie van de problemen, zo mogelijk opsporen van de oorzaken van de stofbelasting, het aangeven van eenvoudige technische maatregelen en het evalueren van het effect van de toepassing van de eenvoudige technische maatregelen.
- fase 2 : het ontwikkelen van eenvoudige, robuuste en effectieve oplossingen om de stofbelasting te verminderen.
- fase 3 : het in de praktijk uitproberen van de in fase 2 ontwikkelde oplossingen.
- fase 4 : geven van enige algemene (ontwerp)regels om in de toekomst stofproblemen te voorkomen.

Het eerste deel van het project (fase 1 en 2) is uitgevoerd in 1987-1988. In dit rapport wordt verslag gedaan van fase 3. Fase 4 wordt nog apart gerapporteerd.

2. BESCHRIJVING MEETMETHODEN, MEETPLAATSEN EN MEETOM- STANDIGHEDEN

Voor een beschrijving van de monsterneming- en analysemethoden voor totaal stof, respirabel stof en respirabel kwarts wordt verwezen naar de rapportage van de vorige meetserie [3], [4], [5], [6], [7] en [8].

Over de analysemethode voor de bepaling van de respirabel kwarts is in 1988 een rapport verschenen [12]. De respirabel kwartsconcentraties zijn in het nu voorliggende rapport bepaald met alleen de ijklijn van de kwartsfractie 7 SIL-II omdat deze het meest overeenkomt met respireerbare fractie zoals die door de gebruikte cycloon wordt doorgelaten.

In verschillende publikaties [13], [14] wordt gewezen op mogelijke matrixstoringen ten gevolge van kleimineralen. Om dit te onderzoeken is aan een viertal monsters waarvan eerst het kwartsgehalte was bepaald, door middel van standaardadditie een bekende hoeveelheid kwarts toegevoegd. Uit drie van de vier metingen blijkt dat voor de betreffende monsters geen enkel matrixeffect de oorspronkelijke bepaling stoort [15]. Bij één monster ligt een experimentele fout ten grondslag aan het afwijkend gehalte na standaardadditie. Het oorspronkelijke spectrum van dit monster is namelijk vergelijkbaar met de oorspronkelijke spectra van de andere monsters. Hieruit blijkt dat de specificiteit van de kwartsbepaling met behulp van infraroodspectrometrie volgens de verassingsmethode goed is en dat ook de herhaalbaarheid van de kwantificering goed is. De eventuele matrixeffecten van kalk in plaats van klei konden in verband met tijdgebrek niet meer onderzocht worden.

Om de mogelijke fouten in de bepalingen te kwantificeren werd de CV_t waarde berekend (CV_t = quotiënt van de standaardafwijking van een aantal duplo's en het gemiddelde van die duplo's). Daartoe werden op twee verschillende locaties een vijftal onderling vergelijkbare stationaire metingen uitgevoerd met respirabel stof filterkopjes (BCIRA). In verband met de afscheidingskarakteristiek van de cycloon werden de flow's zo goed mogelijk ingesteld.

Tabel 1 *CV_t -waarde in procenten bij de monsterneming van respirabel stof in baksteenbedrijven (berekend aan de hand van steeds vijf stationaire metingen).*

	Bij de zandbrander	In pershal
volume gemonsterde lucht	1,0%	0,8%
respirabel stofconcentratie	14,8%	12,2%
respirabel kwarts concentratie	22,8%	(63,5%)

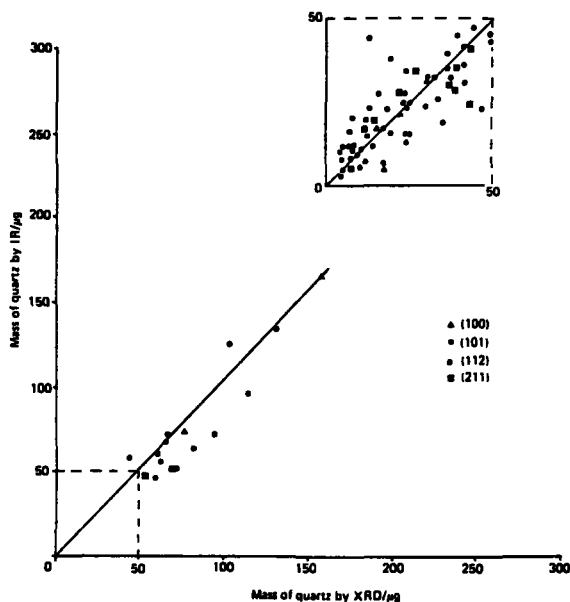
De CV_t -waarde van de respirabel kwarts concentratie in de pershal is tussen haakjes geplaatst omdat 2 van de 5 meetwaarden onder de detectiegrens vielen. Voor de berekening van een CV_t -waarde zijn die beide concentraties beschouwd als $2/3 \times$ de detectiegrens van $5 \mu\text{g}$ kwarts per filter.

De herhaalbaarheid van de kwartsanalyse is 10-15% [12]. Dit levert een CV_a op van dezelfde orde van grootte. Als de CV_t van de respirabel stofbepaling beschouwd wordt als CV_m (vóór de kwartsanalyse) is met behulp van deze beide gegevens de verwachte CV_t van de respirabel kwarts bepaling te berekenen op:

$$\sqrt{(CV_m^2 + CV_a^2)}$$

De CV_t zal dan liggen tussen 17 en 23%. De in de praktijk gevonden CV_t -waarden van 22,8% ligt daar in.

Door deze relatief hoge CV_t -waarde zullen de resultaten van de kwartsmetingen sterk fluctueren. Dit beeld is ook te vinden door de resultaten te bekijken van kwartsmetingen met infraroodabsorptie in vergelijking met meting met röntgendiffractie. In figuur 1 is te zien hoe bij één en hetzelfde monster beide methoden tot behoorlijk verschillende resultaten kunnen leiden.



Figuur 1 Kwartsbepalingen in microgram uitgevoerd met röntgendiffractie en IR-absorptie voor respirabel stof monsters uit de fijn keramische industrie in Engeland [uit: 14].

De stofmonsters in dit onderzoek zijn gedurende een ochtend of een middag verzameld. Dit betekent dat het gaat om "4-uurs" in plaats van "8-uurs" monsters. De fluctuaties in concentraties in korter durende monsters zijn in het algemeen groter dan in die van monsters die gedurende een volle werkdag zijn verzameld [16]. Aangezien het om financiële redenen niet mogelijk was om van alle monsters een kwartsbepaling te laten uitvoeren is ervan afgezien de beoordeling te laten plaatsvinden op basis van de gemiddelde "8-uurs" concentratie. Meestal werd een kwartsanalyse uitgevoerd op respirabel stofconcentraties die "hoog" waren uitgevallen. Vanwege deze aanpak is het niet geheel juist om aan de individuele kwartsbepalingen een te grote aandacht te schenken. Een andere dan de financiële redenen waardoor het moeilijk is om representatieve "8-uurs" monsters te verkrijgen is dat het door frequente veranderingen in de productie-omstandigheden en omgevingsfactoren moeilijk is deze factoren gedurende een gehele werkdag onder controle te houden.

Om een redelijke beoordeling van de kwartsgegevens te laten plaatsvinden zullen de resultaten veel meer op "groepsniveau" beoordeeld moeten worden dan op de individuele ochtend- of middagmeting. Daarbij kan dan een gemiddeld kwartsgehalte (berekend uit vele respirabel kwartsstofmetingen) als een gegeven worden beschouwd. De toetsing aan de kwartsnorm kan dan plaatsvinden door de respirabel stofconcentratie vermenigvuldigd met de kwartsfractie als indicator te beschouwen van de kwartsconcentratie. Bij deze laatste aanpak zijn alle respirabel stofmetingen bruikbaar. In tegenstelling tot de voorgaande rapporten worden nu de respirabel stofconcentraties weergegeven met twee cijfers achter de komma omdat de concentratieniveaus aanmerkelijk lager waren dan tijdens de voorgaande meetperioden. Aan dit tweede cijfer dient géén overdreven gewicht te worden toegekend (zie tabel 1).

De bovengeschetste beoordeling van de resultaten aan de hand van respirabel stofmetingen lijkt op de in Engeland door de Health and Safety Executive (de Engelse arbeidsinspectie) gehanteerde methode. De HSE hanteert de regel [17] dat de respirabel stofconcentratie niet meer mag bedragen dan:

$$10/(\text{kwartsgehalte in procent} + 2)$$

milligram per kubieke meter lucht.

Bij een kwartsgehalte van bijvoorbeeld 15% mag de respirabel stofconcentratie volgens de Engelse wetgeving niet meer bedragen dan $10/17 = 0,59 \text{ mg.m}^{-3}$. Als er helemaal geen kwarts in het stof zit wordt de norm: $10/2 = 5 \text{ mg.m}^{-3}$ respirabel stof. Dit getal is gelijk aan de Nederlandse MAC-waarde voor respirabel stof.

In de Nederlandse Arbeidsomstandighedenwetgeving wordt slechts gesproken van 0,15 mg.m⁻³ als MAC-waarde voor respirabel kwarts. Uitgaande van hetzelfde voorbeeld van 15% kwarts* zou dit betekenen dat een respirabel stofconcentratie van 1 mg.m⁻³ een indicator kan vormen een kwartsbelasting die nog net binnen de wettelijke kaders valt. In de begeleidingscommissie van dit project is afgesproken om uit te gaan van een streefwaarde die de helft van de MAC-waarde bedraagt. Dit laatste zou betekenen dat men een respirabel stofconcentratie van maximaal 0,5 mg.m⁻³ nog acceptabel genoemd wordt. Dit getal licht trouwens dicht in de buurt van de in Engeland gehanteerde norm.

De beschrijving van het meetprincipe van de direct registrerende tyndallometer en de meter voor temperatuur en relatieve vochtigheid is te vinden in voorgaande rapporten [3] t/m [8]. De tijdens de metingen in 1988 gebruikte instrumenten zijn identiek aan de in 1987 gebruikte meetinstrumenten [7].

2.1 Bedrijf a

Bedrijf A is een vrij klein baksteenbedrijf dat met een tunneloven is uitgerust. De productie bedraagt ongeveer 54.000 stenen per dag. In figuur 2 wordt een overzicht gegeven van de inrichting van het bedrijf en de meetpunten. Het totale volume van het bedrijf is ca. 17.700 m³. Van de pershal is het volume ca. 6400 m³. Een algemene beschrijving van het productieproces van bakstenen en de taken van werknemers is te vinden in bijlage B.

Na de beschikker wordt in de kleivoorbereiding soms kalk toegevoegd of stoom gedoseerd. Via een open transportband wordt de klei naar een Hubert handvormpers getransporteerd. De overtollige klei en zand worden via eenzelfde transportband teruggevoerd naar de kleivoorbereiding. Op dit punt is het eerste vaste meetpunt gesitueerd (mp1).

In de machinale handvormpers worden de vormbakken bezand met in de zanddrogerij gebrand zand dat via een pneumatisch transportsysteem naar de pers toe gaat. Boven de bezanding bevindt zich een afzuigmond waarvan de lucht door een pijp naar buiten wordt afgevoerd. Tegelijk met de klei wordt in de pers (nat) vormzand gedoseerd om de zijkant van de steen het typische onregelmatige handvormkarakter te geven. De pers maakt 8 stenen tegelijk in een tempo van 14 à 16 keer per minuut. Tussen de droge en natte stenen-

* Uit dit project komt naar voren dat met een kwartsfractie van ongeveer 15% respirabel stof in de Nederlandse baksteenindustrie heel redelijk te karakteriseren is (zie ook de noot op pagina 38).

lift bevindt zich een vast meetpunt (mp*). Net naast dit punt bevindt zich meetpunt 3 (mp3). Ook de persmachinemachinist is bij het onderzoek betrokken.

De droogplaten met natte vormelingen worden naar de natte stenenlift getransporteerd en gaan van daar met een traversewagen naar één van de drie droogkamers. In één keer neemt de traversewagen 15x4 droogplaten mee. Na drogen gedurende anderhalve dag worden de gedroogde vormelingen teruggetransporteerd naar de droge stenenlift. Successievelijk worden de stenen door de afschuiver van de droogplaat afgeschoven, de platen worden gewenteld en weer in de pers gebruikt.

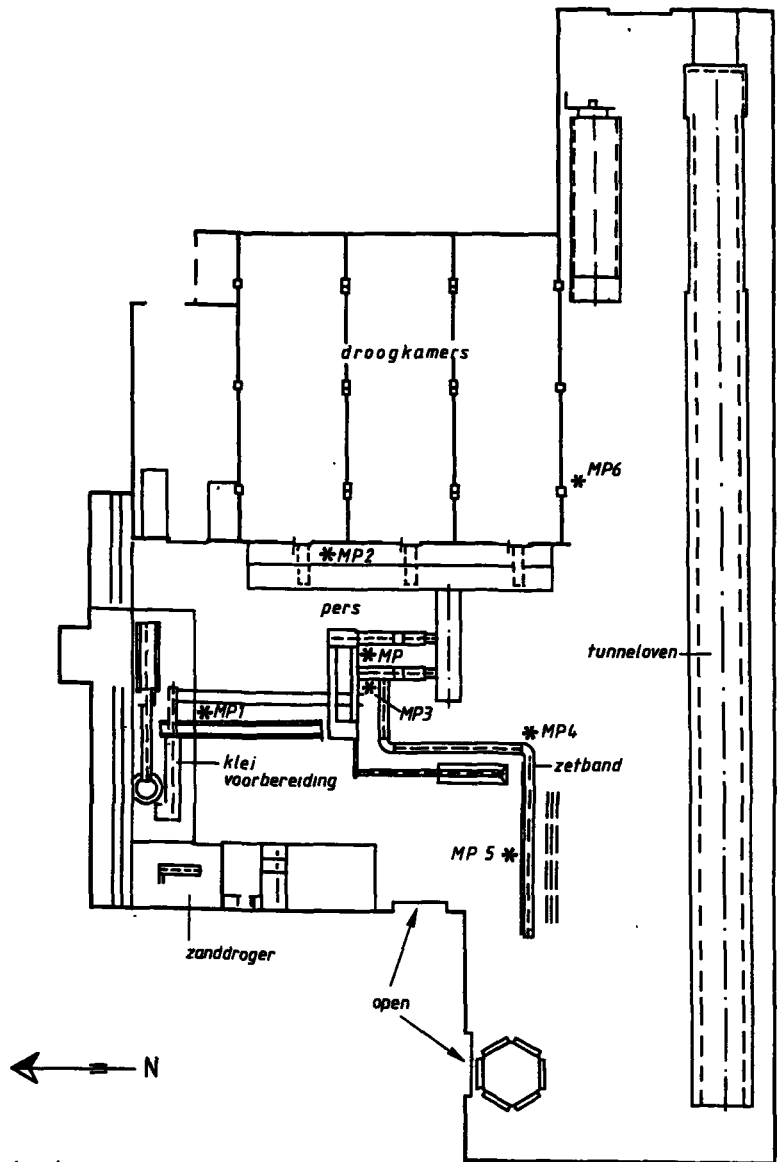
Langs de rails van de traversewagen, tussen droogkamer 1 en 2 is het tweede vaste meetpunt gelegen (mp2). De bestuurder van de traversewagen, is vanwege de lage stofconcentraties tijdens de metingen in 1986 nu niet bij het onderzoek betrokken.

Via een transportbaan worden de stenen naar de opsnijplaats gebracht en komen dan op de zetband terecht.

Vlak voor het punt waarop de stenen gekanteld worden (opsnijden) ligt weer een vast meetpunt (mp4). Naast het midden van de zetband is het laatste vaste meetpunt (mp5).

Langs de rails van de tunnelovenwagens, voordat deze de voorverwarmoven ingaan, is meetpunt 6 gelegen.

Op de vaste meetpunten is steeds op 1,6 m hoogte de stofconcentratie bepaald met een "6-mm PAS" en met een filterkop met cycloon. Op mp3, mp4 en mp5 is tevens een vaste Tyndallometer neergezet. De stofconcentraties worden geregistreerd op een lijnschrijver. Voor de persoonsgebonden metingen is gebruik gemaakt van een filterkop met cycloon en een membraanpompje (Dupont P2500).



* = vast meetpunt met nummer

Figuur 2 Plattegrond van bedrijf a tijdens de experimenten in 1988.

Vanaf de zetband worden de stenen handmatig gezet door de laders op een draaibare stapelbak. Soms wordt er gewisseld van taken tussen het laden en andere werkzaamheden als: corveën en heftruckbesturen. Bij het laden zijn een drietal personen betrokken. Als de bak volgeladen is door de lader, draait hij deze om en het pakket vormelingen wordt dan door een kraan op een tunnelovenwagen gezet. Deze kraan laadt ook de gebakken stenen van de tunnelovenwagen af en brengt deze naar een carrousel. De machinist van de kraan is

vanwege de lage concentraties niet meer in het onderzoek betrokken. Vanaf de carroussel worden de gebakken stenen naar het tasveld gebracht door een heftruckchauffeur.

Ook de onderhoudsmonteur en de shovelchauffeur zijn niet meer bij het onderzoek betrokken.

Op 27 en 28 oktober en 3 november 1988 werden bij bedrijf a de sproeiexperimenten uitgevoerd. Deze meetdagen worden later dag 1, 2 en 3 genoemd. Voor de positie van de sproeiers wordt verwezen naar paragraaf 3.1.1. Om de nevel niet weg te blazen werd aan de noordkant van de laadband een scherm aangebracht van 5 m lengte en 2 m hoogte.

Tijdens meetdag 1 was de windsnelheid buiten ongeveer $7,5 \text{ m.s}^{-1}$ en de windrichting west. Tijdens de ochtend werkten de sproeiers voor ongeveer de helft van de tijd, 's middags werkten de sproeiers de gehele werkperiode. Door de open deuren waaide het 's middags sterk bij de laders.

Op meetdag 2 was de windsnelheid buiten ongeveer $4,5 \text{ m.s}^{-1}$ en de windrichting west. In overleg met de werknemers werden alle openingen zoveel mogelijk dicht gehouden, zoals tijdens een echte "worst-case" situatie in de winter het geval zou zijn geweest. 's Ochtends was de zandbrander aan. Ten gevolge van de winddruk op de west-gevel werd met respirabel stof verontreinigde lucht uit de afgesloten ruimte met de zandbrander in de pershal geblazen. 's Middags werden door de onderzoekers de openingen tussen het dak en de gevelwand afgedicht met hittebestendig isolatiemateriaal. Aan het eind van de middag bleek een verdere toevoer van verontreiniging via deze route afdoende gestopt te zijn.

Op meetdag 3 was de windsnelheid buiten ongeveer 3 m.s^{-1} en de windrichting zuid-oost. De deuren bij de steenontlading stonden half open, evenals de deur in de werkplaats, andere deuren waren dicht. 's Ochtends was de zifter voor het eerst in gebruik. Dit veroorzaakte door aanloopproblemen een flinke stofoverlast in de pershal, vooral bij de persmachine en de persmachinemachinist. Gedurende de ochtend werd door de corveeër vlak bij de laders flink geveegd. Om stofvorming tegen te gaan strooide hij eerst nat zand over de vloer.

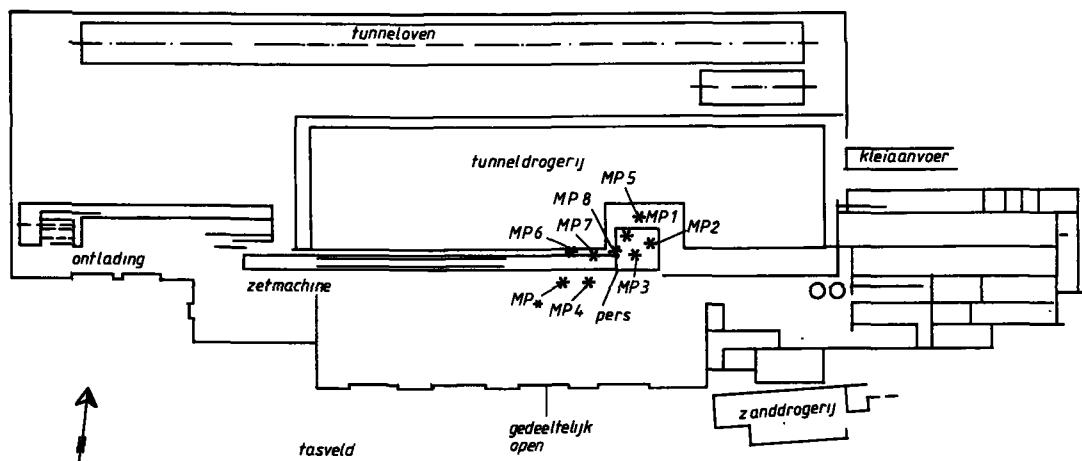
2.2 Bedrijf b

Bedrijf b is een modern groot baksteenbedrijf met een dagproductie van ongeveer 270.000 stenen. Het bedrijf is met een tunneloven uitgerust.

Tijdens de periode van het onderzoek kende het bedrijf een produktiebeperking: alleen op maandag en dinsdag én op donderdag en vrijdag werden bakstenen geproduceerd.

Het totale volume van de bedrijfsruimte van bedrijf b bedraagt ongeveer 61500 m³ waarvan de produktieruimte ongeveer 11200 m³ inneemt.

In figuur 3 wordt een overzicht gegeven van de inrichting van het bedrijf en de meetpunten.



* = vast meetpunt met nummer

Figuur 3 Plattegrond van bedrijf b.

In de afdeling kleiaanvoer worden met een magneet de eventueel aanwezige metalen voorwerpen verwijderd en wordt kalk, of mangaandioxide toegevoegd.

Via een transportband gaat de klei naar een kleiras, vervolgens naar de menger en vandaar naar een de Boer-vormband pers. In deze pers wordt de vormbakken bezand met in de zanddrogerij (gehuisvest in een naast de pershal gelegen gebouw) gebrand zand dat via een pneumatisch transportsysteem naar de pers toegaat. De pers maakt 18 stenen tegelijk in een tempo van 31 slagen per minuut. Tussen de droge en de natte stenenlift ligt het eerste vaste meetpunt (mp1). Meetpunt 2 ligt onder het bordes, tussen de pers en de afschuiver bij de werkbank van de persmachinemachinist (mp2).

De natte stenen worden via een volautomatisch werkend systeem, dat 8x4 platen ineens transporteert, gedurende twee dagen gedroogd in een tunneldrogerij (de in andere bedrijven aanwezige traversewagenmachinist is hier niet nodig!).

In de buurt van de afschuiver is meetpunt 3 gelegen (mp3). Meetpunt 4 ligt aan de zuidwestkant van de afschuiver. Het meetpunt * is nog 10 meter verder westelijk gelegen dan meetpunt 4 en bevindt zich net als 4 aan de zuidzijde van de transportband.

Op het bordes waarop ook de bedieningsruimte van de persmachine en afschuiver is gelegen, bevindt zich midden achter de platenwentelaar meetpunt 5 (mp5).

Na de afschuiver worden de stenen in 8 rijen omhoog getransporteerd. Aan de westkant van de afschuiver, tegenover mp3 bevindt zich meetpunt 8 (mp8). In de noordzijde van de kelder onder het punt waarop de afgeschoven stenen omhoog getransporteerd worden ligt meetpunt 7 (mp7). Aan de noordzijde naast de transportband, achter het opsnijpunt ligt meetpunt 6 (mp6). In figuur 4 staan de meetpunten aangegeven. Door de bovengenoemde plaatsing van meetpunten werden "de stofbronnen" zo goed mogelijk omsloten, zonder dat daarbij onnodige hinder voor de werknemers optrad. Vanwege de lage concentraties die de persoonsgebonden metingen bij bedrijf b tijdens de voorgaande meetseries hadden opgeleverd werd besloten het deze keer bij vaste meetpunten te laten.

In de tussentijd was in het bedrijf een afzuiginstallatie aangebracht die ongeveer 4 meter van de afschuiver het losse zand van de gedroogde vormelingen zo goed mogelijk afzoog. Voor iedere rij stenen was een aparte afzuigmond aanwezig. De afgeschoven platen werden vanuit een buis met openingen voor een klein gedeelte bevochtigd voordat ze de platenlift ingingen.

Door een transportband worden de gedroogde vormelingen naar de zetmachine getransporteerd, waarop een zetmachinemachinist toezicht houdt.

Na het zetten van de stenen en het beladen van de tunnelovenwagens worden de stenen gebakken. Bij de ontlading zit één persoon die zorgt dat de pakketten zodanig gestapeld worden dat ze door heftrucks naar het tasveld gebracht kunnen worden. Er zijn meestal twee heftruckchauffeurs aan het werk.

De toestand van de vloeren is te karakteriseren als schoon. Op de vaste meetpunten is steeds op 1,6 m hoogte de stofconcentratie bemonsterd met een "6-mm PAS" en met een filterkop met cycloon.

Meetdag 1 in bedrijf b was 8 december 1988. Meetdag 2 vond plaats op 9 december. De datum van de derde dag was 12 december 1988 en de vierde meetdag was op 27 december 1988.

Tijdens meetdag 1 vonden sproeiexperimenten plaats. De windsnelheid buiten was ongeveer 4 m.s^{-1} en de richting zuidwest. De bedrijfsomstandigheden waren als normaal te ken-

schetsen. Doordat de meetplaatsen gedurende deze dag werden opgebouwd kon er slechts een halve dag gemeten worden.

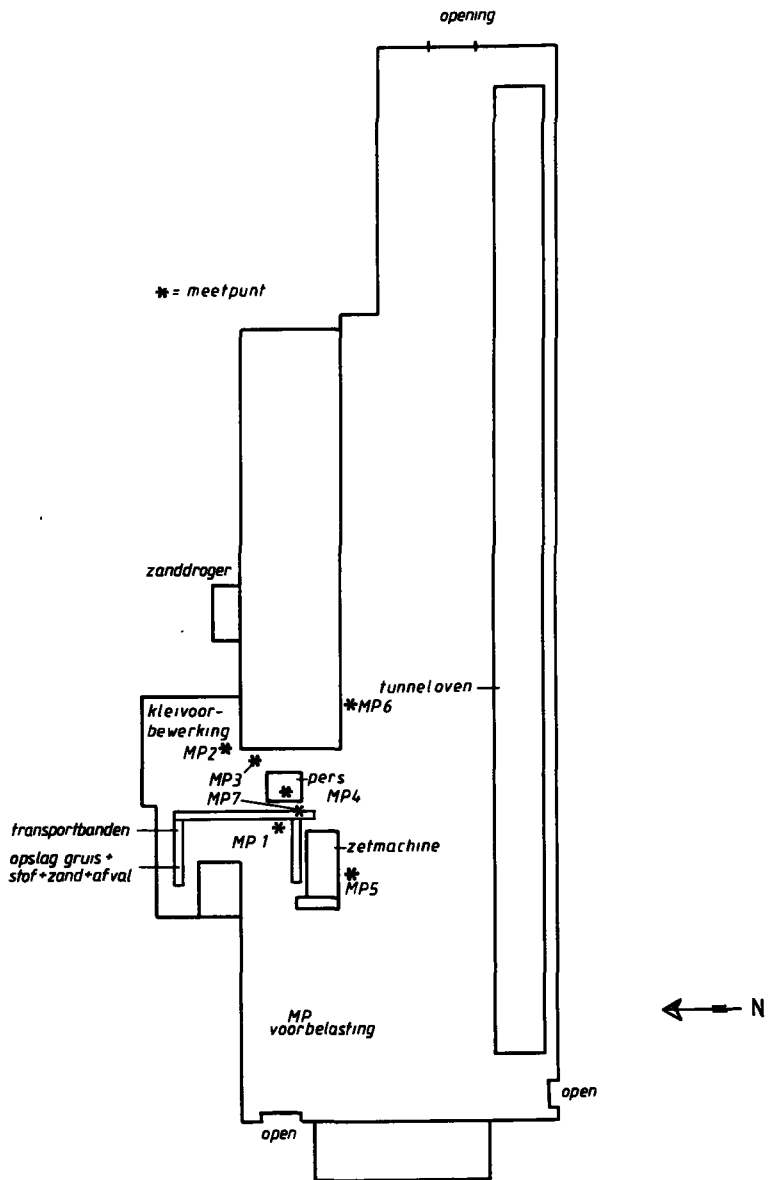
Op meetdag 2 was de windsnelheid buiten ongeveer $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ uit het zuiden. Doordat de klei nat was werd de gehele dag droge kalk toegevoegd. Ten gevolge van de grote hoeveelheden stoom die werden gedoseerd was de hal tussen de kleivoorbereiding en de persmachine veelal geheel in een dichte mist gehuld. Af en toe breidde deze mist zich zelfs uit over een deel van de meetpunten. De ochtend van de tweede meetdag werd gemeten zonder sproeiers, de deuren in de zuidgevel waren ongeveer één derde van de tijd open. Gedurende de middag werden er sproei-experimenten uitgevoerd. In het platentransport vonden veelvuldig storingen plaats, de deuren in de zuidgevel waren vrijwel de gehele middagperiode gesloten.

Gedurende meetdag 3 was de windsnelheid buiten ongeveer $4,5 \text{ m.s}^{-1}$ uit het noorden. Door produktiestoringen gedurende de ochtendmeting werd er maar gedurende 1 van de 3,5 uur produktie gedraaid. 's Middags was er wel een normale produktie. Op deze dag werden alleen de sproeiers bij de platen en het opsnijpunt gebruikt. Op de vierde meetdag was de windsnelheid van ongeveer 4 m.s^{-1} uit het westen. Er werd op deze dag normaal produktie gedraaid. De sproeiers op de platen waren aan. De andere sproeiers waren uit. Doordat het bedrijf begin januari 1989 voor langere tijd gesloten zou zijn in verband met onderhoudswerkzaamheden waren andere experimenten niet meer mogelijk.

2.3 Bedrijf c

Bedrijf c is een middelgroot baksteenbedrijf met een produktie van ongeveer 140.000 stenen per dag. In figuur 4 wordt een overzicht gegeven van de inrichting van het bedrijf dat met een tunneloven is uitgerust.

Het totale volume van de bedrijfsruimte van bedrijf c bedraagt ongeveer 28.800 m^3 . De pershal is ongeveer 8.200 m^3 groot.



* = vast meetpunt met nummer

Figuur 4 Plattegrond van bedrijf c tijdens de sproei-experimenten.

In de kleivoorbereiding wordt stoom gedoseerd (soms worden toeslagstoffen toegevoegd). Via een open transportband wordt de klei naar een de Boer-handvormpers getransporteerd. De overtollige klei en zand wordt via een andere transportband terug gevoerd naar de kleivoorbereiding. Op dit punt is een vast meetpunt gesitueerd (mp2).

In de pers worden de vormbakken bezand met gebrand zand dat via een pneumatisch transportsysteem naar de pers toegaat. Bij de bezanding is een vast meetpunt gelegen (mp3). De hierbij werkzame persoon wordt werknemer bezander genoemd.

Op het bordes van de persmachine ligt mp4. Behalve tijdens het opheffen van steringen bevindt de machinist van de pers zich hier. De pers werkt in een tempo van 37 slagen per minuut. Per slag worden 7 stenen tegelijk gemaakt.

De droogplaten met natte vormelingen worden naar het "natte" verzamelrek gebracht en van daar door een traversewagen naar één van de veertig droogkamers getransporteerd. In één keer neemt de traversewagen 14x9 droogplaten mee. Na drogen gedurende anderhalve dag worden de gedroogde vormelingen teruggetransporteerd naar de droge stenenlift. Successievelijk worden de stenen door de afschuiver van de droogplaat afgeschoven, de platen worden gewenteld en weer in de pers gebruikt. Er is één bestuurder van de traversewagen. Bij de afschuiver werken twee personen.

Ten opzichte van de vorige keer zijn ook hier grote veranderingen opgetreden. De route tussen de droge stenenlift en het hefsysteem is volledig veranderd. Er worden nu 6 rijen stenen gelijktijdig afgeschoven. Deze worden omhooggetransporteerd en met zes stuks tegelijk opgesneden. De opgesneden stenen worden dan met een hefsysteem naar de zetmachine getransporteerd. Onder de zetmachine en het transport van de afgeschoven stenen zijn brede langzaam lopende banden aangebracht die het eraf vallende zand, gruis en de breuksteen naar het in het vorige rapport [7] genoemde kettingtransportsysteem voeren.

Schuin onder de pers en noordelijk van de platenwentelaar en afschuiver, is een meetpunt (mp1) gelegen. Een ander meetpunt (mp7) is gelegen ten oosten van de droge stenen lift en onder het bordes van de persmachine.

Via de zetband komen de stenen in de zetmachine. Op het bordes van de zetmachinemachinist staat het vijfde vaste meetpunt (mp5). Na het vullen van de tunnelovenwagens (normaal zo'n 16 per dag) worden de gedroogde stenen gebakken. Bij de ontlading worden de stenen met een heftruck naar het tasveld gebracht. Er is een lader en er zijn enige heftruckchauffeurs.

Een tweede belangrijke verbetering ten opzichte van de vorige keer is dat de zandbrander inmiddels naar een apart gebouwtje, buiten naast de eigenlijke pershal, is verplaatst.

De grote deur aan de westzijde van de pershal stond weliswaar open maar was afgeschermd met plastic lappen ook de kleine deur in de zuidgevel was open. Aan de oostkant van de tunneloven is een groot open rooster. De deur van het hok met de stort van afval was dicht.

Met de netheid van de vloeren was het, evenals de vorige keer in 1987, slecht gesteld. Op veel plaatsen lag stof, zand en gruis.

Het bedrijf werkt van 7 uur 's ochtends tot 16.00 uur 's middags en kent geen echte middagpauze. Tussen de middag wordt door verschillende personen ingevallen om de productie doorgang te kunnen laten vinden. Hierbij spelen ook de onderhoudsmonteur en de onderhoudsmonteur/elektricien een rol.

Op de vaste meetpunten is steeds op 1,6 m hoogte de stofconcentratie bepaald met een "6-mm PAS" en met een filterkop met cycloon.

De data van de meetdagen 1, 2 en 3 waren respectievelijk 15, 22 en 24 november 1988.

Op meetdag 1 was de windsnelheid ongeveer $1,5 \text{ m.s}^{-1}$ uit het westen, de lucht was bewolkt en er viel een lichte motregen. 's Ochtends werd er een "gladde" steen gemaakt, met veel minder zand dan de normale handvormsteen die vanaf de middag weer geproduceerd werd. Visueel was 's middags al direct duidelijk dat de capaciteit van de sproeiers onvoldoende was om het stof van de normale handvormsteen te kunnen binden. Vandaar dat extra sproeiers werden geïnstalleerd, zie paragraaf 3.1.3.

Op meetdag 2 was de windsnelheid ongeveer 3 m.s^{-1} uit het zuidwesten. De buitentemperatuur varieerde van -4°C tot om het vriespunt. Gedurende de ochtend waren er storingen bij de pers bij het afschuiven van de gedroogde stenen omdat de platen de vorige dag te nat waren gespoten. De stenen waren te sterk aan de platen "vastgekleefd" en bij het drogen was er sprake van meer breuk dan normaal en liep het afschuiven niet soepel.

Tijdens meetdag 3 was de windsnelheid ongeveer $7,5 \text{ m.s}^{-1}$ uit zuidelijke richting. Het was buiten meestentijds droog met een temperatuur van ongeveer 6°C . Gedurende de ochtend waren er regelmatig storingen met het platentransport. In tegenstelling tot de storingen tijdens meetdag 2 hadden deze geen relatie met de sproei-experimenten.

3. EXPERIMENTELE STOFBESTRIJDING

In het kader van dit project werd gezocht naar enige alternatieven voor bijvoorbeeld bekende methoden als omkasting en lokale afzuiging. Voor deze alternatieven werden de volgende randvoorwaarden geformuleerd:

- de onderdelen van het productieproces moesten in verband met regelmatig optredende storingen in het transport van het (half)produkt goed toegankelijk blijven;
- de maatregelen mochten niet te kostbaar worden;
- de oplossingen moesten robuust zijn en weinig onderhoudsgevoelig;
- de toepassingen moesten niet ingewikkeld zijn en geen bijzondere scholing vragen;
- de maatregelen dienden geen bediening te vergen (automatisch);
- de kwaliteit van het produkt mocht niet nadelig worden beïnvloed.

Het is onnodig te zeggen dat de maatregelen de stofconcentraties in de werkruimten onder praktijkomstandigheden effectief dienden te verlagen. Uitgaande van bovenstaande randvoorwaarden werden al eerder in het project enige eerste ontwikkelingspogingen gedaan [8], [9].

3.1 Sproeiers

Een eenvoudige methode om stofvorming tegen te gaan is het gebruik van sproeiers om oppervlakken te bevochtigen waarvan stofdeeltjes kunnen vrijkomen. Op deze wijze kan worden voorkomen dat het stof ten gevolge van mechanische beweging of slijtage in de lucht komt. Een wijd verbreid misverstand is dat het stof door sproeiers zou worden afgevangen of neerslagen. Stof dat in de lucht zweeft is bijzonder lastig met waterdruppeltjes in te vangen.

In de baksteenindustrie in Nederland ontstaat het meeste stof in het droge stadium nadat de plastisch vormgegeven klei gedroogd is en voordat de gedroogde stenen op tunnelovenwagens zijn gezet. Aangezien de gedroogde klei veelal sterk vocht gevoelig is en het opzuigen van vocht uit de lucht vaak leidt tot kwaliteitsverlies bij het eindprodukt, dient het eventueel toepassen van sproeiers onder strenge begeleiding met een kwaliteitscontrole te gebeuren. Uiteraard dient de minimale hoeveelheid vocht toegepast te worden om de beoogde stofreductie nog te kunnen bereiken. Ter borging van de kwaliteitsaspecten werd afgesproken dat door het Technisch Centrum voor de Keramische Industrie in de Steeg in ieder bedrijf van een twintigtal benevelde en onbenevelde stenen de buigtreksterkte zouden worden

bepaald (in Newton per mm²) en dat er restvochtbepalingen zouden worden uitgevoerd na drogen bij 105°C.

De te gebruiken sproeiers dienen een zodanig fijne nevel te verstuiwen dat het gedroogde produkt als het ware (tijdelijk) door een vochtfilmpje wordt omgeven. Meer vocht is niet nodig.

Bij MT-TNO in Delft zijn in eerste instantie verschillende typen sproeiers uitgeprobeerd om te zien hoe ze vernevelden*. Van de onderzochte sproeiers voldeden die van de firma Bete Fog Nozzle Inc., Greenfield USA, type Mist Jet Hollow Cone Nozzle 80-90°, typenummers A37 t/m A1800 (in Nederland geleverd door de firma Spraybest Europe B.V. uit Zwanenburg) het best voor de gestelde doelstelling. Genoemde sproeiers gaven een fijne waternevel bij een minimaal vochtgebruik (tabel 2).

Tabel 2 *Watergebruik volgens opgave van de fabrikant van de verschillende typenummers van de sproeiers van het type: Mist Jet Hollow Cone Nozzle.*

Typenummer	Liters per minuut	Waterdruk
A 37	0,03	3 bar
A 75	0,06	"
A 100	0,07	2 bar
A 150	0,10	"
A 200	0,13	"
A 250	0,13	"
A 750	0,49	"
A 750	0,49	"
A 1200	0,79	"
A 1800	1,18	"

De kosten van de genoemde sproeiers liggen in de orde van enige tientallen guldens per stuk. Deze sproeiers kunnen op de waterleiding worden aangesloten. Op iedere sproeier werd een magneetklep gemonteerd leverancier Econosto, Rotterdam (type: SCE 210 C94 220 V50) om het aan- en uitschakelen van de sproeiers zonder menselijke tussenkomst synchroon te kunnen laten lopen met de bediening van de machines en transportbanden. De magneetkleppen werden aangesloten in de besturingskast van de diverse machines.

* In bijlage C vindt u een overzicht van de geteste typen.

De reden om per sproeier een eigen magneetklep te nemen en om de magneetklep meteen voor de sproeier te zetten was om nadruppelen op het produkt/de machine te voorkomen als het sproeien werd gestopt.

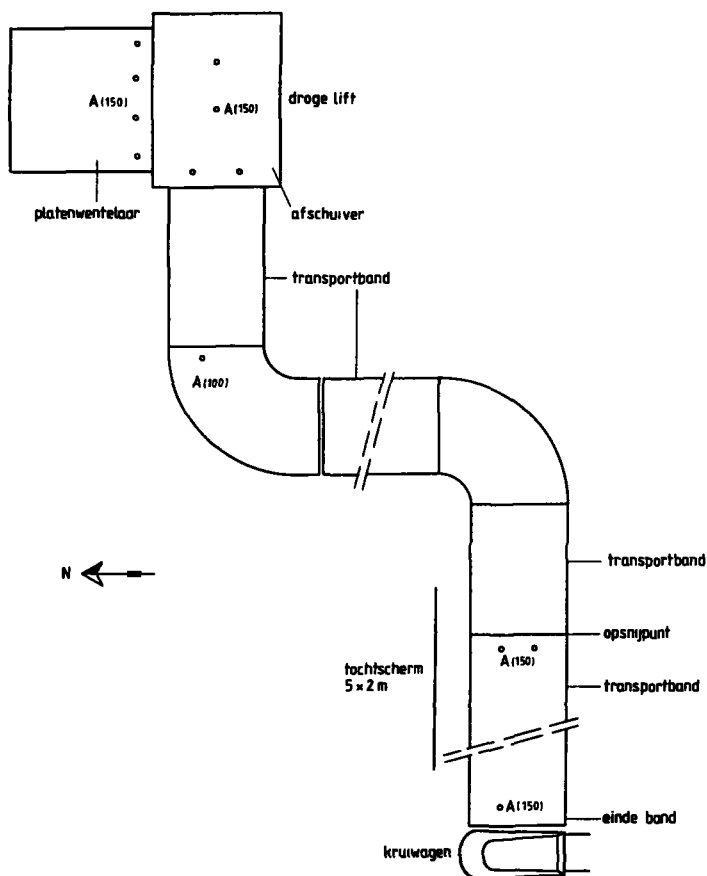
Tijdens de experimenten hebben zich geen verstoppingen van de sproeiers voorgedaan. Een duurproef met een schakelwals, en sproeier en een magneetklep waarbij 24 uur per dag afwisselend 20 seconden werd gesproeid en gestopt is na drie maanden beëindigd omdat alles probleemloos verliep. Messing fittingwerk bleek tijdens de proeven echter onvoldoende bestand te zijn tegen de praktijkomstandigheden. Voor definitieve uitvoering wordt daarom roestvast staal aangeraden.

3.1.1 Bedrijf a

De opstelling van de sproeiers staat weergegeven in figuur 5. Na een eerste proefexcursie met sproeiers van het type A75 is overgeschakeld naar type A150. Het kleinere type produceerde namelijk onvoldoende nevel om in bedrijf a een vochtfilmpje op de stenen te krijgen.

De sproeiers werden met behulp van stangen en klemmen zodanig bij de machines en transportbanden bevestigd dat de normale werkzaamheden en het verhelpen van storingen ongehinderd konden plaatsvinden. De sproeiers waren recht naar beneden gericht en sproeiden met een tophoek van 80-90°. De afstand van de sproeiers tot de gedroogde vormen of de platen bedroeg ongeveer 18 cm. De onderlinge afstand van de sproeiers was zodanig dat de lege droogplaten geheel bevochtigd werden en beide rijen stenen beneveld werden.

Onder de transportband, in de eerste bocht, werd een sproeier omhoog gericht om het met de band getransporteerde zand en gruis dat daar neerviel, te bevochtigen. Achteraf bleek deze opstelling ongelukkig omdat de naar beneden vallende zand en kleideeltjes toch aan de sproeier koekten en deze na enige dagen verstopt raakte.



Figuur 5 *Situatieschets van de sproeiers tijdens de experimenten in bedrijf a.*

De bediening van de magneetkleppen werd geschakeld aan het bedieningspaneel van de persmachinemachinist zodat de sproeiers alleen werkten als de band liep. Zodra de band stil gezet werd, hield ook de watertoevoer naar de sproeiers op. Achteraf hadden de sproeiers bij de platenwentelaar en de afschuiver beter gekoppeld kunnen worden aan de bediening van de droge lift.

De sproeiers bij de platenwentelaar stonden zodanig opgesteld dat er geen water in de fotocel kon komen, die gebruikt werd voor de besturing van de platenwentelaar. Tijdens eerdere experimenten [8] had een vochtige fotocel tot een storing geleid. Bij de afschuiver staan twee sproeiers omdat er daar twee stenen tegelijk worden afgeschoven.

Direct na het opsnijpunt werden de stenen besproeid opdat de laders stenen konden stapelen die voorzien waren van een licht vochtfilmje. Naast het opsnijpunt werd met een zeil

van 2x5 m een tochtscherm aangebracht om te voorkomen dat de nevel weg zou waaien wanneer de deuren aan de westkant van het bedrijf open waren. Soms was er op dit punt sprake van een zodanige trek dat de plaats van de nevel hierdoor in belangrijke mate werd beïnvloed.

Aan het einde van de band werd nog een sproeier bevestigd om te voorkomen dat het afval, dat vandaar in een kruiwagen viel ging stuiven.

Tijdens het installeren van de sproeiers bleek dat het afregelen van de exacte plaats en de sproeirichting nauw luisteren. Het effect van het een en ander is het beste met momentaan werkende stofmeetapparatuur (Hund stofmeter) te bekijken. Bij het bepalen van de grootte van de sproeiers (typenummer) dient men ook rekening te houden met de temperatuur van de gedroogde vormelingen. In sommige bedrijven bleek namelijk deze temperatuur in de loop van de week of de dag te veranderen. De hoeveelheid nevel moet zodanig zijn dat ook de warmste stenen nog net genoeg vocht ontvangen.

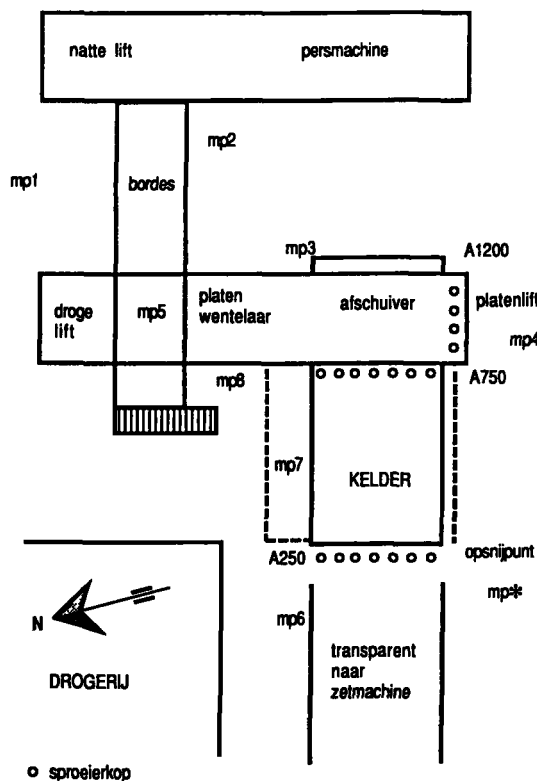
3.1.2 Bedrijf b

De opstelling van de sproeiers en plaats van de meetpunten staat aangegeven in figuur 6.

In verband met de grotere afschuifsnelheid van de stenen is hier gekozen voor een groter type sproeiers dan in bedrijf a. Vlak achter de afschuiver en voor de transportband, boven de acht rijen stenen die hier gelijktijdig worden afgeschoven, werden met stangen en beugels 8 sproeiers van het type A 750 op ongeveer 20 cm boven de gedroogde vormelingen bevestigd. De schakeling van de magneetkleppen was gekoppeld aan de werking van de afschuiver, alleen als deze stenen afschoof werd er kortstondig gesproeid.

Boven de lege droogplaten, vlak voor de platenlift, werden vier sproeiers type A 1200 geïnstalleerd. Deze waren met een zodanige tussenruimte opgesteld dat de gehele plaat gelijkmatig werd bevochtigd. Door de wijze van doorvoer van de platen werden echter iedere keer slechts drie van de vier platen beneveld. De schakeling van de magneetkleppen was gekoppeld aan de doorvoer van de platen.

Vlak voor het opsnijpunt werden 8 sproeiers type A 250 opgesteld, aan het eind van de omhoog lopende transport ketting. De sproeiers hier waren omlaag gericht en benevelde de stenen van iedere rij, voordat ze gekanteld werden. De magneetkleppen stonden geschakeld op de transportband.



Figuur 6 Situatieschets meetpunten en sproeiers tijdens de experimenten in bedrijf b.

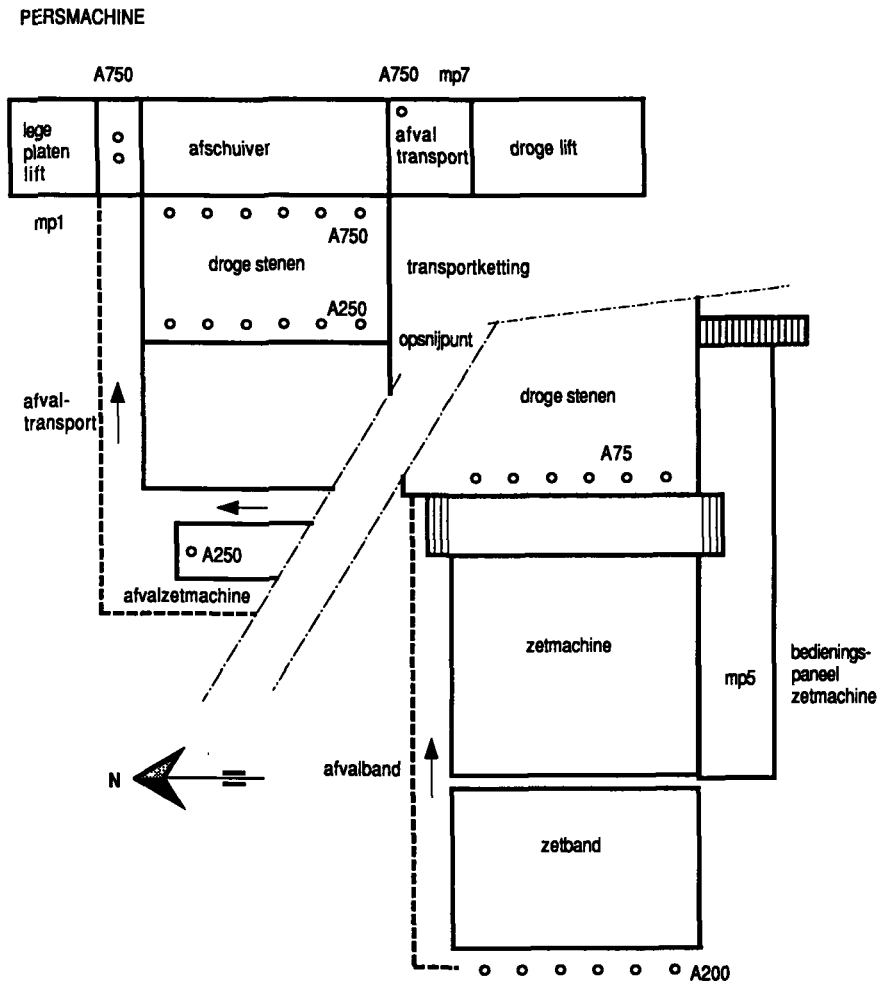
Tijdens meetdag 1 en gedurende de middag van meetdag 2 waren alle hierboven beschreven sproeiers in bedrijf. Gedurende dag 3 waren de sproeiers bij de afschuiver niet in gebruik, omdat de afzuiging van het losse zand door de afzuigmonden van de stenen afzuiginstallatie tussen afschuiver en het opstijpunt minder efficiënt plaatsvond als ze beneveld waren. De zetmachinemachinist had het idee dat er hierdoor meer zand dan voorheen op de zetmachine vrijkwam. Op meetdag 4 was geen van de eerder genoemde sproeiers in werking. Het bedrijf had echter intussen eigen sproeiers op de platen geïnstalleerd die tijdens de meting in bedrijf waren en de platen bevochtigden.

Een verdere optimalisering om het maximale effect te behalen met de sproeiers was in bedrijf b wegens tijdsgebrek niet mogelijk. Door de hoge stoomdosering waren momentane metingen van respirabel stof met de Hund op dag 2 niet mogelijk. Dit instrument is namelijk gevoelig voor grote hoeveelheden waterdamp. Het gevolg was dat gewacht moest worden tot de filterwegingen waren uitgevoerd voordat de optimalisatie kon worden uitgevoerd. Begin december bleek ons pas dat het bedrijf vanaf 1 januari 1989 voor enige

maanden stil zou liggen in verband met onderhoudswerkzaamheden aan de oven. Nieuwe plaatsen voor sproeiërs waren toen niet meer uit te proberen. Achteraf kijkend zouden ook enige sproeiërs bij de platenwentelaar en onder het platen doorschuifmechanisme bij de droge lift, mits invallende stof kan worden afgeschermd, gewenst zijn geweest.

3.1.3 Bedrijf c

De opstelling van de sproeiërs staat aangegeven in figuur 7. Het betreft hier de opstelling op meetdag 2 en 3. Meetdag 1 kan gevoegelijk buiten beschouwing blijven omdat de situatie toen nog niet optimaal was.



Figuur 7 Situatieschets van de sproeiërs tijdens de experimenten in bedrijf c.

Onder het punt waarop de gedroogde stenen uit de droge lift komen maar boven het kettingtransportsysteem van het afval werd een sproeier gemonteerd. Dit is er één van het type A 750. Deze werd schuin omhoog gericht, zodat de breuksteen en afgekeurde gedroogde vormelingen die op dit punt naar beneden geworpen worden zo goed mogelijk bevochtigd worden voordat ze de grond bereiken. De magneetklep van deze sproeier is geschakeld aan de besturing van het kettingtransportsysteem.

Bij het begin van de zes transportbandjes, net na de afschuiver, staat boven iedere rij stenen een naar beneden gerichte sproeier A 750 (6x). De magneetkleppen van deze sproeiers staan geschakeld op de afschuiver. Voor de lift met lege droogplaten zijn twee sproeiers A 750 gemonteerd, die de lege platen in zijn geheel bevochtigen, maar niet te nat mogen maken! De schakeling van de magneetkleppen van beide sproeiers is ook gekoppeld aan het kettingtransportsysteem van het afval.

Na dag 1 is ook vlak voor het opsnijpunt boven de transportketting, boven iedere rij stenen een naar beneden gerichte sproeier A 250 aangebracht. De bediening van deze sproeiers stond geschakeld op de transportketting.

Aan het eind van de afvalband, afkomstig van de zetmachine, stond boven een overstortpunt één sproeier A 250. Bij de zetmachine stonden vlak voor de loopbrug 6 sproeiers A 75 gemonteerd, boven iedere rij stenen één. Op dag 1 waren er ook nog 4 sproeiers op het eind van de zetband gemonteerd. Daarbij werd de zetband zelf een klein beetje vochtig gemaakt. Dit leidde echter tot problemen met de zetband die scheef begon te lopen. Bovenstaande was aanleiding om op dag 2 en 3 deze sproeiers A 200 te verplaatsen tot 40 cm achter de zetband. Daar stonden de sproeiers schuin naar beneden in de richting van de zetband op de ongeveer 1,25 m lager gelegen transportband van het afval viel, enigszins was bevochtigd. De magneetkleppen van alle sproeiers bij de zetmachine stonden geschakeld op het bedieningspaneel van de zetmachine.

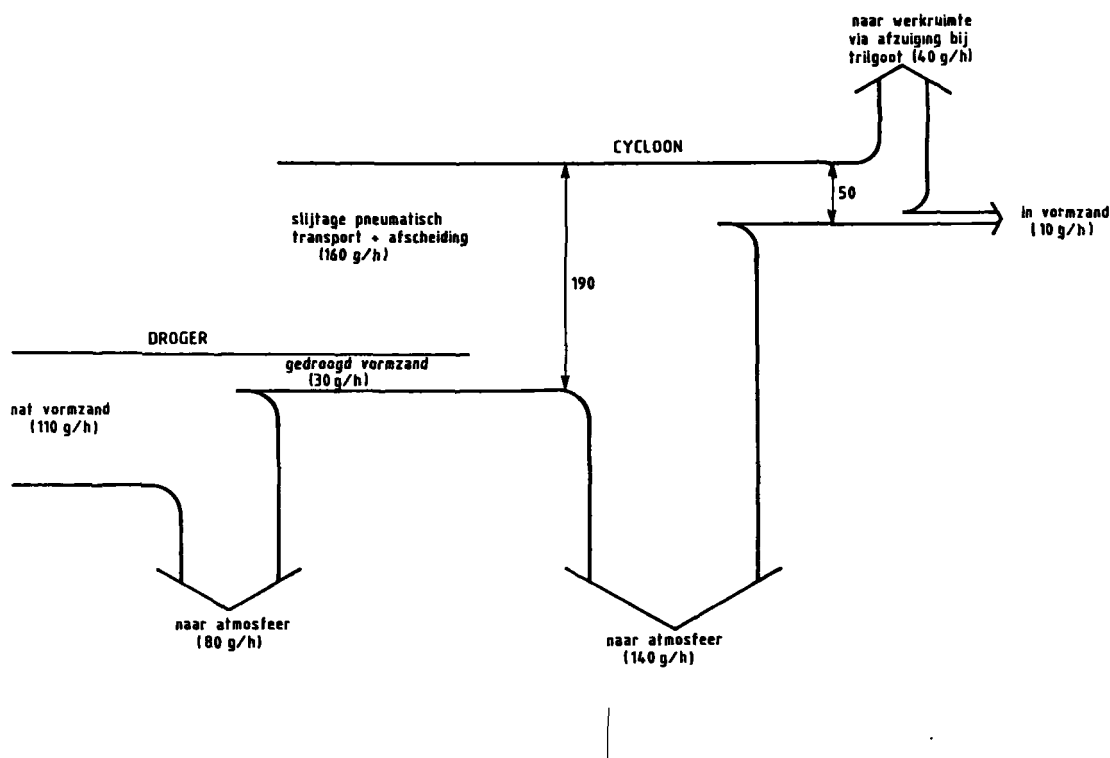
In bedrijf c bleek andermaal hoe belangrijk het optimaliseren van de plaatsen van de sproeiers is. Daarbij dient niet alleen aandacht geschonken te worden aan het zo goed mogelijk elimineren van de stofbronnen maar ook aan het aanpassen van de plaatsen en sproeiergrootten aan de snelheid van het transport. Met behulp van direct aanwijzende meetapparatuur bleek dit proces goed uitvoerbaar.

3.2 Zifter

Een andere eenvoudige methode voor stofbestrijding lag in het gebruik van zifters. Dit zijn eenvoudige en robuuste apparaten die geschikt zijn voor het scheiden van stofstromen. Met zifters is bij MT-TNO in Apeldoorn in de loop van de afgelopen 10 à 20 jaar veel ervaring opgedaan op laboratorium en industriële schaal.

In figuur 8 wordt een overzicht gegeven van de stofbronnen van respirabel stof in grammen per uur in bedrijf a. In het gegeven voorbeeld wordt ongeveer 400 kg vormzand per uur gebruikt.

In figuur 8 is nog sprake van een stroom van 40 g respirabel stof per uur die in de werkruimte kwam (1986). Dankzij de eenvoudige technische maatregelen die in bedrijf a zijn gerealiseerd worden deze momenteel via een pijp naar buiten afgevoerd.



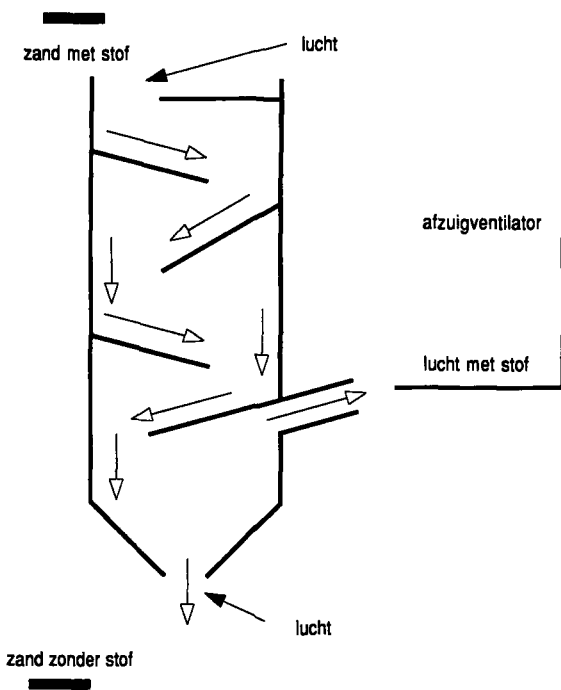
Figuur 8 Stofstromen respirabel stof met een aërodynamische diameter $< 5 \mu\text{m}$ in bedrijf a in grammen per uur [10].

Uit figuur 8 is af te leiden dat in principe de respirabel stofconcentratie te verminderen is door alle respirabel stof uit het vormzand te verwijderen. Dit kan met behulp van een aan-
gepaste zifter geschieden. Op laboratoriumschaal is daar in 1987 reeds mee geëxperimen-

teerd [9]. Daaruit bleek dat een stofstroom van 80 g per uur respirabel stof met een aërodynamische diameter $< 5 \mu\text{m}$ terug te brengen was tot 10 g per uur. Het scheidingsrendement van de zifter bedroeg toen 88%.

De laboratoriumexperimenten hebben geleid tot een enigszins aangepaste versie van de zifter (figuur 9), waarmee in bedrijf a op praktijkschaal experimenten zijn uitgevoerd.

In bedrijf a is de zifter ingebouwd onder de trilgoot van het vormzand. Via de trilgoot (nu ook via de zifter) komt dit zand in een trechter en valt van daaruit naar de bakbezanding. Een afzuigkap boven de trilgoot voerde voor de installatie van de zifter de in figuur 8 aangegeven stroom van 40 g.uur^{-1} naar de atmosfeer buiten af. Na de installatie werd de afzuigkap weggehaald en de ventilator gebruikt om de lucht uit de zifter af te zuigen en naar buiten toe af te voeren. In het begin waren er enige problemen door lekkage bij de aansluitingen. Nadat deze verholpen waren is begin januari 1989 het rendement van de zifter bepaald.



Figuur 9 *Principeschets zifter uit bedrijf a.*

In bedrijf b is in één van de twee zandtoevoersystemen van vormzand een zifter geplaatst. Dit was in eerste instantie een experiment om te zien of de zifter niet dermate veel zand zou afscheiden dat de bezanding van de vormbakken niet meer goed zou verlopen. Hier bleek geen negatieve invloed van de zifter aantoonbaar te zijn. Metingen van het rendement

konden bij bedrijf b niet uitgevoerd worden omdat bleek dat de zandstroom aanmerkelijk groter was dan wat het apparaat volgens de opgave van het bedrijf diende te verwerken. In verband met de al eerder gememoreerde tijdelijke bedrijfsstop ontbrak de gelegenheid om een geoptimaliseerde zifter te installeren en het effect te evalueren.

In bedrijf c was de toevoer van het vormzand dermate krap dat de ruimte ontbrak van ongeveer 50 cm hoogte, die nodig is om een zifter in te kunnen bouwen. Daarom werd besloten om in bedrijf c geen zifter te installeren.

4. RESULTATEN

4.1 Bedrijf a

4.1.1 Stofmetingen

Tabel 3 Resultaten persoonsgebonden respirabele stofmetingen in bedrijf a.

	Dag 1		Dag 2		Dag 3	
	ochtend	middag	ochtend	middag	ochtend	middag
Respirabel stof in mg.m ⁻³						
persmachinist	0,83	0,42	0,68	0,67	1,00	1,13
corveer	0,54	0,46	0,51	0,42	0,34	0,42
lader 1	0,51	0,37	0,48	0,37	0,66	0,51
lader 2	0,46	0,36	0,49	0,34	0,71	0,50
lader 3	0,34	0,31	0,26	0,21	0,46	0,35
Respirabel kwarts in mg.m ⁻³						
persmachinist	-	0,07	0,15	0,16	-	-
lader 1	-	-	-	-	0,06	0,04
lader 2	-	-	-	-	0,08	0,04
lader 3	-	-	-	-	0,07	0,05

- = geen meting

Tabel 4 Resultaten stofmetingen op vaste meetpunten in bedrijf a.

	Dag 1		Dag 2		Dag 3	
	ochtend	middag	ochtend	middag	ochtend	middag
Respirabel stof in mg.m ⁻³						
1 kleibereiding	0,58	0,31	1,03	0,76	0,60	0,28
3 pers bij machin.	0,33	0,27	0,52	0,45	0,88	0,65
* tussen pers	-	-	-	0,54	0,79	0,65
2 bij droogkamer	0,46	0,26	0,62	0,49	0,29	0,30
4 in bocht opsnij.	0,30	0,20	0,24	0,26	0,54	0,31
5 bij laders	-	0,15	0,24	0,19	0,45	0,14
6 bij rails tunn.	0,32	0,16	0,17	-	-	-
Totaal stof in mg.m ⁻³						
1 kleibereiding	1,2	1,6	3,2	2,2	1,5	0,7
3 pers bij machin.	2,0	1,7	1,8	1,6	3,6	2,5
* tussen pers	-	-	-	2,8	4,2	2,5
2 bij droogkamer	3,2	2,0	2,4	2,8	1,1	0,8
4 in bocht opsnij.	1,2	1,2	0,8	0,7	2,4	1,2
5 bij laders	0,9	0,9	0,8	0,8	1,8	0,6
6 bij rails tunn.	1,5	1,1	0,6	-	-	-

- = geen meting

4.1.2 Buigtreksterkte stenen

Tabel 5 *Resultaten van metingen aan stenen in bedrijf a.*

Steenr.	Beneveld	Niet beneveld
Buigtreksterkte in N in mm²		
1	1,0	1,1
2	1,1	1,1
3	1,2	1,1
4	0,9	1,1
5	1,1	1,2
6	1,2	1,2
7	1,1	1,1
8	1,1	1,1
9	1,2	1,1
10	1,1	1,1
gemiddeld	1,1	1,1
st. afw.	0,1	0,1
Restvocht (%)		
11	8,1	8,7
12	7,9	10,2
13	8,9	6,8
14	7,4	6,5
Buigtreksterkte bij 0% restvocht		
11	2,6	3,2
12	2,6	2,9
13	2,8	2,9
14	3,1	3,1

4.1.3 Afscheidingsrendement zifter in bedrijf a

Tabel 6 Resultaten van de metingen bij de zifter in bedrijf a (monsterneming op 5 januari 1989).

	Voor zifter	Na zifter	
Zeefanalyse:			
> 150 μm	98,01%	98,21%	gemiddelde van 2 analyses
75-150 μm		1,84	
< 75 μm	0,15	0,09	1,70
Malvern:			
< 55 μm	0,0609%	0,0342%	gemiddelde van 4 analyses
< 34 μm	0,0144	0,0070	
< 23,7 μm	0,0089	0,0053	
< 17,7 μm	0,0060	0,0045	
< 13,6 μm	0,0050	0,0028	
< 10,5 μm	0,0044	0,0028	rendement zifter $\pm 37\%$
< 8,2 μm	0,0044	0,0028	
< 5 μm	0,0044	0,0026	rendement zifter $\pm 40\%$
< 3,9 μm	0,0044	0,0026	
< 3 μm	0,0044	0,0025	
< 2,4 μm	0,0041	0,0024	
< 1,9 μm	0,0041	0,0024	
< 1,5 μm	0,0041	0,0024	
< 1,2 μm	0,0041	0,0023	

4.2 Bedrijf b

4.2.1 Stofmetingen

Tabel 7 Resultaten van respirabele stofmetingen in bedrijf b.

	Dag 1 ocht'en/middag	Dag 2 ocht'end middag	Dag 3 ocht'end middag	Dag 4 ocht'end/middag
Respirabel stof in mg.m⁻³				
meetpunt 1	0,55	2,34 3,35	0,40 0,64	0,66
meetpunt 2	0,36	1,75 1,90	0,19 0,41	0,45
meetpunt 3	0,35	1,68 1,51	0,23 0,89	0,40
meetpunt 4	0,26	0,75 0,76	0,10 0,13	0,30
meetpunt *	0,17	- -	- -	-
meetpunt 5	-	2,12 1,69	0,14 0,32	0,63
meetpunt 6	0,25	0,94 0,83	0,22 0,16	0,63
meetpunt 7	0,24	0,79 0,60	0,29 0,19	0,47
meetpunt 8	0,32	1,19 2,02	0,20 0,29	0,60
Respirabel kwarts in mg.m⁻³				
meetpunt 1	-	0,35 0,89	- 0,09	-
meetpunt 3	0,01<	0,23 0,36	- 0,10	-
meetpunt 4	-	- 0,17	- -	-
meetpunt 5	-	0,31 -	- 0,03	-

Tabel 8 *Resultaten van totaal stofmetingen in bedrijf b.*

	Dag 1	Dag 2		Dag 3		Dag 4
	ochter/middag	ochtend	middag	ochtend	middag	ochtend/middag
Totaal stof in mg.m⁻³						
meetpunt 1	2,7	11,2	8,6	0,9	6,7	2,1
meetpunt 2	1,6	7,2	6,4	0,4	2,3	1,3
meetpunt 3	2,3	20,0	5,2	1,6	21,9	1,1
meetpunt 4	0,4	2,2	1,4	0,7	0,5	0,7
meetpunt *	0,4	-	-	-	-	-
meetpunt 5	-	15,5	9,0	1,4	3,6	2,9
meetpunt 6	1,2	3,8	2,9	0,4	0,5	2,2
meetpunt 7	2,9	5,2	-	2,5	9,5	4,5
meetpunt 8	2,9	7,6	9,5	4,3	2,8	10,2

4.2.2 **Buigtreksterkte**

Tabel 9 *Resultaten van metingen aan stenen in bedrijf b.*

Steenr.	Beneveld	Niet beneveld
Buigtreksterkte (in N mm⁻²)		
1	1,5	1,6
2	1,2	1,5
3	1,2	1,3
4	1,3	1,5
5	1,3	1,5
6	1,5	1,5
7	1,1	1,7
8	1,2	1,6
9	1,5	1,3
10	1,2	1,4
11	1,2	1,5
12	1,6	1,4
13	1,4	1,7
14	1,2	1,5
15	1,2	1,7
16	1,6	1,5
17	1,4	1,4
18	1,3	1,7
19	1,2	1,6
20	1,3	1,6
gemiddeld	1,3	1,5
st. afw.	0,1	0,1
Restvocht (%)		
gemiddeld	5 %	4,4%

4.3 Bedrijf c

4.3.1 Stofmetingen

Tabel 10 Resultaten van persoonsgebonden respirabel stofmetingen in bedrijf c.

	Dag 1		Dag 2		Dag 3	
	ochtend	middag	ochtend	middag	ochtend	middag
Respirabel stof in mg.m⁻³						
werknemer 1 bij afsch.	0,97	1,35	1,08	0,78	0,91	0,70
werknemer 2 bij afsch.	0,41	0,63	0,94	0,66	0,49	0,43
persmachinist	0,79	1,29	2,27	1,14	2,18	0,92
zetmachinist	0,50	0,42	0,87	0,58	0,66	0,98
werknemer bezanding	1,67	2,26	1,40	1,01	1,77	1,06
droogkamer schoonmaken	-	-	-	-	3,53	2,73
Respirabel kwarts in mg.m⁻³						
werknemer 1 afschuiver	0,24	-	0,17	0,09	0,15	0,10
werknemer 2 afschuiver	-	-	0,11	-	-	-
persmachinist	0,09	-	0,17	0,13	0,21	0,10
zetmachinist	0,09	0,05	0,18	0,07	0,13	0,19
werknemer bezanding	-	0,28	0,12	0,06	0,18	0,12

- = geen meting

Tabel 11 Resultaten van stofmetingen op vaste punten in bedrijf c.

	Dag 1		Dag 2		Dag 3	
	ochtend	middag	ochtend	middag	ochtend	middag
Respirabel stof in mg.m⁻³						
mp* voorbelasting	0,09	0,09	0,46	0,42	0,30	0,20
mp1 afschuiver	0,35	0,85	1,03	0,46	0,80	0,38
mp2 kleibereiding	0,62	0,96	0,89	1,06	1,44	0,74
mp5 zetmachine	0,26	0,41	0,62	0,46	0,69	0,58
mp4 persmachine	0,79	1,60	1,35	0,65	0,86	0,72
mp7 droge lift	0,34	0,53	1,40	1,29	0,77	1,78
mp6 rails traversebaan	0,63	0,96	0,74	1,00	0,71	0,39
Respirabel kwarts in mg.m⁻³						
mp* voorbelasting	0,01<	-	0,06	0,03	0,04	0,02
mp1 afschuiver	0,05	-	0,15	0,05	0,11	-
mp2 kleibereiding	0,08	-	-	-	0,15	-
mp4 persmachine	-	-	0,20	-	-	-
mp7 droge lift	-	-	-	-	-	0,27
mp6 rails traversebaan	-	-	-	0,09	0,10	-
Totaal stof in mg.m⁻³						
mp* voorbelasting	0,2	0,3	1,4	1,0	0,9	0,7
mp1 afschuiver	4,0	16,3	2,7	1,7	2,6	1,8
mp2 kleibereiding	1,8	3,3	1,6	2,5	3,3	1,9
mp5 zetmachine	5,0	4,5	8,0	1,2	8,8	6,1
mp4 persmachine	2,7	6,9	3,7	2,5	2,6	2,0
mp7 droge lift	3,4	4,5	13,7	10,5	9,1	6,1
mp6 rails traversebaan	1,7	3,2	2,5	2,6	2,6	1,3

- = geen meting

4.3.2 Bulgtreksterkte

Tabel 12 *Resultaten van metingen aan stenen in bedrijf c.*

Steenr.	Beneveld	Niet beneveld
Bulgtreksterkte (in N mm⁻²)		
1	1,7	1,6
2	1,1	2,4
3	1,6	1,9
4	1,9	2,1
5	1,1	1,8
6	1,5	1,7
7	1,5	1,7
8	1,5	1,8
9	1,8	1,7
10	1,8	1,8
11	1,4	1,5
12	1,5	1,6
13	1,6	1,8
14	1,6	2,0
15	1,5	1,7
16	1,6	1,7
17	2,3	1,6
18	1,5	2,6
19	1,5	2,4
20	1,8	1,5
gemiddeld	1,6	1,8
st. afw.	0,2	0,3
Restvocht (%)		
gemiddeld	1,3	1,1

5. BESPREKING RESULTATEN

5.1 Bedrijf a

5.1.1 Totaal stof

In tabel 4 is te zien dat de concentraties totaal stof op alle dagen (ver) onder de helft van de MAC-waarde van totaal stof (10 mg.m^{-3}) blijven. Voor totaal stof is door het gebruik van sproeiers aan de streefdoelstelling van de helft van de MAC-waarde voldaan. Door de sproeiers zijn de totaal stofconcentraties veel lager dan tijdens de eerste serie metingen. Meetpunt 3 is daarbij vooral van belang. Op mp3, vlak bij de persmachine met de afschuiver en platenwentelaar, komt in bedrijf a het meeste totaal stof in de lucht.

Tijdens de eerste meetserie in 1986 wezen alle metingen bij de pers op een duidelijke overschrijding van de MAC-waarde, tabel 3 [3]. Ten gevolge van de eenvoudige technische maatregelen, leverden de metingen in 1987 een al iets gedifferentieerder beeld op. Uit tabel 2 [7] en tabel 4 [8] blijkt dat ongeveer de helft van de totaal stofmetingen bij meetpunt 3 in 1987 onder de helft van die MAC-waarde lag. De rest van de concentraties lag daar nog boven.

Tijdens meetdag 2 was er sprake van een "worst-case" situatie doordat alle ramen en deuren zoveel mogelijk dicht gehouden werden. Ten gevolge van een lek in de gevelafdichting en de pijpdoorvoer van het plafond van de ruimte waar de zandbrander stond opgesteld en door de winddruk op de bewuste gevel was er sprake van een verontreiniging van de pershal die zich vooral concentreerde bij de kleivoorbereiding. Omdat de concentraties bij de pers op deze dag ten gevolge van het gebruik van de sproeiers sterk verlaagd waren, was de "lekkage" uit de ruimte waar de zandbrander stond opgesteld pas nu duidelijk waarneembaar. Op de afdeling kleivoorbereiding (mp1) worden alleen handelingen met de natte klei uitgevoerd, daarvan mag geen substantiële bijdrage aan de stofconcentraties verwacht worden. Nader onderzoek bracht de gesignaleerde kleine openingen in de afdichting aan het licht. In de loop van de middag slaagden de onderzoekers erin de openingen af te dichten en de tijdgewogen gemiddelde concentratie is 's middags dan ook lager dan 's ochtends. Een bevestiging van de genoemde bron als oorzaak van de verhoogde concentraties op mp1 en elders in de pershal werd verkregen door na de middagpauze de zandbrander uit te laten. De momentane respirabel stofconcentraties op mp1 (gemeten met de Hund stofmeter) zakten daardoor naar het achtergrondniveau. Wanneer aangenomen wordt dat voor een bepaald procesonderdeel de totaal stof en de respirabel stofconcentratie een vaste verhouding hebben, kan geconcludeerd worden dat de totaal stofconcentraties ook sterk gezakt waren toen de zandbrander niet werkte.

Tijdens meetdag 3 was er bij de persmachine (mp3 en mp*) sprake van lekkage van stof bij de nog niet geheel naar behoren functionerende zifter. Dit leidde tot een behoorlijke extra stofbelasting, waardoor het gunstige effect van de sproeijs op de meetpunten 1, 3 en * wat gemaskeerd wordt.

5.1.2 Respirabel stof

Tabel 3 en 4 wijzen uit dat de respirabel stofconcentraties allen ver onder de helft van de MAC-waarde van respirabel stof blijven (5 mg.m^{-3}). Dit laatste was in 1987 voor alle en in 1986 voor vrijwel alle metingen ook reeds het geval.

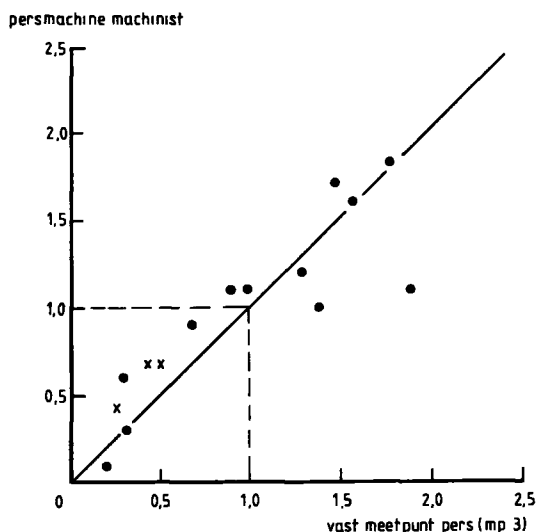
Niet zozeer respirabel stof maar respirabel kwarts is het belangrijkste stofprobleem in de baksteenindustrie. Omdat de respirabel kwartsbepalingen duur zijn en het financieel niet mogelijk bleek om van alle metingen een kwartsbepaling uit te voeren is in dit project respirabel stof als een indicator voor respirabel kwarts beschouwd. Daarbij wordt ervan uitgegaan dat er een vaste verhouding is tussen de respirabel stofconcentraties en respirabel kwartsconcentraties voor de verschillende functies en werkplekken in de baksteenindustrie. Door ervan uit te gaan dat 15% van het respirabel stof uit respirabel kwarts bestaat* kan aan de hand van de respirabel stof metingen een schatting van de respirabel kwartsconcentratie worden gemaakt. Uitgaande van een kwartsfractie 15% kan men concluderen tot een overschrijding van de MAC-waarde als de respirabel stofconcentraties meer bedragen dan 1 mg.m^{-3} . Als streefwaarde is zelfs gekozen voor de helft van de MAC-waarde, vandaar dat de concentraties respirabel stof eigenlijk *onder* $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ zouden dienen te liggen. Voordat de gemeten concentraties hierop beoordeeld worden, dient men zich er terdege rekenschap van te geven dat voor deze concentraties respirabel stof voor fabriekshallen heel laag te noemen zijn. De van buiten naar binnen waaiende "schone" lucht kan soms een achtergrondconcentratie hebben van $0,1$ à $0,2 \text{ mg.m}^{-3}$. Dergelijke achtergrondconcentraties kunnen een behoorlijke invloed hebben op de gemeten concentraties in de fabriekshal. Een andere op dit lage concentratieniveau niet geheel onbelangrijke factor is het al dan niet roken van de werknemers (zie de bespreking van de meetresultaten van de laders).

* Uit de respirabel stofmetingen uit tabel 3 en 10 is het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de fractie respirabel kwarts in het respirabel stof in de baksteen industrie uitgerekend. Het 95% betrouwbaarheidsinterval voor de gemiddelde kwartsfractie loopt van 11,8% tot 14,5%, zodat een kwartsgehalte van 15% als een redelijke bovengrens mag worden beschouwd.

Voor de persmachinemachinist is zoals blijkt op meetdag 2 de concentratie tijdens de "worst-case" situatie ongeveer $0,7 \text{ mg.m}^{-3}$ op het vaste meetpunt bedraagt de concentratie $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$. Deze concentraties zijn ongeveer een factor 4 lager dan een vergelijkbare meting op het vaste meetpunt bij de persmachine in 1987 waarbij ook alle openingen zoveel mogelijk dicht waren. De meetwaarde in 1987 was $2,8 \text{ mg.m}^{-3}$ (tabel 4, [8]). De metingen op dag 3 bij de persmachinemachinist kunnen niet goed gebruikt worden voor de beoordeling van de werking van de sproeiers omdat de zifter op meetdag 3 door lekkage op dit punt in de pershal voor een extra stofbelasting zorgde (zie de bespreking hiervan in 5.1.1). De invloed van de sproeiers is ook goed te zien door naar dag 1 te kijken. Tijdens de middagmeting is de concentratie van de persmachinist $0,4 \text{ mg.m}^{-3}$. 's Ochtends is er maar gedurende de helft van de tijd sprake van een sproei-experiment en de concentratie van de persmachinist bedraagt dan $0,8 \text{ mg.m}^{-3}$.

Gezien het feit dat er in bedrijf a meestal meer ventilatie zal zijn dan tijdens de "worst-case" meting op dag 2 kan er geconcludeerd worden dat voor de persmachinemachinist bij de toepassing van sproeiers de ontwerp doelstelling gehaald wordt.

In figuur 10 staan de persoonsgebonden concentraties van de machinist van de pers uitgezet tegen de concentraties op mp3 met en zonder sproei-experimenten.



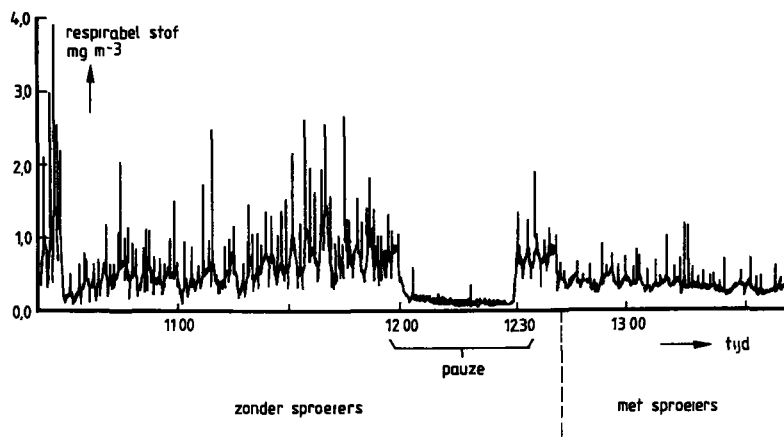
Figuur 10 Relatie tussen persoonsgebonden en vaste metingen bij de persmachinemachinist in bedrijf a, met en zonder sproeiers (respirabel stof in mg.m^{-3}).

• = oude metingen in 1986 en 1987

x = sproei-experimenten 1988

-- = gebied ongeveer gelijk aan de wettelijke normering

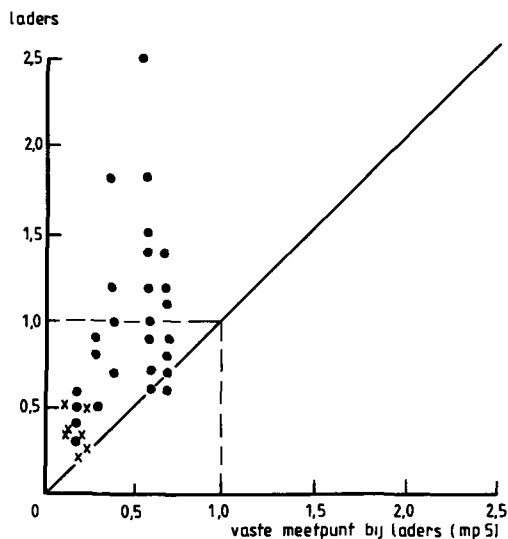
De invloed van de sproeiers bij de persmachine (mp3) is ook te zien door de momentane concentraties respirabel stof zoals gemeten met een Hund stofmeter op een recorder te laten zetten (figuur 11).



Figuur 11 Respirabel stofconcentratie in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ op 18 oktober 1988 gemeten met een Hund TM data.

Gedurende de ochtend, zonder dat de sproeiers werken zijn er sterke fluctuaties te zien in de respirabel stofconcentraties. Tijdens de middagpauze ligt het bedrijf stil, de exponentiële afname tot het achtergrondniveau is duidelijk in figuur 11 te zien. Nadat de sproeiers zijn aangezet is te zien hoe het algemene niveau verlaagd is. Vooral de eerder opgetreden piekbelastingen zijn sterk gedempt.

De corveeërs die tijdens deze metingen bemonsterd werden hadden allen concentraties die bevredigend te noemen zijn. Dit lag echter niet aan de toepassing van "good-housekeeping" of aan de sproeiers, maar was een gevolg van het feit dat bij de monsterneming net de andere corveeër was bemonsterd dan degene die de meeste veegwerkzaamheden uitvoerde (zie ook figuur 13).



Figuur 12 Relatie tussen persoonsgebonden en vaste metingen bij de laders in bedrijf a, met en zonder sproeiers (respirabel stofconcentratie in mg.m^{-3}).

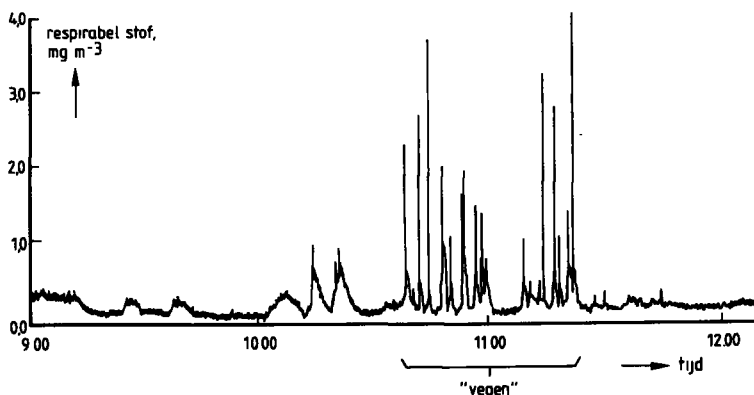
• = oude metingen in 1986 en 1987

x = sproei-experimenten 1988

-- = gebied ongeveer gelijk aan de wettelijke normering

In figuur 12 zijn de stofconcentraties bij de laders weergegeven. Daaruit is duidelijk te zien dat de ontwerpdoelstelling (streefwaarde van het respirabel stof niet boven $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$) ook voor de laders bereikt is in bedrijf a, door het toepassen van sproeiers bij het opsnijpunt en aan het eind van de band waar het afval in een kruiwagen valt. Uit het feit dat de concentraties van de laders in 1986 en 1987 aanmerkelijk hoger waren dan die op het nabijgelegen vaste meetpunt werd afgeleid dat de stofbelasting voor een belangrijk gedeelte door de werkhandelingen van de laders zelf werd veroorzaakt. De van een licht vochtfilmje voorziene stenen veroorzaken aanmerkelijk minder stof dan voorheen.

Op de ochtend van de derde meetdag vindt nog hoge stofbelasting plaats bij de laders, doordat één van de corveeërs aan het vegen is (figuur 13). Om stofvorming tegen te gaan heeft de corveeër eerst nat zand over vloer gestrooid. In figuur 13 is te zien dat tijdens het vegen de respirabel stofconcentraties flink omhoog gaan. De gemiddelde concentratie op meetpunt 5 tijdens de ochtend is $0,45 \text{ mg.m}^{-3}$. 's Middags is de gemiddelde concentratie zonder dat er geveegd wordt $0,14 \text{ mg.m}^{-3}$.



Figuur 13 Momentane respirabel stofconcentratie in $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ op mp5 in bedrijf a. Dit meetpunt is naast de werkplek van de laders gelegen. Van half 11 tot half 12 wordt er in de buurt geveegd.

Nogmaals dient er op gewezen te worden dat droog vegen (zelfs als er eerst nat zand gestrooid is) leidt tot een overbodige stofbelasting. De concentraties van de laders met deze extra belasting zijn overigens niet in figuur 12 verwerkt, omdat gedurende deze ochtend niet voldaan is aan de voorwaarden van "good-housekeeping".

Een andere bevinding, die overigens geheel buiten het kader van dit onderzoek valt, is dat de respirabele stofconcentraties ook verhoogd worden door roken. Laders 1 en 2 (uit tabel 3) roken en lader 3 rookt niet. De drie laders wisselen elkaar gedurende de dag vele malen af, zodat er gemiddeld over een halve werkdag geen invloed van de werkplek zal zijn. Tijdens de meting op de middag van de eerste dag was er sprake van een behoorlijke tocht bij de laders. Verondersteld mag worden dat onder deze omstandigheid de sigaretterook bij de rokende lader weggewaaid zal zijn voordat deze rook door de cycloon op de borst van de lader gemonsterd zal zijn. Het verschil tussen de "rokers" (lader 1 en 2) en de "niet-roker" (lader 3) is op die middag kleiner dan anders. Gemiddeld mag aangenomen worden dat bij deze laders roken leidt tot een extra belasting van $0,15 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ aan respirabel stof. Aange-

zien de beide laders behoren tot de zware rokers mag dit als een maximum schatting beschouwd worden.

De overige functies in bedrijf a zoals de shovel- en heftruckchauffeur, de machinist van de kraanbaan, de onderhoudsmonteur en de bestuurder van de traversewag en werden indertijd al niet bij de herhalingsmetingen betrokken omdat hun concentraties in 1986 lager waren dan $1,1 \text{ mg.m}^{-3}$. Om deze reden werden ze ook nu niet bemonsterd. Aangezien de bovengenoemde mensen allen op een grotere afstand van de eventuele stofbronnen binnen in het bedrijf werken dan de bij de metingen betrokken functies mag aangenomen worden dat de met de sproeiers gerealiseerde verminderingen bij de bronnen ook voor de niet bij de meting betrokken werknemers tot lagere blootstellingen geleid zullen hebben.

5.1.3 Respirabel kwarts

De respirabel kwartsconcentraties van de laders liggen onder de gewenste streefwaarde van de helft van de MAC-waarde (middag van meetdag 3). Wanneer er door "slechte house-keeping" een extra belasting van kwarts plaatsvindt zijn hun concentraties hoger.

De persmachinemachinist zit tijdens meetdag 2 (de "worst-case") duidelijk te hoog met de respirabel kwartsblootstelling. Dit betekent echter niet dat de sproeiers bij hem onvoldoende zouden helpen. De eerder gememoreerde "lekkage" van stof uit de ruimte van de zandbrander (5.1.1) zorgt dan juist voor een disproportioneel sterke verhoging van de respirabel kwarts concentratie aangezien de Nederlandse vormzanden in de deeltjesgrootte $< 10 \mu\text{m}$ voor 40-75% uit kwarts bestaan [18].

Doordat op meetdag 3 de zifter bij de pers voor een extra verontreiniging zorgde is een bepaling van de invloed van de sproeiers op de respirabel kwartsconcentratie van de persmachinemachinist niet goed mogelijk.

De enige acceptabele vergelijkingsmeting vond plaats op de middag van meetdag 1. Daarbij blijkt de concentratie van de persmachinemachinist te liggen onder de helft van de MAC-waarde voor respirabel kwarts.

Als uitgegaan wordt van een gemiddeld kwartsgehalte van 15% van het respirabel stof kan aangenomen worden dat aan de streefwaarde wordt voldaan als de concentraties respirabel stof liggen onder $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$. Het blijkt dat hier in bedrijf a in het algemeen aan voldaan wordt bij de toepassing van sproeiers, zelfs zonder dat er een correctie plaatsvindt voor de extra belasting ten gevolge van roken of de achtergrondbelasting.

5.1.4 Zifter

De in tabel 6 gepresenteerde resultaten van de metingen bij de zifter wijzen uit dat het gemiddelde rendement van de zifter, in het deeltjesgroottegebied dat voor dit project van belang is ($\leq 5 \mu\text{m}$ diameter), ongeveer 40% bedraagt. Onder laboratoriumomstandigheden kan het rendement van de zifter ruim 80% bedragen. Door een verdergaande optimalisatie is een verbetering van het rendement van de zifter tot het eerder bereikte niveau goed mogelijk.

In het kader van dit project is er echter vanaf gezien deze optimalisering uit te voeren omdat de sproeiers een dusdanig belangrijke verbetering in het bedrijf teweeg brachten dat een zifter, zelfs al zou het rendement tot 100% kunnen worden opgevoerd, niet tot een substantiele extra stofreductie zou leiden. Het is jammer dat de zifter hierdoor eigenlijk niet de kans heeft gekregen die hij verdient.

Het toch laten werken van de zifter met als motto: "baadt het niet, dan schaadt het niet", is niet zinvol omdat het aantal ventilatoren in bedrijf beperkt is. De ventilator die in gebruik was voor de zifter zou een beter rendement opleveren als afzuiger van de bakbezanding of als afzuiger van de trilogoot, zoals in de oude situatie op meetdag 1 en 2 het geval was.

5.1.5 Andere waarnemingen

5.1.5.1 Buigtreksterkte

In tabel 5 worden de resultaten van de buigtreksterktemetingen gepresenteerd. Daaruit blijkt dat de buigtreksterkte van de benevelde en onbenevelde stenen niet significant van elkaar verschilt.

Het restvochtgehalte van de stenen is echter bijzonder hoog. Restvochtgehalte en het specifieke oppervlakte van de klei zullen tesamen de buigtreksterkte kunnen beïnvloeden. De stenen zullen bij dit vochtgehalte vrijwel ongevoelig zijn voor een eventuele vocht-opneming na benevelen. Het doordrogen tot een restvochtgehalte van 0% (bij 105°C) geeft een verhoging van de buigtreksterkte.

Ook de buigtreksterktemetingen in 1987 bij ditzelfde bedrijf [8] geven een vergelijkbaar beeld te zien als in 1988. Ondanks het feit dat er in dit bedrijf een vochtgevoelige klei gebruikt werd kon er geen negatief effect van het benevelen op het eindprodukt ontdekt worden.

5.1.5.2 "Good-housekeeping"

Ook in 1988 blijken de regels voor "good-housekeeping" in bedrijf a nog niet voldoende te worden nageleefd.

Het "vegen" in plaats van stofzuigen of het nat verwijderen van gruis en zand leidt tot onnodige stofblootstelling (zie figuur 13). Het dagelijks goed schoon houden van vloeren is essentieel om onder de stofconcentratie van $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ te blijven.

Een overbodige stofbron in bedrijf a is de bakbezanding. Deze wordt niet afgezogen. Als dit wel het geval zou zijn, zullen de respirabel stofconcentraties van de persmachinemachinist lager kunnen worden.

De afvoerlucht uit de cycloon van het pneumatisch zandtransport voor de bakbezanding komt nog steeds naast het gebouw terecht op ongeveer 1 m hoogte. Dit heeft het risico in zich dat het (respirabel) stof bij een ongunstige windrichting weer de pershal in geblazen wordt.

5.2 Bedrijf b

5.2.1 Totaal stof

De meetresultaten van tabel 8 wijzen uit dat de concentraties totaal stof in bedrijf b onder normale productie-omstandigheden zonder toepassing van sproeiers kunnen leiden tot plaatselijk te hoge concentraties. Tijdens meetdag 4 was dit het geval op mp8 maar als de windrichting toevallig iets anders was geweest zou dit ook op mp3 het geval geweest kunnen zijn. Met name de afschuiver is de oorzaak van deze stofbelasting op mp3 of 8. Ook de platenwentelaar (mp5) zorgt voor teveel stof.

In normale productie-omstandigheden zullen bij de genoemde meetpunten geen werknemers acht uur werken. Meestal bevinden zij zich in de bedieningsruimte van de persmachine op het bordes. Door de lage blootstellingen van de werknemers gedurende de voorgaande metingen in bedrijf b, werd er nu voor gekozen om alleen vaste meetpunten te bemonsteren.

Tijdens meetdag 2 zijn de totaal stofconcentraties zeer hoog ten gevolge van de dosering van droge kalk. Door de vele storingen op deze dag waren de werknemers echter steeds aanwezig in de pershal en niet in de bedieningsruimte. Men kan gevoelig aannemen dat

hun blootstelling op die dag minstens gelijk zal zijn geweest aan die op de vaste meetpunten.

Bij een schatting van het effect van de sproeiers dient men uit te gaan van de metingen op meetdag 4 als basisniveau, omdat er op de andere dagen verstorende factoren aanwezig waren of experimenten liepen. Een echt basisniveau zonder sproeiers is meetdag 4 echter ook niet omdat intussen door het bedrijf zelf enige sproeiers boven de lege droogplaten waren aangebracht. De platen gingen vochtig de platenlift in en werden in de platenwentelaar (bij mp5) in tegenstelling tot bij de voorgaande meetdagen nog vochtig ondersteboven gekeerd.

De metingen op meetdag 2 zijn als sproei-experiment niet bruikbaar omdat er een sterke verstoring optrad door een enorme verontreiniging met droge kalk. Op die dag vond namelijk, in verband met het hoge vochtgehalte van de aangevoerde klei, dosering plaats van droge kalk. Vanaf de afdeling kleivoorbereiding werd deze kalk via de lucht, stoom en transportbanden helemaal naar de pershal getransporteerd.

De reden waarom de metingen van meetdag 2 ook niet als interne referentie voor de invloed van de sproeiers te gebruiken zijn, is dat een buitendeur in de buurt van de pers een deel van de ochtend open moest staan omdat er met heftrucks in- en uitgereden moest worden. Daardoor werd er gedurende de ochtend bij de pers een onbekende extra ventilatie geïntroduceerd.

Ook de ochtend van meetdag 3 is niet goed bruikbaar. 's Ochtends was er sprake van een zeer langdurige produktiestoring waardoor er die ochtend meer een achtergrondconcentratie is bepaald, dan dat er een reëel beeld is verkregen van de normale concentraties bij de pers.

De meetpunten 8 en 3 liggen ieder aan een kant van de afschuiver. Ten gevolge van de door de trek van de oven en droogkamer ontstane drukverdeling in het bedrijf staat er meestal een luchtstroom van ongeveer 30 cm.s^{-1} in noordelijke richting over de pers heen (figuur 5).

De "schone" lucht van buiten gaat in de richting van de drogerij. Deze luchtstroming heeft soms een kleine afwijking in westelijke of oostelijke richting: dit betekent dat ofwel meetpunt 8 ofwel meetpunt 3 op een van te voren niet voorspelbare wijze sterker belast zullen worden. Om deze beïnvloeding zo goed mogelijk te neutraliseren, omdat het eventuele positieve effect van sproeiers er door vertekend kan worden, is steeds de gemiddelde concentratie van beide meetpunten berekend en wordt dit gemiddelde weergegeven als de concentratie bij de afschuiver in tabel 13.

Tabel 13 Totaal stofconcentraties in mg.m^{-3} op de vaste meetpunten bij de sproei-experimenten in bedrijf b.

Meetpunt	Met sproeiers dag1	Deel van de sproeiers dag 3 (midd.)	zonder sproeiers dag 4
Zonder correctie voor de voorbelasting			
voorbelasting (mp4)	0,4	0,5	0,7
afschuiver (mp3, mp8)	2,6	12,4	5,7*
op bordes (mp5)	-	3,6	2,9**
droogkamer (mp6)	1,2	0,5	2,2
kelder (mp7)	2,9	9,5	4,5
Met correctie voorbelasting			
afschuiver (mp3, mp8)	2,1	11,8	5,0*
op bordes (mp5)	-	3,1	2,2**
droogkamer (mp6)	0,8	-0,0	1,6
kelder (mp7)	2,4	9,0	3,8

- = geen meting

* = te veel stof op filter, meetresultaat te laag

** = zonder sproeiers, maar met vochtige platen

Uit tabel 13 valt af te leiden dat het toepassen van sproeiers de totaal stofconcentraties weet te verleggen tot onder de streefwaarde van de helft van de MAC-waarde voor totaal stof.

Doordat de plaatsing van de sproeiers volgens de onderzoekers nog niet optimaal was, zijn er waarschijnlijk betere resultaten mogelijk dan hier gepresenteerd konden worden. Doordat het bedrijf echter een tijd lang voor onderhoudswerkzaamheden de productie stilgelegd heeft, toen de meetresultaten van de eerste meetdagen bekend waren, heeft de mogelijkheid ontbroken om een beter opgezet experiment uit te voeren om bovenstaande bewering hard te maken.

Opvallend is verder dat op meetdag 4 toen er zonder sproeiers gewerkt werd, maar de platen wel allemaal vochtig warm (in tegenstelling tot de situatie bij de sproei-experimenten toen 1 op de 4 platen niet bevochtigd werd) de concentraties op het bordes bij de platenwentelaar (mp5) lager liggen.

5.2.2 Respirabel stof

Voor respirabel stof zijn dezelfde opmerkingen te maken over de omstandigheden tijdens de metingen als reeds in 5.2.1 ten aanzien van totaal stof gedaan is. In tabel 14 worden de concentraties op de verschillende meetdagen met elkaar vergeleken.

Doordat de voorbelastingsconcentraties respirabel stof aanmerkelijk hoger zijn ten opzichte van het concentratieniveau dan bij het totaal stof, is in tabel 14 de correctie op de voorbelasting veel wezenlijker dan in tabel 13. Zonder correctie voor de voorbelasting blijkt de vergelijking tijdens de verschillende meetdagen eigenlijk niet goed mogelijk.

Tabel 14 *Respirabel stofconcentraties in $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ op vaste meetpunten bij de sproei-experimenten in bedrijf b.*

Meetpunt	Met sproeiers dag1	Deel van de sproeiers dag 3 (midd.)	zonder sproeiers dag 4
Zonder correctie voor de voorbelasting			
voorbelasting (mp4)	0,26	0,13	0,30
afschuiver (mp3, mp8)	0,34	0,59	0,50
op bordes (mp5)	-	0,32	0,63**
droogkamer (mp6)	0,25	0,16	0,43
kelder (mp7)	0,24	0,19	0,47
Met correctie voorbelasting			
afschuiver (mp3, mp8)	0,08	0,46	0,20
op bordes (mp5)	-	0,19	0,33**
droogkamer (mp6)	-0,01	0,03	0,13
kelder (mp7)	-0,02	0,06	0,17

- = geen meting

** = zonder sproeiers, maar met vochtige platen

In tabel 14 is te zien dat de stofbelasting bij het gebruik van sproeiers lager is dan wanneer er niet, of met een gedeelte van de sproeiers gewerkt wordt. Het feit dat op dag 1 de gecorrigeerde stofconcentraties negatief uitvallen komt door toevallige fouten in de meetwaarden. Aangezien de CV_t van de respirabel stof bepalingen 15% is, betekent dit dat de achtergrondconcentratie (mp4 op dag 1) eigenlijk $0,026 \pm 0,04 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ bedraagt. Op mp 6 en 7 is om het met andere woorden te zeggen op dag 1 geen verschil te zien tussen de achtergrondconcentratie en de concentraties tijdens de sproei-experimenten.

5.2.3 Respirabel kwarts

In tabel 7 worden de respirabel kwartsconcentraties gepresenteerd. Op verschillende dagen blijken op één en hetzelfde meetpunt bij de afschuiver (mp3) grote verschillen in respirabel kwartsconcentraties te zitten. Een verklaring voor de, in de ogen van de onderzoekers, onwaarschijnlijk lage concentratie op meetdag 1 ontbreekt. Voor de even onwaarschijnlijk hoge concentraties op meetdag 2 ontbreekt ook een verklaring. Wellicht dat matrixeffecten van de kalk bij de kwartsbepaling verstorend hebben gewerkt.

Op meetdag 3 blijkt dat op mp1 en 3 de concentraties respirabel kwarts de helft van de MAC-waarde overschrijden. Op meetdag 3 waren wel de sproeiers op het opsnijpunt in gebruik, maar niet die bij de afschuiver.

5.2.4 Andere waarnemingen

5.2.4.1 Buigtreksterkte

Uit tabel 9 blijkt dat de benevelde stenen een significant lagere buigtreksterkte te hebben dan de onbenevelde.

Ook het restvochtgehalte is aan de hoge kant. Dit beïnvloedt de buigtreksterkte in negatieve zin. De afname van de buigtreksterkte was echter niet zodanig dat geadviseerd moest worden om de proef te staken. Er kan geen negatief effect op het gebakken eindprodukt geconstateerd worden.

5.2.4.2 "Good-housekeeping"

Het droog doseren van toeslagstoffen blijkt te leiden tot te hoge concentraties aan stof, vandaar dat droge dosering vermeden dient te worden.

Als om produktietechnische redenen deze vorm van dosering onvermijdelijk is, dient er goed (lokaal) te worden afgezogen op alle punten waar het materiaal gestort wordt en transportbanden met los materiaal, dat kan gaat stuiven, dienen zodanig te zijn afgesloten, dat voorkomen wordt dat het materiaal zich door de werkruimte verspreidt.

5.2.4.3 Geluid

Door de werknemers werd opgemerkt dat de natte platen tijdens het transport minder lawaai maakten dan droge platen. Door het ontbreken van een geluidsmeter tijdens de sproei-experimenten was hier geen nadere cijfermatige onderbouwing voor te leveren.

5.3 Bedrijf c

5.3.1 Totaal stof

In tabel 11 dient een onderscheid gemaakt te worden tussen meetdag 1 en meetdag 2 en 3. De opstelling van de sproeiers op meetdag 1 was nog niet optimaal, dit bleek 's middags pas duidelijk, toen in plaats van een gladde steen ('s ochtends) de gebruikelijke machinale handvormsteen weer uit de droogkamer kwam. De capaciteit van de sproeiers bleek onvoldoende om de grotere hoeveelheid zand van de machinale handvormstenen voldoende te kunnen bevochtigen. Dit gaf bij de afschuiver aanleiding tot een vier keer zo hoge stofconcentratie 's middags als 's ochtends. De aangebrachte aanpassingen, zoals deze ook in de opstelling in figuur 6 tot uiting komen, laten zien dat op dag 2 en 3 de eerder geconstateerde stofproblemen bij de afschuiver verholpen zijn.

Er blijven echter nog twee punten over waar de concentraties boven de streefwaarde van de helft van de MAC-waarde uitkomen: bij de zetmachine en bij de droge stenen lift.

Bij de zetmachine (mp5) lijkt de oorzaak van de hoge belasting de luchtstroming van buiten te zijn, die vanaf de duur waardoor de gebakken stenen worden afgevoerd naar het tasveld, over de zetmachine heen het stof dat tijdens het zetten en richten ontstaat naar het bordes van de machinist van de zetmachine voert. Doordat er een grote opening is tussen de zetmachine en de brede rubberen band die het afval afvoert heeft de wind vrij spel en kan het stof makkelijk meegevoerd worden naar de werkplek van de zetmachinemachinist. Aangeraden wordt om de openingen tussen zetmachine en afvalband zoveel mogelijk af te schermen om tocht tegen te gaan en om de ontladingsruimte te compartimenteren. De ontlading van het gebakken produkt en met name de heftrucks die over vuile vloeren heen rijden, worden dan gescheiden van de rest van het productieproces.

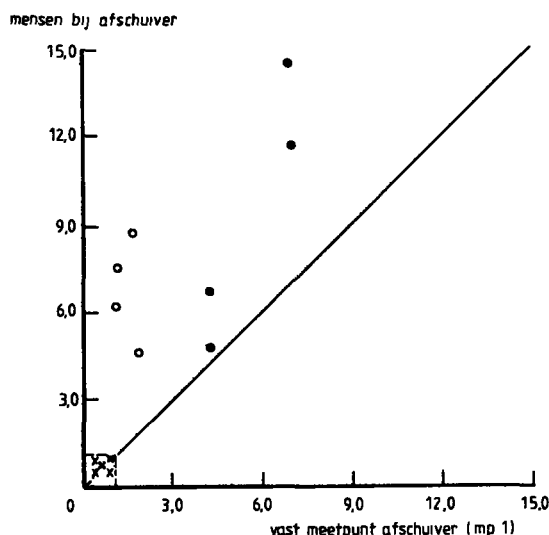
Bij de droge stenen lift (mp7) bevond het meetpunt zich direct benedenwinds van de stofbron. In deze buurt zijn benedenwinds geen verdere werkplekken. Alleen werknemer 2 bij de afschuiver heeft in de buurt van de droge stenen lift, maar dan bovenwinds zijn werkplek. Zijn belasting is, omdat hij zich bovenwinds bevindt, aanmerkelijk minder dan op mp7. Dit is niet gemeten, maar kan aannemelijk gemaakt worden aan de hand van de respirabel stofconcentraties op meetpunt 7. Deze waren op verschillende dagen respectievelijk 1,4; 1,3; 0,8 en 1,8 mg.m^{-3} op het vaste meetpunt terwijl de concentraties van de bovenwindswerkende werknemer 2 toen 0,9; 0,7; 0,5 en 0,4 mg.m^{-3} waren.

De verklaring voor de hoge totaal stofconcentratie op de ochtend van meetdag 2 is dat er op deze ochtend sprake was van stenen met breuk. Net bovenwinds van meetpunt 7 wordt deze breuksteen door werknemer 2 bij de afschuiver naar beneden geworpen, daarbij ontstaat veel stof. De breuksteen wordt vanaf dit punt door het kettingtransportsysteem met het andere afval naar buiten afgevoerd. Op dit punt was één sproeier gemonteerd. Wellicht was dit nog onvoldoende en zouden hier twee sproeiers moeten worden gemonteerd. Een acute noodzaak om bij mp7 nog andere veranderingen door te voeren is niet aanwezig omdat de concentraties bij werknemer 2 die vlakbij werkt verder voldoende laag zijn.

5.3.2 Respirabel stof

De bespreking concentreert zich op meetdag 2 en 3. In tabel 10 zijn de gemeten concentraties te vinden. Voor het gemak zal bij de bespreking de volgorde van tabel 10 worden aangehouden.

Allereerst volgen de resultaten van de werknemers bij de afschuiver. In figuur 14 staan de concentraties van de persoonsgebonden respirabel stof metingen van deze beide werknemers uitgezet tegen de concentraties op het vaste meetpunt (mp1) in hun directe omgeving.



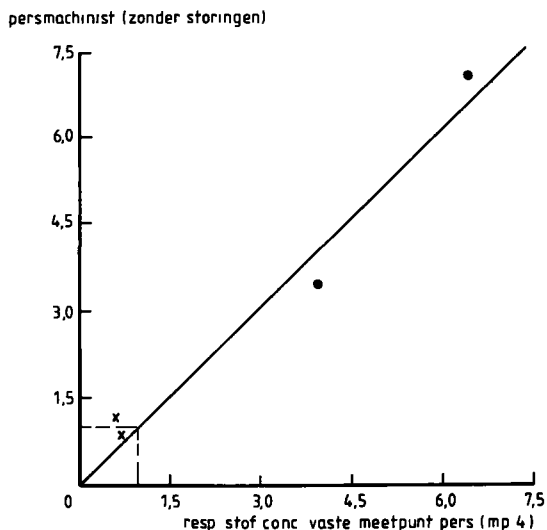
Figuur 14 Relatie tussen de persoonsgebonden en vaste metingen bij werknemers bij de afschuiver in bedrijf c, met en zonder sproeiers (respirabel stof in mg.m^{-3}).

- = oude meetpunten in 1987 met kettingtransport van afval
- o = oude meetpunten in 1986 zonder kettingtransport van afval
- x = sproeiexperimenten in 1988 met kettingtransport van afval
- = gebied ongeveer gelijk aan wettelijke normering

De concentraties op de ochtend van meetdag 2 zijn iets verhoogd doordat men veel storingen had ten gevolge van een grotere breuk dan normaal van de gedroogde vormen. De concentraties van werknemer bij de afschuiver zijn op de ochtend van meetdag 3 ook verhoogd omdat hij regelmatig in moest springen bij het verhelpen van een storing in het transport van de platen. Storingen leiden onherroepelijk tot hogere belastingen [11] omdat men tussen machines moet en vaak met geweld en grote stofwolken de zaak weer aan de gang krijgt.

Op de dagdelen zonder storingen zijn de concentraties van de werknemers bij de afschuiver respectievelijk 0,8 en 0,7 mg.m^{-3} op de middag van meetdag 2 en 0,5 mg.m^{-3} 's ochtends en 0,7 en 0,4 mg.m^{-3} 's middags gedurende meetdag 3. Dit is weliswaar nog wat hoger dan de gewenste streefwaarde van 0,5 mg.m^{-3} , maar de concentraties komen aardig in de richting als men ook rekening houdt met de voorbelasting. Ondanks alle goede raadgevingen in 1986, 1987 en 1988 bleken de vloeren van bedrijf c nog niet regelmatig schoongemaakt te worden. De hefrucks die bij de ontlading van het gebakken produkt over de vloer heen reden veroorzaakten bij het voorbelastingsmeetpunt een concentratie van 0,4 mg.m^{-3} op de middag van meetdag 2 en 0,3 en 0,2 mg.m^{-3} gedurende meetdag 3. Nu mogen de voorbelastingsconcentraties niet zomaar van de meetwaarden afgetrokken worden omdat er ongetwijfeld nog een zekere opmenging zal plaatsvinden, maar het geeft aan dat men in ieder geval dicht bij de na te streven concentratie van 0,5 mg.m^{-3} kan komen als men de "good-housekeeping" serieus ter hand neemt.

In figuur 15 en 16 staan de concentraties van de persmachinemachinist uitgezet tegen de concentraties op een nabij gelegen vast meetpunt.

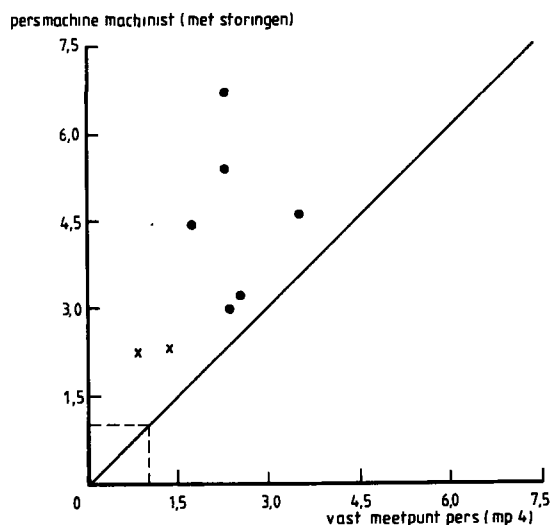


Figuur 15 Relatie tussen de persoonsgebonden concentraties en de vaste metingen bij de persmachinist in bedrijf c zonder dat er storingen in het productieproces waren, met en zonder sproeiers (respirabel stof in mg.m^{-3}).

• = oude meetpunten in 1987

x = sproeiexperimenten in 1988

-- = gebied ongeveer gelijk aan wettelijke normering



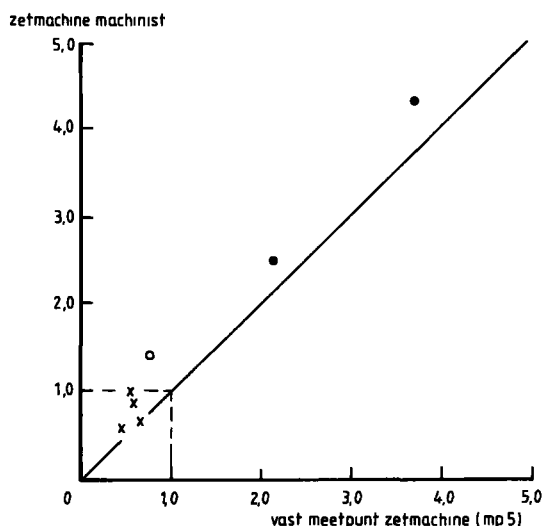
Figuur 16 Relatie tussen de persoonsgebonden concentraties en de vaste metingen bij de persmachine-machinist in bedrijf c met storingen in het productieproces, met en zonder sproeiers (respirabel stof in mg.m^{-3})

• = oude meetpunten in 1986

x = sproeiexperimenten in 1988

-- = gebied ongeveer gelijk aan wettelijke normering

Uit figuur 16 blijkt dat tijdens storingen de concentraties van de persmachinemachinist nog duidelijk hoger zijn dan de bedoeling is. De oorzaak en de aard van de storingen zijn al beschreven bij de bespreking van de resultaten van de werknemers bij de afschuiver. Wanneer er geen storingen optreden, liggen de concentraties bij de persmachinemachinist rond 1 mg.m^{-3} , maar toch nog duidelijk boven $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$, zelfs als er gecorrigeerd zou worden voor de voorbelasting. Extra aandacht voor deze werkplek blijft gewenst. Wellicht dat de in bedrijf c op stapel staande compartimentering de concentraties voor de persmachinemachinist nog wat omlaag kan brengen.



Figuur 17 Relatie tussen de persoonsgebonden concentraties en de vaste metingen bij de zetmachinemachinist in bedrijf c, met en zonder sproeiers (respirabel stof in mg.m^{-3}).
 • = oude meetpunten in 1987 met kettingtransport van afval
 o = oude meetpunten in 1986 zonder kettingtransport van afval
 x = sproeiexperimenten in 1988 met kettingtransport van afval
 --- = gebied ongeveer gelijk aan wettelijke normering

Uit figuur 17 is te zien dat de concentraties van de zetmachinemachinist onder 1 mg.m^{-3} liggen. Wanneer rekening gehouden wordt met de voorbelasting zullen de concentraties zelfs in de buurt aan de streefwaarde van $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$ terecht komen. Ook de meting op meetdag 1 bevestigt dit. Tijdens deze meetdag was de voorbelasting zeer gering omdat het buiten motregende (respectievelijk geregend had) en de heftruck met natte banden door het stof op de vloer bij afdeling ontlading heen reed.

De werknemer bij de bezanding zit in een redelijk afgesloten hoekje tussen de pers en de afdeling kleivoorbereiding. Storingen bij de pers leidden bij hem tot hogere concentraties op de ochtenden van meetdag 2 en 3. Op de middagen lagen de concentraties op ongeveer

1 mg.m⁻³. Een betere afsluiting van zijn werkplek van de kleivoorbereiding is gewenst omdat hij vaak last heeft van stoom. Een aparte laminaire stroom schone lucht naar zijn zitplaats zou de concentraties waarschijnlijk tot onder de streefwaarde kunnen brengen.

De laatste werknemers die bemonsterd zijn, waren twee inleenkrachten van een uitzendbureau die op meetdag 3 bemeten werden toen ze bezig waren om met een schep-, kruiwagen, bezem, veger en blik de droogkamers schoon te maken. Een dergelijke handelwijze die niet onder "good-housekeeping" valt is niet te tolereren en leidt tot onnodige en te hoge blootstellingen.

De overige werknemers die tijdens een eerder onderzoek in 1986 wel in het onderzoek betrokken zijn (onderhoudsmonteur, elektricien, heftruckchauffeur en de bestuurder van de traversewagen) zijn deze keer niet bemonsterd omdat door de smering van de emissiebronnen daarmee hun concentraties ook automatisch omlaag gegaan zouden zijn. Tijdens de voorgaande metingen lagen hun concentraties aanmerkelijk onder die van de wel gemonsterde personen.

5.3.3 Respirabel kwarts

In tabel 10 en 11 is te zien dat de individuele respirabel kwartsmetingen op meetdag 2 en 3 regelmatig in de buurt van de MAC-waarde uitkomen. Dit lijkt voor een deel een gevolg van de extra blootstelling door het verhelpen van storingen gedurende de ochtend. Anderszels is dit waarschijnlijk ook een gevolg van de relatieve onnauwkeurigheid van de kwartsbepaling (zie de variërende kwartsgehalten bij de zetmachinist 8-21% en de werknemer bij de bezanding 6-12%). Tenslotte zal ook de voorbelasting aan respirabel kwarts ten gevolge van het rijden met heftrucks over een vloer met klei stof en zand bijgedragen hebben aan de soms toch nog hoge concentraties respirabel kwarts. De voorbelasting aan respirabel kwarts was op meetdag 2 0,06 en 0,03 mg.m⁻³ en op meetdag 3 respectievelijk 0,04 en 0,02 mg.m⁻³. Ten opzichte van een streefwaarde van maximaal 0,08 mg.m⁻³ is een dergelijke voorbelasting hoog te noemen.

Het gemiddelde kwartspercentage van alle in tabel 10 en 11 uitgevoerde kwartsbepalingen is 13%. Wanneer bij de berekening van de streefwaarde uitgegaan wordt van 15% wordt een zekere veiligheidsmarge ingebouwd. Het is echter duidelijk dat hoewel de sproeijs de concentratie op vele punten in bedrijf c met ruim een factor 10 hebben teruggebracht "good-housekeeping" in de vorm van regelmatig op de goede manier schoonmaken, schone vloeren en het voorkomen van storingen door middel van preventief onderhoud essentieel

is om aan de streefwaarde van respirabel kwarts te voldoen. Ook in een bedrijf als dit, waarbij het stof in 1987 nog als een fijne mist in de pershal hing, is het met relatief geringe investeringen en relatief veel gerichte aandacht voor "good-housekeeping" mogelijk om deze lage waarden binnenkort te realiseren.

5.3.4 Andere waarnemingen

5.3.4.1 Buigtreksterkte bepalingen

Uit tabel 12 blijkt dat de benevelde stenen een significant lagere buigtreksterkte hebben dan de onbenevelde. De afname van de buigtreksterkte is echter niet zodanig dat geadviseerd moest worden om de proef te staken. Ook visueel is er geen verschil geconstateerd in de kwaliteit van het gebakken produkt tussen de benevelde en onbenevelde stenen.

5.3.4.2 Good-housekeeping

Op de vervuilde toestand van de vloeren en de gevolgen daarvan voor het hele bedrijf, als daar heftrucks overheen rijden is in 5.3.3 al het nodige gezegd. Vloeren moeten minimaal dagelijks en zonodig vaker worden schoongemaakt.

De wijze van schoonmaken is zeer belangrijk. Goede stofzuigers met goede filters en slangen die niet lekken zijn daarvoor essentieel. Als er met een schep of bezem gewerkt wordt moet het op te vegen stof eerst gelijkmatig bevochtigd worden.

Ook het gedeeltelijk vervangen van de vuurvaste isolatie van ovenwagens, dat in dit bedrijf tijdens de metingen gebeurde in het kader van een onderhoudsbeurt, zal voor de daarbij betrokken mensen leiden tot te hoge respirabel kwartsbelastingen (zelfs al bestaat het materiaal dat op de ovenwagens verwerkt wordt voor een zeer groot gedeelte uit aluminiumsilicaten). Dit soort werkzaamheden, dat slechts zeer incidenteel eens in de zoveel jaar plaatsvindt, dient met de nodige voorzichtigheid te gebeuren. Ook bij dit sloopwerk zouden sproeiers waarschijnlijk nuttige diensten kunnen bewijzen.

De afvoer van de zandbrander die nu buiten de pershal in een apart gebouwtje is gelegen, zit vrij laag in een muur. Bij ongunstige windrichting mag verwacht worden dat stof de pershal kan binnenwaaien via de openingen in de buitenmuur of de dakopeningen.

Het bedrijf heeft al een plan gemaakt voor een compartimentering waarbij de ontlading van de gebakken stenen wordt afgescheiden van de rest van het bedrijf. Daarbij dient ook de

nodige aandacht besteed te worden aan de toevoer van voldoende schone lucht naar de pers, de mensen werkzaam bij de afschuiver, de zetmachine en niet in de laatste plaats naar de werknemer werkzaam bij de bezanding. Ook de afdeling kleivoorbereiding zou voor compartimentering in aanmerking komen gezien de soms hinderlijke stoomontwikkeling, wanneer de klei door middel van stoominjectie voldoende plastisch gemaakt wordt gaat dit vaak met grote wolken gepaard.

5.4 Berekeningen met een verspreidingsmodel

Bij MT-TNO is een verspreidingsmodel ontwikkeld dat aan de hand van een schatting van een bronsterkte en een stromingspatroon in een fabriekshal op allerlei plaatsen de concentraties uit kan rekenen [21]. Omdat de bedrijfshal in blokjes wordt opgedeeld wordt dit het blokjesmodel genoemd. Het nut van berekeningen met een dergelijk model is dat op deze wijze effecten van bronbeperkende maatregelen vooraf zijn door te rekenen en dat ook de concentraties onder andere omstandigheden dan er tijdens de meting heersten kunnen worden voorspeld. Aan de hand van de overeenkomst tussen metingen en berekende waarden kan ook een indruk ontstaan van de grootte van verschillende bronnen.

5.4.1 Bedrijf a

De plattegrond van bedrijf a staat in figuur 2. Voor het blokjesmodel is het gehele bedrijf opgedeeld gedacht in blokjes van $3,5 \times 3,5 \times 3,5$ meter, zodat figuur 18 in wezen een plattegrond weergeeft.

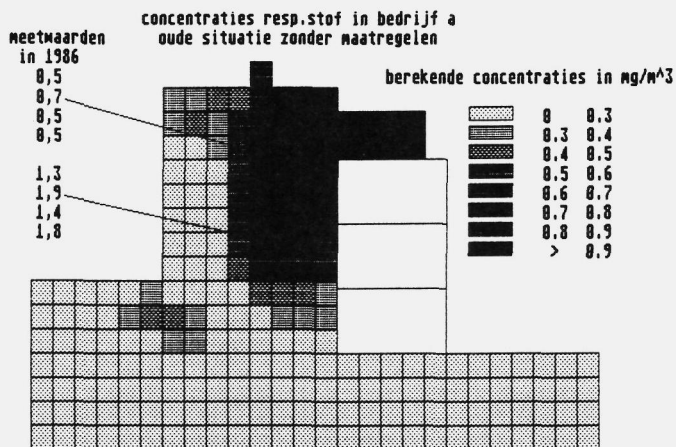
In figuur 18 zijn 3 verschillende situaties doorgerekend steeds onder dezelfde meteorologische randvoorwaarden. Dit betreft de luchtstroming zoals die op 15 september 1987 in het bedrijf waargenomen is. Dit is een dag met een westelijke wind. Door de deur aan de westkant van de pershal komt schone lucht naar binnen (veronderstelde achtergrondconcentratie $0,2 \text{ mg.m}^{-3}$) en deze stroomt voornamelijk via de werkplaats weer weg. Op verschillende dagen waarop de metingen zijn uitgevoerd zijn de meteorologische condities natuurlijk niet identiek, maar omdat een westelijke stroming een van de regelmatig terugkerende fenomenen is, is deze meteoconditie gebruikt. Alle berekende concentraties boven $0,9 \text{ mg.m}^{-3}$ respirabel stof worden met zwart aangegeven, omdat ongeveer 15% van het respirabel stof uit kwarts bestaat en de MAC-waarde voor respirabel kwarts $0,15 \text{ mg.m}^{-3}$

bedraagt. Van de zwarte stukken gaat een signaalwerking uit: zodra blokjes zwart zijn kan de respirabel kwartsnorm overschreden zijn!

Voor de berekening van 18A is uitgegaan van de bronschattingen zoals ze voor de oorspronkelijk aangetroffen situatie in bedrijf a gemaakt zijn. Bij de berekening is uitgegaan van een geschatte respirabel stofproduktie van $1,6 \text{ mg.s}^{-1}$ bij de pers, afschuiver en platenwentelaar, $11,1 \text{ mg.s}^{-1}$ bij de afzuiging van de trilgoot, $0,7 \text{ mg.s}^{-1}$ uit de ruimte met de zandbrander, $0,05 \text{ mg.s}^{-1}$ per meter transportband voor de gedroogde vormelingen, $0,4 \text{ mg.s}^{-1}$ bij het storten van het puin en afval aan het eind van de zetband voor de handmatige laders.

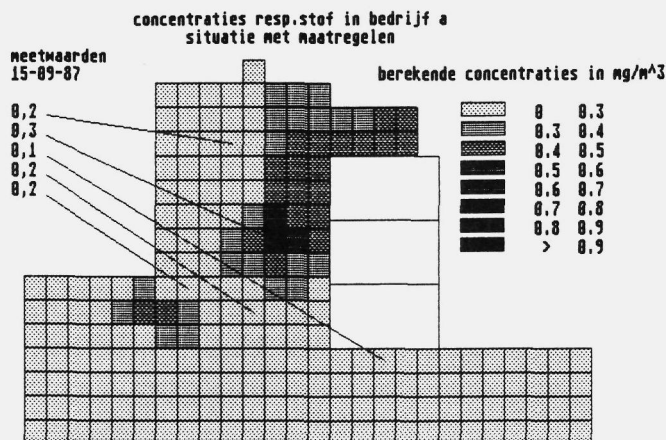
De berekende concentratie op het meetpunt bij de pers, dat in figuur 18A helemaal zwart is, bedraagt $1,6 \text{ mg.m}^{-3}$. Uit de meetwaarden die in de loop van 1986 zijn verzameld [3] blijkt dat er een behoorlijk goede overeenstemming is tussen de gemeten concentraties en de berekende beginsituatie in bedrijf a.

18A
oud:



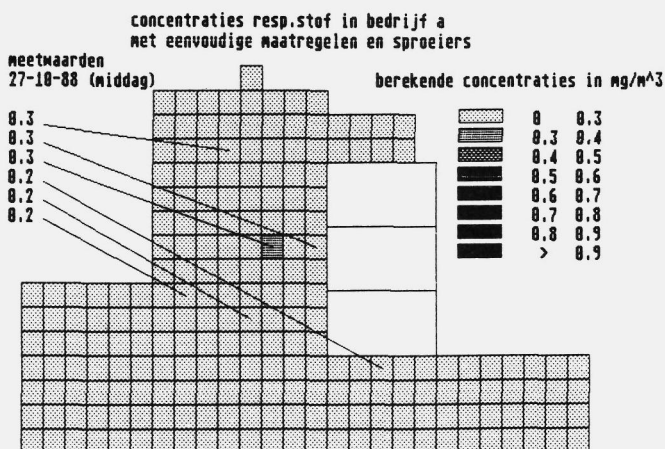
1986

18B
tijdens project:



1987

18C
nieuw:



1988

Figuur 18 Berekende en gemeten concentraties respirabel stof in bedrijf a (meteo 15 sept. 1987) vóór maatregelen, na eenvoudige maatregelen en na het installeren van sproeiers (achtergrond $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

Naar aanleiding van de metingen in 1986 werden door het bedrijf enige eenvoudige technische maatregelen uitgevoerd. De deur in de ruimte van de zandbrander werd dicht gemetseld en de afzuiger van de trilgoot werd voorzien van een goede afvoer naar buiten. Daarmee vervallen twee bronnen die wel gebruikt zijn voor de berekening van figuur 18A. Met de overblijvende bronnen werden de concentraties berekend voor de situatie na de implementatie van de eenvoudige technische maatregelen.

De meetwaarden dateren van 15 september 1987. De gemeten concentraties blijken veel en veel lager dan de berekende. Een verklaring daarvoor is dat het meetpunt bij de pers aan de westkant gelegen was en ten gevolge van de binnenwaaiende buitenlucht werd als het ware een achtergrondmeting verricht. Vandaar dat de meting ter bepaling van de invloed van de eenvoudige technische maatregelen op de concentraties herhaald is, onder geheel andere meteorologische condities, op 16 september 1987 (zie hiervoor figuur 19).

Door de vernevelaars tijdens de sproei-experimenten wordt het ontstaan van respirabel stof tegengegaan. Een bronreductie met een factor 4 mag waarschijnlijk wel aangenomen worden. Op grond van deze bronreductie, met overigens dezelfde gegevens als in figuur 18B, is de concentratie in het bedrijf uitgerekend bij het tevens toepassen van sproeiers in bedrijf a (figuur 18C).

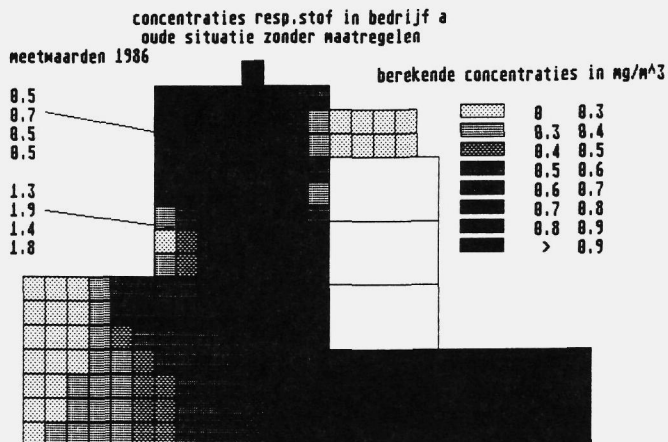
Ter vergelijking met de berekende concentraties zijn in figuur 18C tevens de gemeten concentraties gedurende de middag van 27 oktober 1988 opgenomen. De berekende en gemeten concentraties blijken tot een uitstekende overeenstemming te leiden.

Om de invloed van het verschil in stromingspatroon in bedrijf a te kunnen berekenen zijn in figuur 19 de concentraties uitgerekend in bedrijf a wanneer uitgegaan wordt van een stroming waarbij de lucht uit de pershal het bedrijf verlaat via de ruimte waar de tunneloven staat. De bronsterkten, de achtergrondconcentratie en de "random"-windsnelheid zijn overigens identiek aan die bij de berekeningen van figuur 18 gebruikt zijn.

In figuur 19A is te zien hoe in de oude situatie in 1986 de stofconcentraties op bijzonder veel punten in het bedrijf te hoog zijn. De meetwaarden uit 1986 in de afdeling kleivoorbereiding gevan aan dat dit stromingspatroon zich tijdens de betreffende metingen waarschijnlijk niet zal hebben voorgedaan.

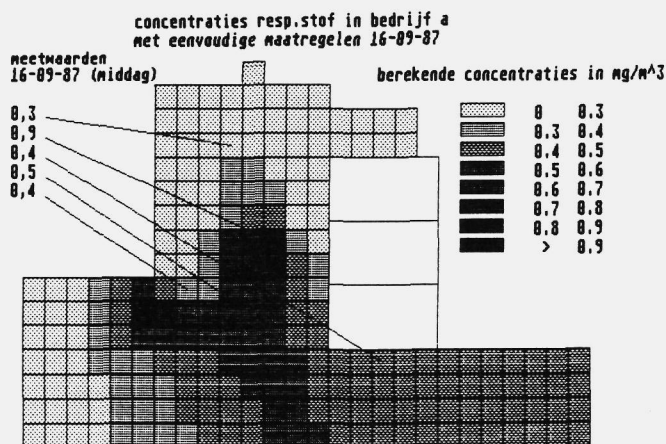
In figuur 19B is de situatie te zien na het toepassen van eenvoudige technische maatregelen. Daardoor zijn de concentraties in de ruimte al verlaagd tot onder 1 mg.m^{-3} . De berekende en gemeten concentraties komen uitstekend met elkaar overeen.

19A
oud:



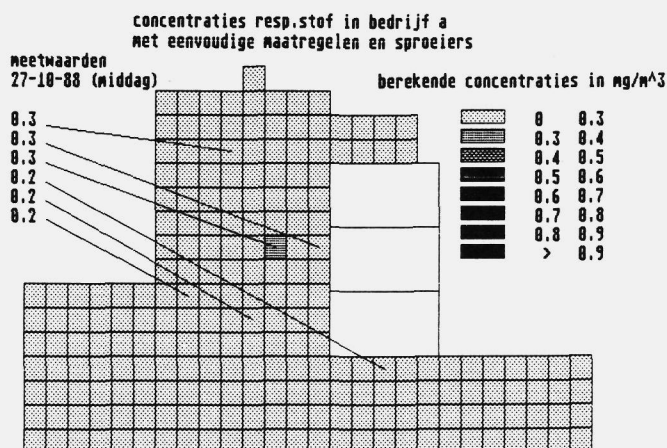
1986

19B
tijdens project:



1987

19C
nieuw:



1988

Figuur 19 Berekende en gemeten concentraties respirabel stof in bedrijf a (meteo 16 sept. 1987) vóór maatregelen, na eenvoudige maatregelen en na het installeren van sproeijs (achtergrondconcentratie $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

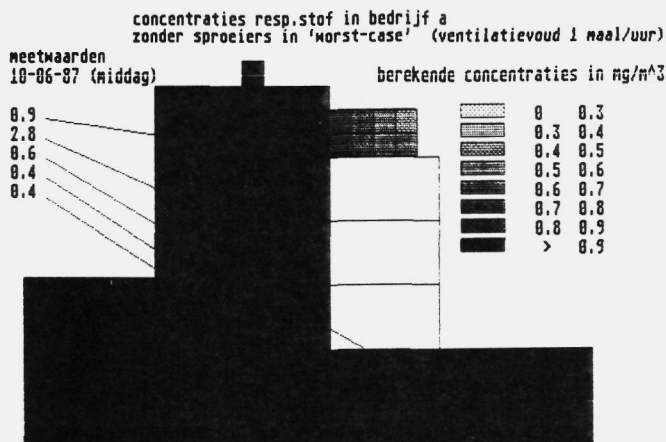
Wanneer er in die situatie ook nog sproeiers worden toegepast, dalen de concentraties nog verder (figuur 19C). Ook dan is te zien dat de berekende en gemeten concentraties uitstekend overeenkomen. In deze lage concentratiegebieden is een afwijking in meetwaarden van 0,1 à 0,2 mg.m⁻³ gering te noemen.

De berekeningen in figuur 18 en figuur 19 gaan uit van een ventilatievoud van respectievelijk 13,3 en 6,9 maal per uur. Dit ventilatievoud komt tot stand door natuurlijke ventilatie doordat ramen en deuren open staan, muren niet hermetisch dicht zijn en de wind en de temperatuurgradiënt zorgen voor een drijvende kracht. Het is ook van belang om te onderzoeken of de bereikte situatie 18C, 19C ook nog steeds voldoet als het ventilatievoud (door natuurlijke oorzaken) kleiner zou zijn. Daarbij is gekozen voor een "worst-case" situatie waarbij ervan uitgegaan wordt dat het ventilatievoud beperkt is tot 1 maal per uur. Voor een bedrijfsruimte is dit een laag ventilatievoud, die overeenkomt met het ventilatievoud van een woning. In figuur 20 is te zien hoe de concentratieniveaus zich zullen ontwikkelen met een dergelijk laag ventilatievoud.

De berekende concentraties bij het toepassen van sproeiers komen nergens boven 0,7 mg.m⁻³ uit zelfs niet als uitgegaan wordt van een achtergrondconcentratie van 0,2 mg.m⁻³. In figuur 20a bijken er twee soorten afwijkingen op te treden tussen de berekende en gemeten concentraties. Op de punten die verder van de stofbronnen verwijderd liggen, zijn in de praktijk concentraties gemeten die lager zijn dan met het model voorspeld worden bij een ventilatievoud van 1 maal per uur. Dit komt waarschijnlijk omdat het ventilatievoud, zelfs als alles dicht is, toch hoger is dan 1. In figuur 21 is de relatie tussen meteorologische windsnelheid en ventilatievoud voor bedrijf a weergegeven. Slechts bij echte windstilte mag een ventilatievoud van 1 voorondersteld worden. Op 10 juni 1987 was de winsnelheid ongeveer 2,5 m.s⁻¹.

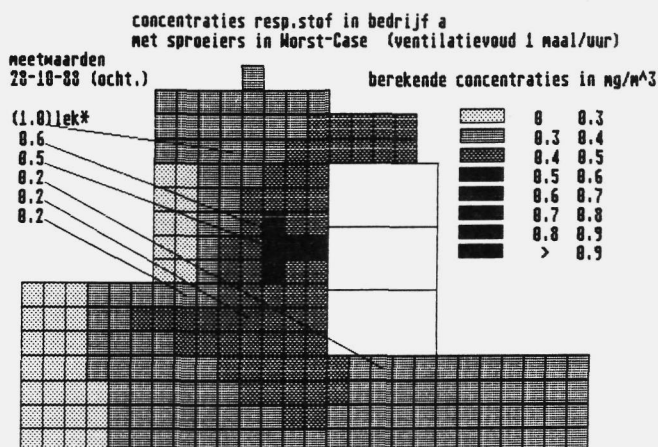
Dichter bij de pers in figuur 20a (met belangrijke stofbronnen) worden de concentraties waarschijnlijk onderschat met het model. In het model wordt er namelijk van uitgegaan dat alle stof homogeen gemengd is in een blokje van 3,5 x 3,5 x 3,5 m³. Vlak bij de bron zal dit veel minder het geval zijn dan verder van de bron verwijderd. Daarom zal het model vlak bij een stofbron in een "worst-case" situatie tot een onderschatting leiden.

20A
tijdens project



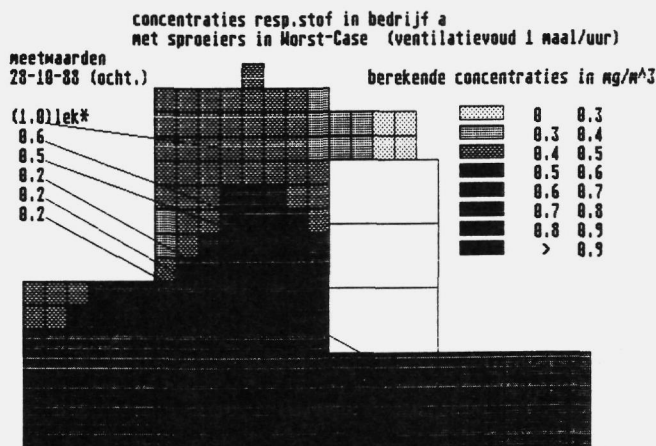
1987

20B
met sproeiers



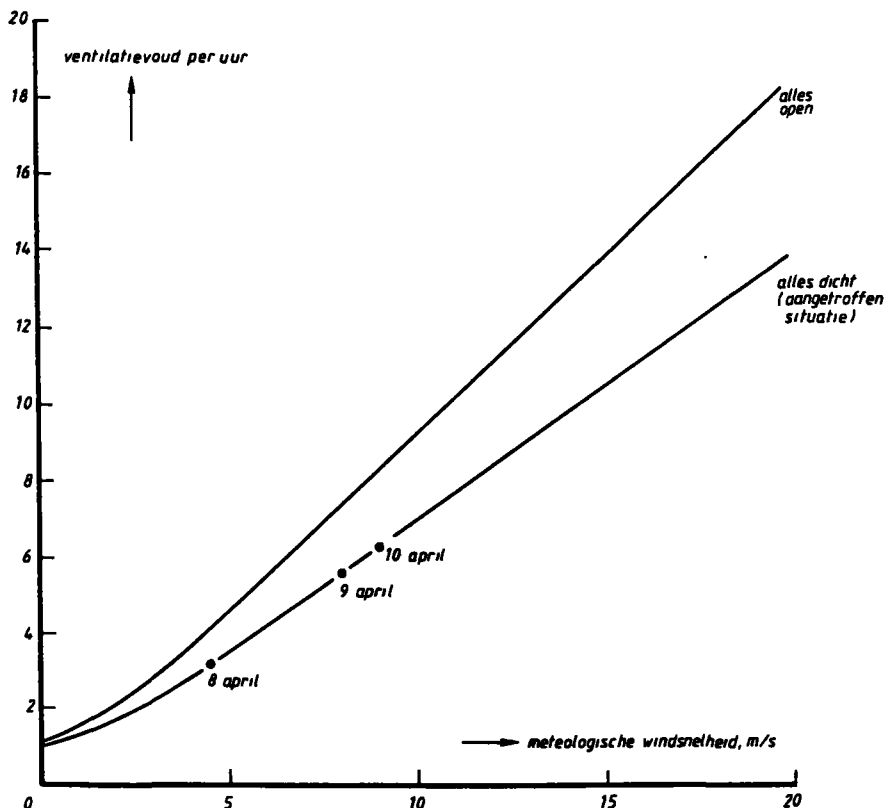
1988

20C
met sproeiers



1988

Figuur 20 Berekende concentraties respirabel stof in bedrijf a in een "worst-case" situatie met een ventilatievoud van 1 maal per uur. Figuur 20A met alleen eenvoudige technische maatregelen en figuur 20b en c na het nemen van maatregelen en het toepassen van sproeiers (meteo: 16 sept. 1987 en 15 sept. 1987, achtergrondconcentratie $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$).

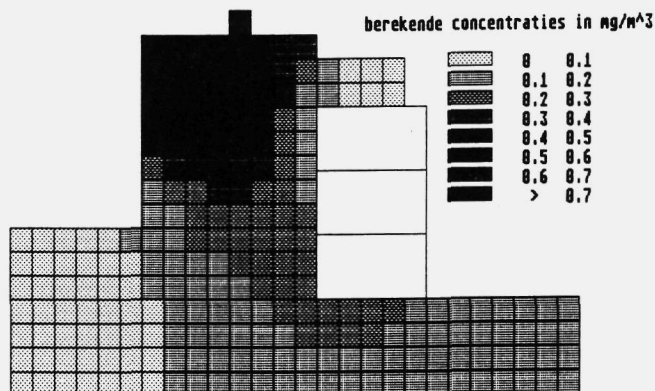


Figuur 21 Ventilatie van bedrijf a.

De conclusie uit bovengenoemde berekeningen kan zijn dat de combinatie van eenvoudige maatregelen, "good-housekeeping" en sproeiers de respirabel stofconcentraties in bedrijf a zodanig zullen verlagen dat ook onder te verwachten slechte omstandigheden ("worst-case") er geen gevaar voor stoflengen te duchten is in bedrijf a.

In 5.1.2 wordt nog melding gemaakt van lekkage van stof uit de ruimte waar de zandbrander staat opgesteld op meetdag 2 naar de pershal. In de ruimte van de zandbrander heerst een respirabel stofconcentratie van 2-4 $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Ten gevolge van een harde westenwind werd dit stof door kieren de pershal in geblazen. Met het verspreidingsmodel is in figuur 22 uitgerekend tot welke concentraties lekkage van 6 $\text{mg}\cdot\text{s}^{-1}$ aanleiding geeft in de rest van de fabriekshal. Daarbij is uitgegaan van het luchtstromingspatroon op 16 september 1987.

concentraties resp.stof in bedrijf a
 lekkage bij zandbrander: 6 mg/s (meteo: 16-09-87)
 alleen lekkage, geen andere bronnen gemodelleerd

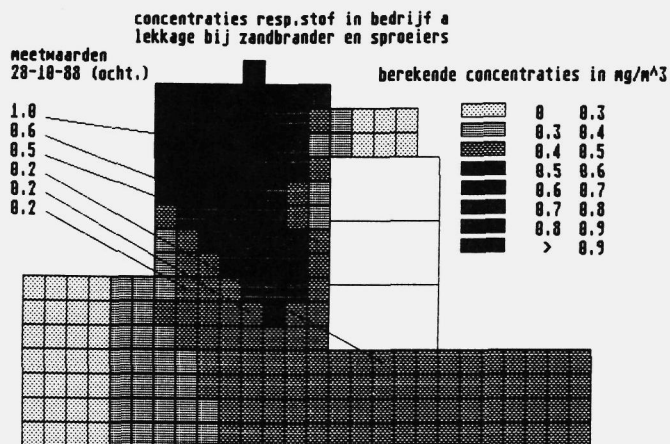


Figuur 22 Berekende concentraties respirabel stof in bedrijf a bij lekkage naar de pershal van 6 mg.s⁻¹ vanuit de ruimte waar de zandbrander staat opgesteld (meteo: 16 sept. 1987, achtergrondconcentratie 0,2 mg.m⁻³)

Met het verspreidingsmodel is vervolgens uitgerekend of een extra bron op de plek waar de lekkage optrad een beeld op zou leveren dat op 28 oktober 1988 's ochtends gemeten is. Daarbij is uitgegaan van een zelfde bronsterkte als bij 18c en 19c en van een lekkage van 6 mg.s⁻¹, toepassing van sproeijs en een achtergrondsconcentratie van 0,2 mg.m⁻³. In figuur 23 staan de resultaten weergegeven.

Uit figuur 23 blijkt dat de gemeten en berekende waarden in de pershal heel redelijk met elkaar overeenkomen. Naarmate men verder in het bedrijf komt (in de tunnelovenhal) worden de afwijkingen groter. In dat deel van het bedrijf was minder gemeten dan berekend. Dit betekent dat de luchtstroming op 28 oktober 1988 toch anders was dan de voor het modellering gebruikte luchtstromingspatroon van 16 september 1987.

Wat met een dergelijke berekening wel duidelijk wordt, en in figuur 23 komt dit eigenlijk nog beter naar voren, is dat een relatief kleine bron van 6 mg.s⁻¹ (of 22 gram per uur) bij een ongunstig stromingspatroon door, het hele bedrijf heen de concentraties aan respirabel stof behoorlijk kan verhogen. Met bovenstaande voorbeeld is nogmaals aangegeven dat "good-housekeeping" en een permanente aandacht een absolute prioriteit moeten blijven houden om nieuwe stofproblemen te voorkomen.



Figuur 23 Berekende bijdrage aan de concentratie van respirabel stof van een lekkage van $6 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$ bij de zandbrander.

5.4.2 Bedrijf c

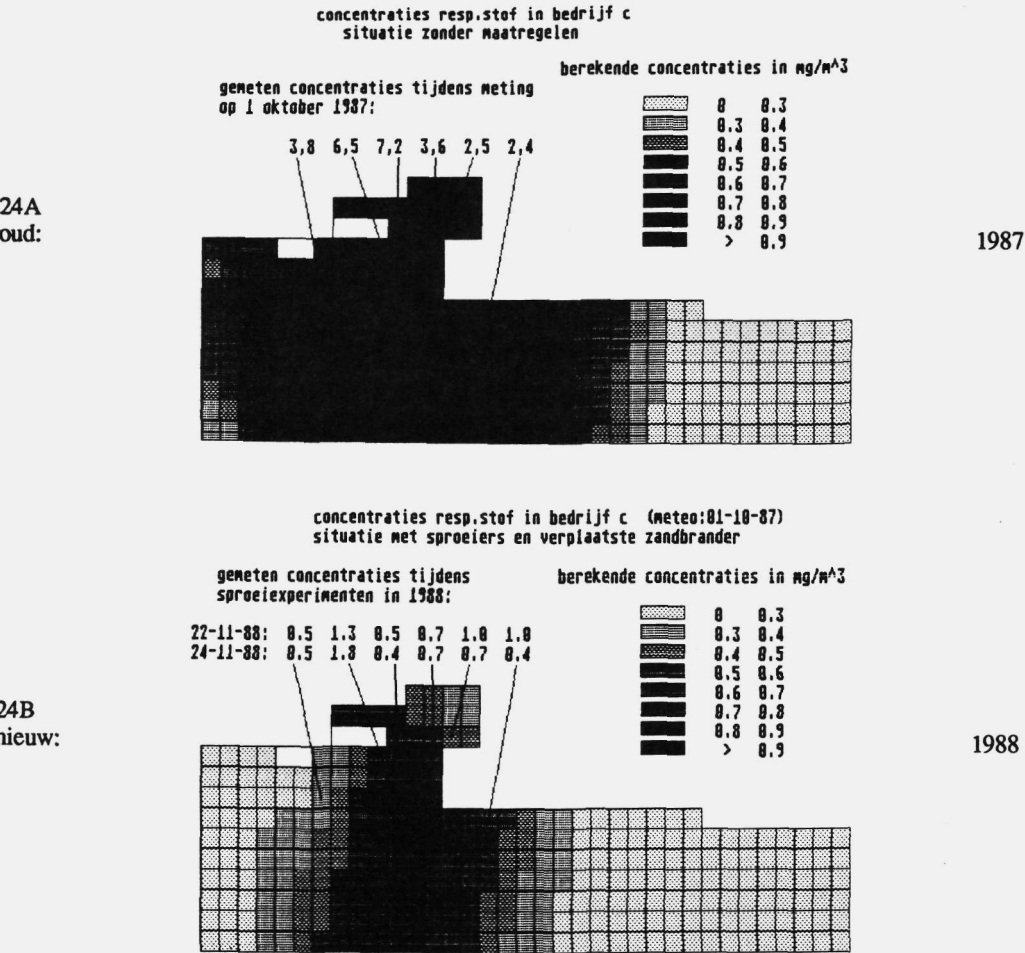
De plattegrond van bedrijf c staat in figuur 4. Voor het blokjesmodel is het gehele bedrijf opgedeeld gedacht in blokjes met een oppervlak van $3,5 \times 3,5$ meter en een hoogte van 6 m, figuur 24 geeft dus in wezen een plattegrond weer.

In figuur 24 zijn 2 verschillende situaties doorgerekend, steeds onder de meteorologische randvoorwaarden zoals ze in bedrijf c werden aangetroffen op 1 oktober 1987.

In figuur 24A is de oude situatie te zien. Daarbij is uitgegaan van de schatting van de toen aangetroffen stofbronnen. De totale hoeveelheid respirabel stof die in de lucht gebracht werd was $14,45 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$, het voor de berekening gebruikte ventilatievoud is 2,8 maal per uur en de achtergrondconcentratie is geschat op $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$. De meetwaarden in figuur 24A komen zeer goed overeen met de berekende waarden.

Tijdens de sproei-experimenten waren enige stofbronnen compleet verdwenen: de zandbrander was verplaatst naar buiten de pershal en het kettingtransportsysteem dat eerst veel respirabel stof veroorzaakte bleek na het bevochtigen van het afval vrijwel geen stof meer te veroorzaken. De bronsterkte voor de berekening van figuur 24B werd geschat op $1,5 \text{ mg} \cdot \text{s}^{-1}$, een reductie met ongeveer een factor 10. De berekende en gemeten concentraties in de nieuwe situatie staan in figuur 24B. De meetwaarden komen heel redelijk overeen

met de berekende waarden. Een afwijking is er voor het punt vak achter de droge stenen lift waar op de middag van 22 en 24 november respectievelijk 1,3 en 1,8 mg.m⁻³ gemeten is en een concentratie tussen 0,8 - 0,9 mg.m⁻³ berekend wordt.



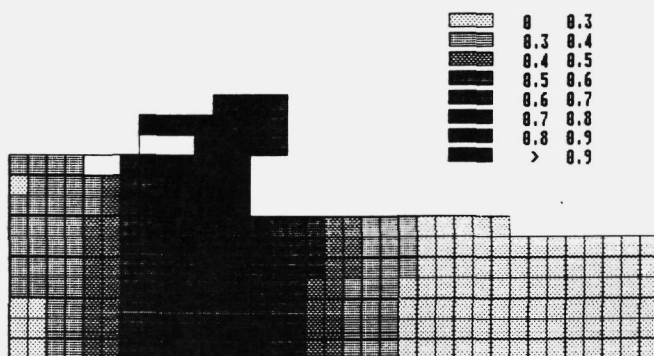
Figuur 24 Berekende en gemeten concentraties respirabel stof in bedrijf c, vóór maatregelen en na maatregelen, inclusief sproeiers (meteo: 1 okt. 1987, achtergrondconcentratie 0,2 mg.m⁻³).

Daarbij dient echter bedacht te worden dat het meetpunt op 1 m afstand van de bron gelegen was terwijl voor de berekening de gehele concentratie verdeeld gedacht wordt over een blokje van 3,5 x 3,5 x 6 m³. Een hogere meetwaarde hoeft dus nog absoluut niet te betekenen dat het model niet deugt.

Net als in 5.4.1 kan ook voor bedrijf c een berekening voor een "worst-case" situatie worden uitgevoerd. In bedrijf c is daarvoor een ventilatievoud van 1,5 maal per uur gekozen (figuur 25).

concentraties resp.stof in bedrijf c (meteo:01-10-87)
'worst-case' situatie met ventilatievoud 1,5 maal/uur

berekende concentraties in mg/m^3



Figuur 25 Berekende concentraties respirabel stof in bedrijf c in "worst-case" situatie met een ventilatievoud van 1,5 maal per uur (meteo: 1 okt. 1987, achtergrondconcentratie $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$). Na het nemen van maatregelen en het toepassen van sproeiers.

Uit figuur 25 blijkt dat met name rond de droge stenenlift de situatie met maatregelen en sproeiers nog niet geheel optimaal is. De berekende concentratie, inclusief $0,2 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ aan achtergrond, komt uit op $1,3 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$.

Rekening houdend met een kwartspercentage van 15% komt men dan te hoog uit ("zwart" in figuur 25). Op grond van deze berekening kan worden aangeraden om bij de droge stenen lift nog enige extra sproeiers aan te brengen om het ontstaan van stofproblemen ook onder ongunstige meteorologische omstandigheden te voorkomen.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

- Het benevelen van de lege droogplaten voor de platenwentelaar en van de gedroogde vormelingen bij de afschuiver en bij het opsnijpunt en van het afval bij de transportband kan leiden tot een stofvermindering met een factor 4 tot 10. Het benevelen wordt aanbevolen als een goedkope en effectieve manier om de stofproblemen te bestrijden. Men dient dan op de juiste plaatsen goed gedimensioneerde sproeiers aan te brengen.
- Het benevelen van stenen had in de onderzochte bedrijven, waaronder een bedrijf met een roodpaars bakkende klei, met een relatief hoog specifiek oppervlak, een lagere buigtreksterkte van de gedroogde steen tot gevolg. Deze verlaging was niet dramatisch en had geen gevolgen voor de kwaliteit van het uiteindelijke produkt.
Het toepassen van sproeiers voor de beneveling dient in nauw overleg met het TCKI in de Steeg te worden uitgevoerd. Om een optimale werking van de vernevelaars te krijgen dient na de installatie een korte evaluatie te worden uitgevoerd.
- Permanente aandacht voor "good-housekeeping" (voorkomen van storingen, afvalstromen niet laten storten of vallen, tegengaan van overbodige stofbronnen, dichtmaken van onnodige openingen in muren en daken, het schoon en stofvrij houden van vloeren en het gebruik van de juiste schoonmaaktechnieken) is essentieel om de stofconcentraties onder de gewenste streefwaarde te brengen*.
- Een zifter is in staat om effectief en goedkoop een scheiding in bepaalde materiaalstromen tot stand te brengen. Het nuttige rendement van de geteste zifter woog in de baksteenindustrie echter niet op tegen dat van beide andere methoden (benevelen, "good-housekeeping").
- Afzuiging van de bakbezanding en strikte scheiding van de zandbrander en de pershal zijn nodig om de concentraties te verminderen.

* N.B.: Men dient er zich voortdurend van bewust te zijn dat de norm van respirabel kwarts zo laag is dat "minuscule" hoeveelheden stof voldoende zijn om deze grenswaarde te overschrijden. Zo'n 10 à 15% van de 100 tot 500 ton gedroogde vormelingen die dagelijks worden getransporteerd in een baksteenfabriek bestaat uit respirabel kwarts. Met een pershal van 10.000 m³ en een verversing van 5 maal per uur komt men al over de streefwaarde heen als er 4 gram respirabel kwarts per uur in de lucht komt! In dit rekenvoorbeeldje wordt ervan uitgegaan dat de menging ideaal is. Aangezien dit in werkelijkheid niet het geval is, kunnen zonder stofbeperkende voorzieningen de concentraties makkelijk een factor 20 boven de norm uitkomen.

- Met bovengenoemde aanbevelingen moet het mogelijk zijn de respirabel stofconcentraties te reduceren tot de streefwaarde van $0,5 \text{ mg.m}^{-3}$. De concentraties dienen in ieder geval onder 1 mg.m^{-3} te liggen, als men uitgaat van een kwartspercentage van 15%.

LITERATUUR

- [1] Belt, R. van de, e.a. (1988)
Samenvattend overzichtsrapport van het eerste deel van het project stofbestrijding in baksteenbedrijven.
MT-TNO rapport R 88/003a.

- [2] Maat, H.J. (1982)
De verspreiding van kwartshoudend stof bij de fabricage van bakstenen.
Sassenheim.

- [3] Belt, R. van de, E. Buringh, B. Knoll e.a. (1986)
Stofmetingen in een baksteenbedrijf (Bedrijf a).
MT-TNO rapport R 86/317.

- [4] Belt, R. van de, E. Buringh, B. Knoll e.a. (1986)
Stofmetingen in een baksteenbedrijf (Bedrijf b).
MT-TNO rapport R 86/318.

- [5] Belt, R. van de, E. Buringh, B. Knoll e.a. (1986)
Stofmetingen in een baksteenbedrijf (Bedrijf c).
MT-TNO rapport R 86/319.

- [6] Belt, R. van de, E. Buringh, B. Knoll e.a. (1986)
Stofmetingen in een baksteenbedrijf (Bedrijf d).
MT-TNO rapport R 86/320.

- [7] Belt, R. van de, E. Buringh (1987)
Herhalingsmetingen bij vier baksteen bedrijven.
MT-TNO rapport R 87/301a.

- [8] Belt, R. van de, E. Buringh (1987)
Experimenten met sproeiers om te komen tot stofreductie bij baksteenbedrijf a.
MT-TNO rapport R 87/302.

- [9] Esmeijer, F.G. (1987)
Experimenten met een cascadescheider voor vormzand.
MT-TNO rapport 87-225.
- [10] Koning, J. de, F.G. Esmeijer (1987)
Metingen aan het vormzand en het vormzandtransportsysteem van een steenfabriek.
MT-TNO rapport 87-006.
- [11] Belt, R. van de, E. Buringh, e.a. (1987)
Integratie oplossingsgerichte onderzoek uit de eerste fase van het project stofbestrijding in baksteenbedrijven.
MT-TNO rapport R 87/303.
- [12] Nooijen, P.J.F., C. Bruijnes, R. Bosman (1988)
Bepaling van de gemiddelde deeltjesgrootte van en het gehalte aan respirabel kwarts in luchtstof m.b.v. een Bruker 113v FT-IR spectrometer.
MT-TNO rapport R 88/59.
- [13] Foster, R.D., R.F. Walker (1984)
Quantitative determination of crystalline silica in respirable-size dust samples by infrared spectrophotometry.
The Analyst (1984) 109; 1117-1127.
- [14] Pickard, K.J., R.F. Walker, N.G. West (1985)
A comparison of X-ray diffraction and infrared spectrophotometric methods for the analysis of α -Quartz in airborne dusts.
Ann. Occup. Hyg. (1985) 29/2; 149-167.
- [15] Gielen, J.W.J., C. Bruijnes (1989)
Bepaling van respirabel kwarts m.b.v. standaardadditie ter controle van eventuele matrixeffecten.
MT-TNO rapport TR 89/51.
- [16] Lehmann, E., R. Arndt, J. Auffarth, e.a. (1985)
Arbeitsplatzmessungen. Ein Leitfaden zur Planung und Beurteilung.
Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz.

- [17] Health and Safety Executive (1984)
Occupational Exposure limits, 1984.
Guidance Note EH40, HSMO London.

- [18] Wijck, J.H. van (1987)
Verslag van experimenten in het kader van het project "Stofbestrijding in de baksteen industrie" - onderzoeksfase 2A.
TCKI-rapport 664/HvW/mb de Steeg.

- [19] Vereniging de Nederlandse Baksteenindustrie (z.j.)
Van klei tot baksteen, de Steeg.

- [20] Velden, J.H. van der (1980)
Evaluatie van kleiafzettingen voor de grofkeramiek.
Klei, Glas en Keramiek 1/3; 10-17.

- [21] Buringh, E. (1987)
Enige berekeningen van concentraties en luchttemperatuur in de S-hal met het blokjesmodel.
MT-TNO rapport R 87/217 en R 87/280.

BIJLAGE A SAMENSTELLING BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Leden van de begeleidingscommissie van het project APV-regeling Baksteenindustrie (huidige samenstelling)

**Drs. F. Dijkstra
Arbeidsinspectie**

**J. Dekker
Industrie- en Voedingsbond CNV**

**J.B.M. ter Elst
Industriebond FNV**

**Mr. Ing. L.S. de Jonge
KNB**

**Ing. H.J. Maat
Directoraat Generaal van de Arbeid**

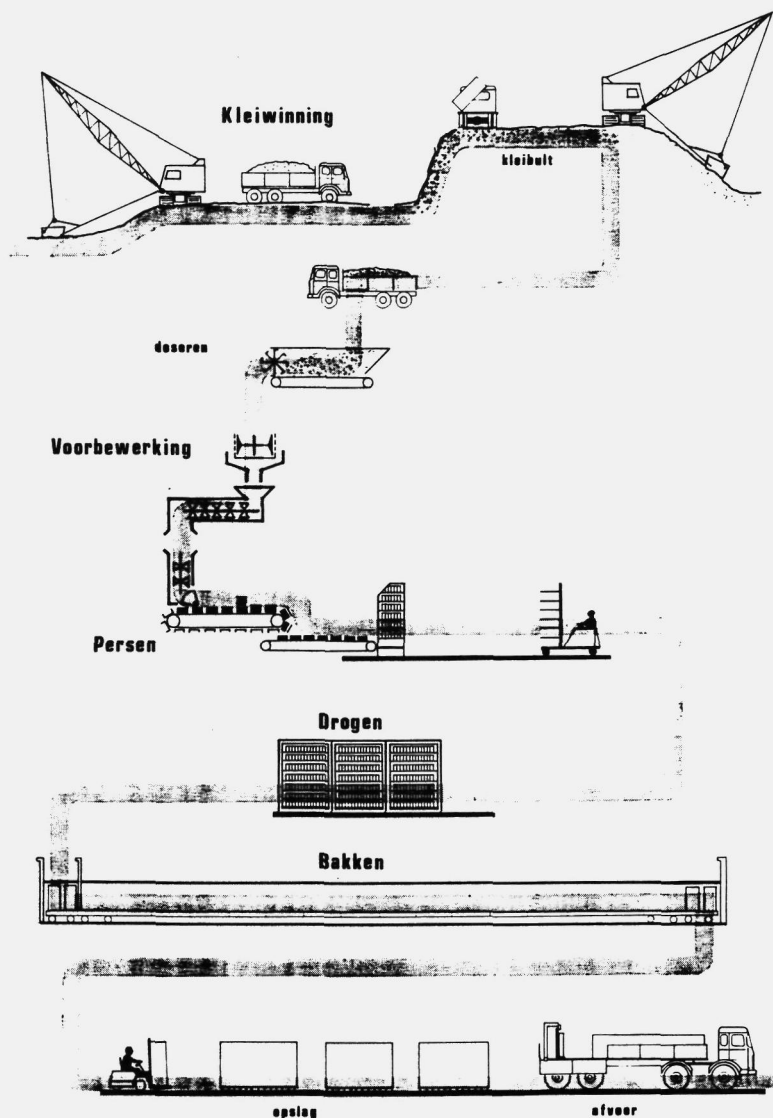
**Mr. G.J.A. Sigmond
KNB**

**Ir. J.C. Keller
KNB**

BIJLAGE B BEKNOPT BESCHRIJVING VAN DE FABRICAGE VAN BAKSTENEN IN NEDERLAND

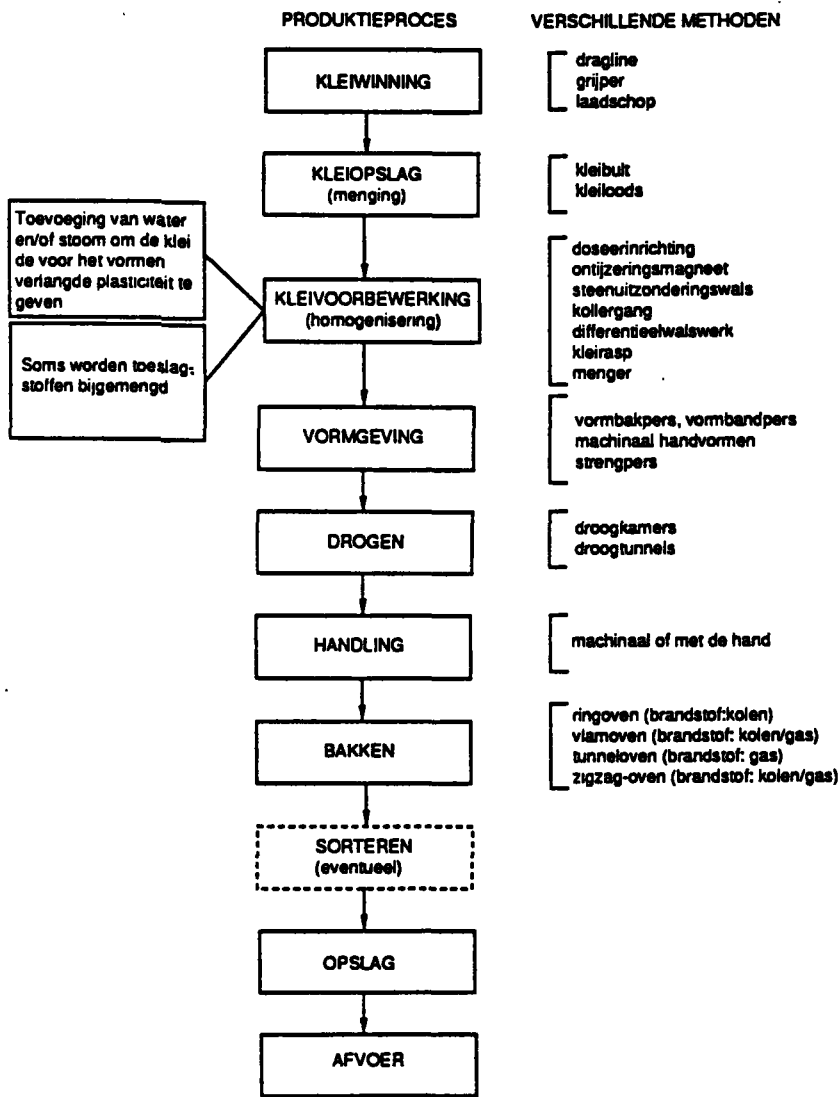
B.1 Produktieproces algemeen

In het onderstaande schema (figuur B-1), staat het productieproces weergegeven zoals dat in het algemeen wordt toegepast. De verschillen in eindproduct en de gebruikte grondstoffen leiden ertoe dat er op vele manieren in de praktijk invulling gegeven wordt aan dit schema. In figuur B-2 is de procesgang geïllustreerd.



Figuur B-1 Schema van de fabricage van bakstenen in Nederland.

Het grootste deel van de procesbeschrijving is ontleend aan het door de vereniging de Nederlandse Baksteenindustrie uitgegeven boekje: "Van klei tot baksteen" [19].



Figuur B-2 *Schema van de verschillende bewerkingen.*

B.2 Grondstoffen

Kleimassa

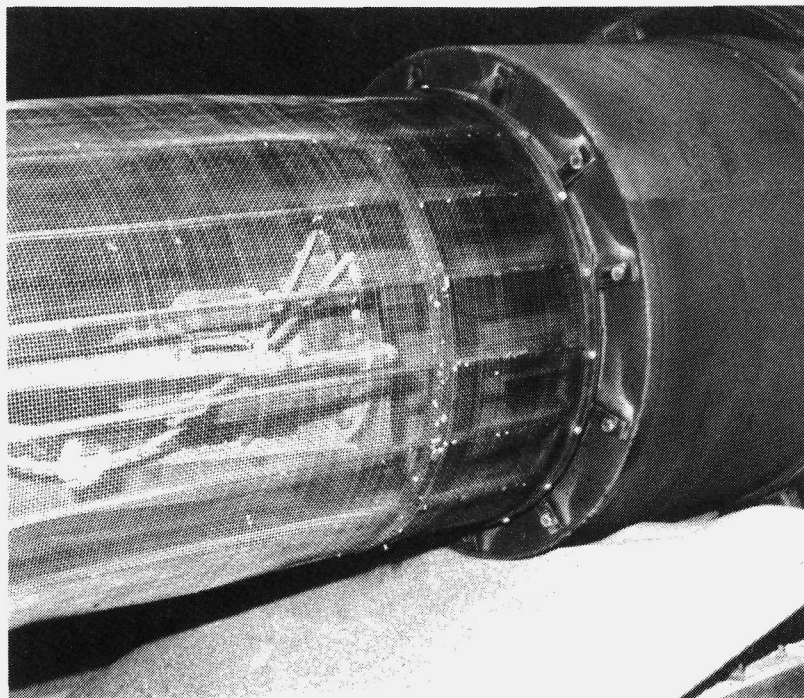
De samenstelling van de in Nederland voorkomende kleisoorten is zeer divers [20].

Van groot belang voor de toepassing van klei is het gehalte aan deeltjes kleiner dan een tiental micrometers. Volgens Van der Velden [20] bevat het grootste deel van de Nederlandse klei (gewoonlijk meer dan 90%) deeltjes met een diameter kleiner dan 20 micrometer. Ongeveer tweederde van de klei bevat zelfs deeltjes met een diameter kleiner dan 2 micrometer. Voor het gebruik in de vormbak- of vormbandpers is het noodzakelijk dat de gewichtsfractie kleideeltjes met een diameter kleiner dan 10 micrometer tussen 25% en 45% ligt. Bij een strengpers dient deze fractie tussen 36% en 60% uit te maken van de totale kleimassa.

Zand

De ideale vormmassa ontstaat door menging van verschillende kleisoorten. Vaak dient men daar ook nog extra verschralingsmiddelen bij te mengen. Hiervoor wordt zand gebruikt. Dit is een vulstof die zorgt dat de droog- en bakrimp binnen de aanvaarde grenzen blijft.

Ook voor het lossen van de vormelingen uit de vormen wordt zand gebruikt. In het algemeen wordt dit zand eerst gebrand in roterende trommeldrogers met een open gasvlam. Dit "branden" is noodzakelijk om het humus te verwijderen en de vochtopname van het zand te verbeteren. Via transportbanden of een pneumatisch buizensysteem wordt het zand naar de pers getransporteerd.



Figuur B-3 Zanddroger.

Toeslagstoffen

Afhankelijk van de gewenste kleur van de te bakken stenen gebruikt men verschillende toeslagstoffen. Geoxydeerde ijzerverbindingen geven aan rode kleur na het bakken. Door toevoegen van kalk of mergel gaan roodbakkende kleien via allerlei tussentinten van bruin en grijs over naar geel. Gebruik van mangaandioxyde levert donkere stenen op.

B.3 Kleivoorbewerking

a. Proces*

Het doel van de voorbewerking is de kleimassa door kneden en mengen te maken tot een homogene plastische grondstof voor het vormen. Homogeen betekent dat de klei zo gelijkmatig mogelijke eigenschappen verkrijgt opdat straks het eindprodukt van een constante kwaliteit kan worden. Met plastisch bedoelen we dat de massa juist goed vervormbaar moet zijn opdat dichte kantige stenen kunnen worden gemaakt.

De uit de opslag aangevoerde klei wordt eerst met behulp van transportbanden of vrachtauto's naar de toevoerkast gebracht. We noemen dit ook wel net als in Duitsland een Kastenbeschicker. Dit is een langwerpige bak met een breedte van ongeveer 1 meter en een lengte van 5 à 10 meter. De bodem wordt gevormd door een platentransporteur, die langzaam voortbeweegt. Aan het eind van de bak wordt de klei door een haspel van de band geschraapt. Deze toevoerbak vormt een buffervoorraad en is tegelijk een doseerinrichting, die zorgt voor een gelijkmatige aanvoer van het materiaal. Soms worden meer Kastenbeschickers toegepast of verdeelschotten in de bak geplaatst. Men kan dan diverse kleisoorten mengen of toeslagstoffen bij de klei voegen.

Omdat bij de verdere bewerkingen de klei door steeds fijner afgestelde machines moet worden bewerkt, is het van het grootste belang dat stenen en metaaldelen uit de klei worden verwijderd. hiertoe gebruikt men waar nodig een steenuitwerper en een metaalzoeker.

Voor de verdere bewerking van de klei worden diverse machines gebruikt. Elke fabriek beschikt over enkele van die machines, waarbij het van de grondstof en de werkwijze in de fabriek afhangt welke machines men gebruikt.

In een kleirasp wordt de klei verder verkleind. In een ronde bak met zijwanden van zeefplaten drukken kneedarmen de klei door de zeef. Hierbij worden kluiten verder verkleind, opnieuw gemengd en gekneed, terwijl verontreinigingen zoals wortels van planten door de zeef worden tegengehouden.

Een soortgelijk apparaat is de *kollerwals*, bestaande uit twee holle walsen van zeefplaat. De klei wordt, waar de walsen elkaar bijna raken door de zeefplaten gedrukt.

De *differentiëelwals* werkt volgens een geheel ander principe. Twee zware walsen draaien met meestal ongelijke snelheid en persen de klei door een nauwe spleet. Ook daarbij wordt het materiaal gekneed en fijngegreven, terwijl kleine steentjes verbrijzeld worden.

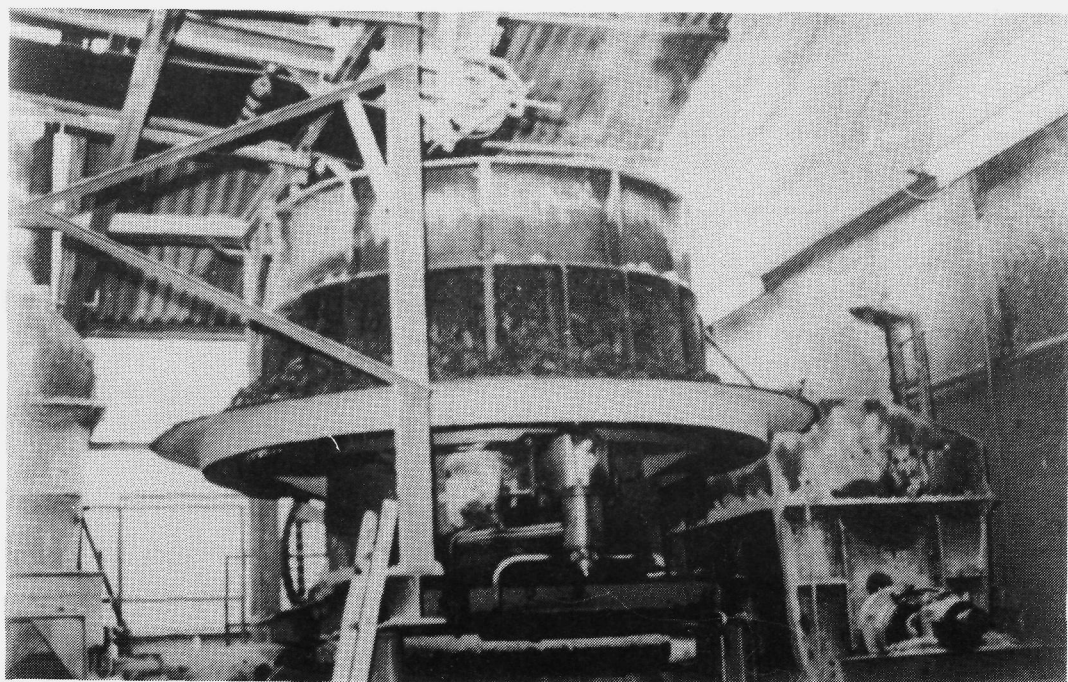
Een andere machine is de *kollergang*, die zowel droog als vrij nat materiaal kan verwerken. Twee zware walsen draaien daarbij rond over een zeefplaat. Doordat de walsen in een

* Ontleend aan: "Van klei tot baksteen" [19]

kleine cirkel draaien, slippen ze als het ware voortdurend. Daardoor wordt de klei over de zeefplaat gewreven en tegelijk door de zeef gedrukt.

Bij een *voormaler* of *menger* wordt de klei in een horizontale trog door kneedmessen langzaam getransporteerd en door verende uitdrijvers door een zeefplaat gedrukt. Tijdens de voorbereiding wordt vooral water en/of stoom aan de klei toegevoegd. Met de juiste hoeveelheid water krijgt de klei de gewenste plasticiteit, terwijl de stoom zorgt voor een verhoging van de temperatuur, die de klei betere plastische eigenschappen geeft en het drooggedrag verbetert.

Toeslagstoffen om de kleur van het produkt te beïnvloeden worden bij de voorbereiding nauwkeurig gedoseerd.



Figuur B-4 *Afdeling Kleivoorbereiding.*

b. Taken werknemers

De kleibereider of brugman houdt toezicht op het transport van klei uit de beschikker (dit is de eerste stap na aanvoer vanaf de kleiopslag) naar de kleivoorbewerkingsmachines. Soms doseert hij toeslagstoffen voor de kleur van de stenen of water en/of stoom voor de plasticiteit van de kleimassa. Vaak is de taak van kleibereider een neventaak.

B.4 Vormgeving

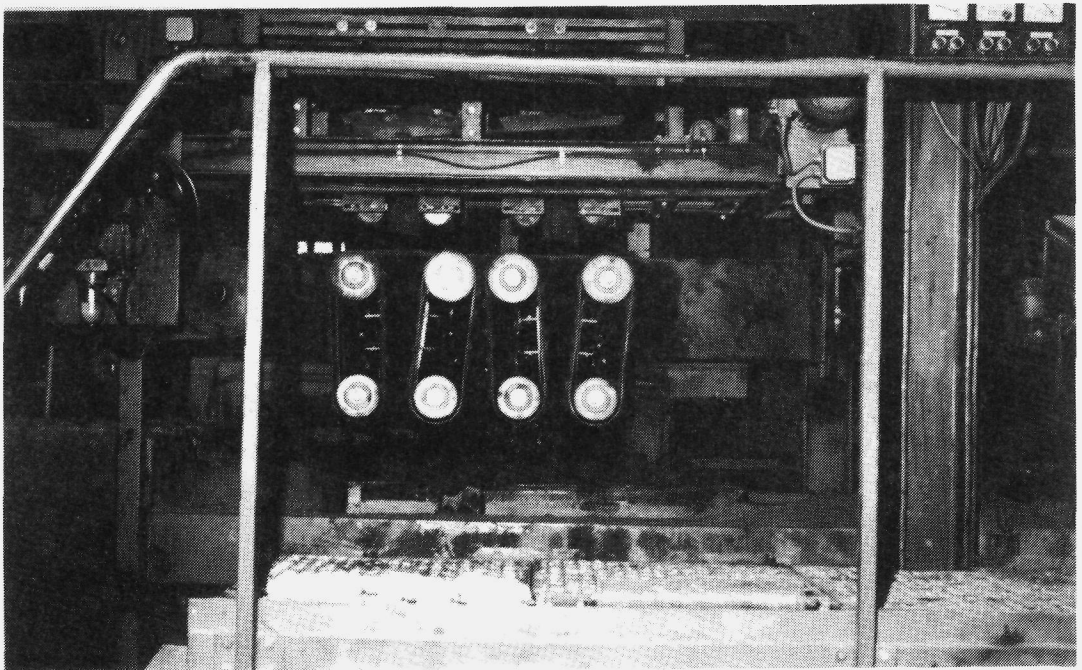
*a. Proces**

In Nederland kennen we drie methoden van vormen: het handvormen, de vormbakmethode en de strengpers. In andere landen wordt ook nog wel het droogpersen toegepast, waarbij een zeer dichte en harde steen ontstaat. De oudste methode is het handvormen.

Een houten bak met 6 of 7 vakken ter grootte van een steen wordt steeds opnieuw gebruikt. Men spoelt de bakken schoon en bestrooid ze met wat zand.

Hierdoor kleeft de klei niet aan de bak en kan straks gemakkelijker "opgelost" worden. De handvormer rolt nu een bal klei door zand of zaagsel en werpt die met kracht in één van de vakken. Dit herhaalt men tot de bak vol is. Dan wordt de overtollige klei met een draad afgesneden en verwijderd. Vervolgens wordt de bak op de kop op een plank gelegd en de vormelingen vallen uit de bak op de drager, waarop ze verder worden vervoerd.

Tegenwoordig is dit handvormen min of meer gemechaniseerd. Zo kan een machine de vormer kant en klare kleiballen van de juiste grootte aangeven, waardoor deze alleen nog de bal in de vormen hoeft te werpen, maar ook kan het werpen zelf mechanisch geschieden. We spreken dan van machinale handvormsteen.



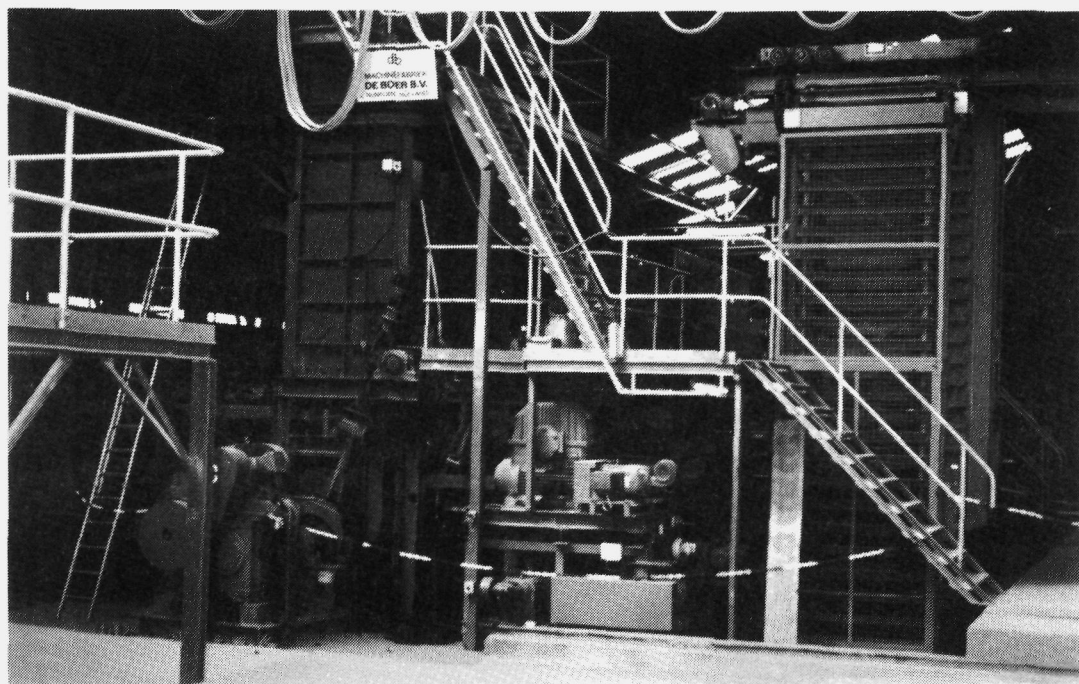
Figuur B-5 Persmachine voor machinale handvormsteen.

* Ontleend aan: "Van klei tot baksteen" [19]

In alle gevallen ontstaat een duidelijk herkenbare handvormsteen met een bezanding op vijf van de zes vlakken en een ruw soms grillig generfd oppervlak. Bij de vormbakmethode wordt de klei niet meer in de vorm geworpen, maar er onder enige druk door een machine ingeperst. De grootste op dit moment in gebruik zijnde persen vullen gelijktijdig een 21-tal vormen in één bak in een tempo van 30 slagen per minuut. Elke minuut produceren ze dus 630 vormelingen.

Verder doet de machine eigenlijk hetzelfde als de handvormer. De overtollige klei wordt afgestreken, een drager op de bak gelegd, de bak met drager wordt omgekeerd en de bak gaat terug naar de machine terwijl de vormelingen op de drager worden afgevoerd.

De machines werken vaak met losse bakken, maar ook zijn er machines, waarbij de bakken op een band zijn bevestigd. Met de band lopen de vormen dan steeds terug naar de pers. Dit laatste type noemen we dan ook een vormbandpers.



Figuur B-6 Een vormbandpers.

Een geheel andere methode is het strengpersprocedé. In de meeste landen kent men alleen dit strengpersprocedé omdat de daar beschikbare kleien minder geschikt zijn voor de vormbakmethode. De pers werkt eigenlijk net als een gehaktmolen. De klei wordt door een schroef naar de mond gedrukt en passeert daar een rechthoekige opening ter grootte van het grondvlak van de te maken steen. uit de pers komt dan een eindloze streng van de gewenste afmeting die wordt opgevangen op een rollenbaan en gladde stalen platen. Een snijma-

chine, die heel nauwkeurig is afgesteld op de snelheid van de streng, snijdt nu plakken ter dikte van een steen van de streng. Die plakken worden weer automatisch op dragers geplaatst en als vormelingen verder vervoerd.

Door in het mondstuk een aantal doorns te plaatsen kan men er voor zorgen dat de streng van openingen wordt voorzien waardoor bij het afsnijden de geperforeerde stenen ontstaan. Bij een strengpers is het vrij gemakkelijk andere formaten te maken. Een ander mondstuk geeft een ander formaat steen, terwijl men door op grotere afstand te snijden dikkere stenen kan maken.

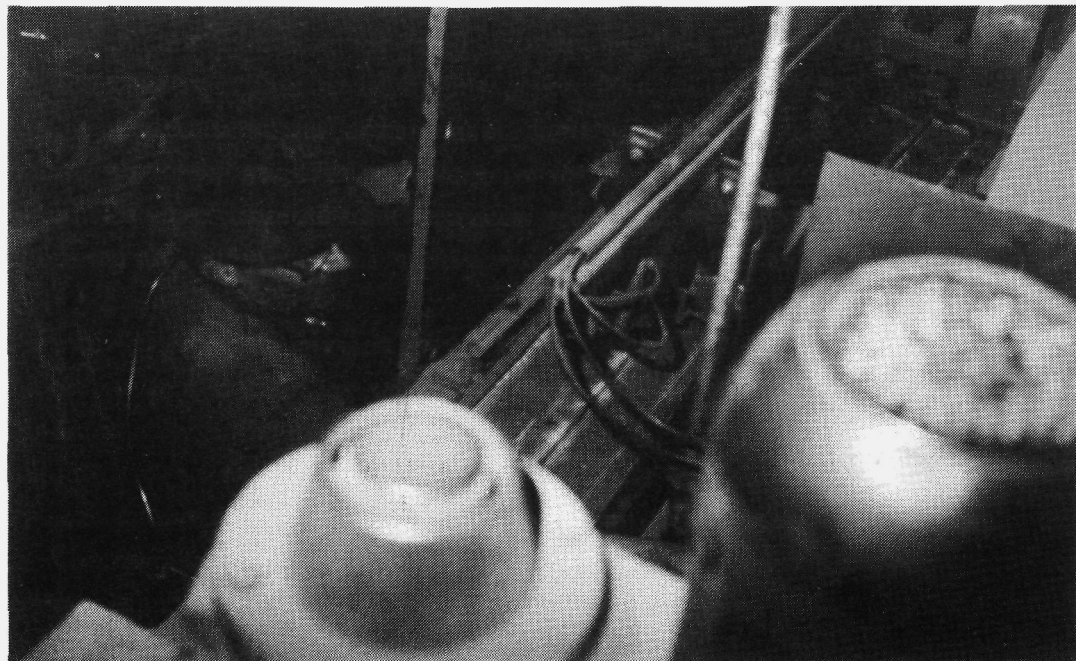
Een strengpers werkt met een wat stijvere massa en geeft als regel dan ook een wat dichtere steen. Om tot een nog dichtere steen te komen wordt de pers voorzien van een vacuüm-kamer. Omdat in de voorbereekte klei altijd wat lucht wordt ingesloten, wordt de klei fijn verdeeld in die kamer gebracht, waardoor het vacuüm de lucht wordt weggezogen. De massa is dan goed ontlucht voordat ze door het mondstuk wordt geperst.

Een strengperssteen is altijd goed herkenbaar aan zijn scherpkantige vorm. Omdat men er geen vormzand bij nodig heeft is, een strengperssteen onbezand. Toch wordt ook bij strengperssteen wel wat zand op de zichtkanten aangebracht omdat architecten een bezand oppervlak wensen.

Ook kan men de streng met behulp van kleine walsjes van een ingeperst patroon voorzien, waardoor de steen een minder strak uiterlijk krijgt.

b. Taken werknemers

De persmachinemachinist bedient de pers. Hij vervult daar de nodige controlerende taken. Hij moet er bijvoorbeeld voor zorgen dat er voldoende klei in de pers aanwezig is, dat de bezanding goed verloopt dat er voldoende droogplaten zijn. Hij let op het afschuiven en het transport in de droge en natte stenenlift. Bij het verhelpen van storingen moet hij zich vaak tussen de persmachine of stenenlift begeven.



Figuur B-7 Persmachinemachinist verhelpt een storing.

B.5 Drogen

*a. Proces**

Zouden we de nog vrij natte vormeling direct gaan bakken, dan zou het aanwezige water in stoom overgaan en de steen opblazen, die dan prompt uit elkaar zou vallen. Voordat de steen gebakken kan worden moet dan ook eerst het water vrijwel geheel verwijderd worden.

Nu hebben we gezien, dat klei niet alleen vochtig uit de opslag wordt aangevoerd, maar dat ook nog water is toegevoegd bij de voorbereiding (....).

Omdat de fabrieken tegenwoordig continu in bedrijf zijn, worden de stenen niet meer buiten gedroogd maar in speciale droogkamers.

De vormelingen worden na het vormen op dragers geplaatst. Deze dragers - planken, stalen platen of latten - worden met speciale fingerwagens vervoerd naar de drogerij. Daar plaatst men de dragers met vormelingen in stellingen, zodat ruimschoots lucht rond de natte stenen

* Ontleend aan: "Van klei tot baksteen" [19]

kan stromen. In die ruimte voert men dan warme lucht, waardoor het water uit de stenen vrij snel kan verdampen.

Omdat de droging sneller verloopt, wanneer we er voor zorgen dat de lucht in de drogerij in beweging blijft wordt door ventilatoren gezorgd voor een goede circulatie van de lucht. De benodigde warmte verkrijgen we voor een deel uit overtollige warmte van de oven en verder, indien nodig, door bijverwarming van de drogerij.

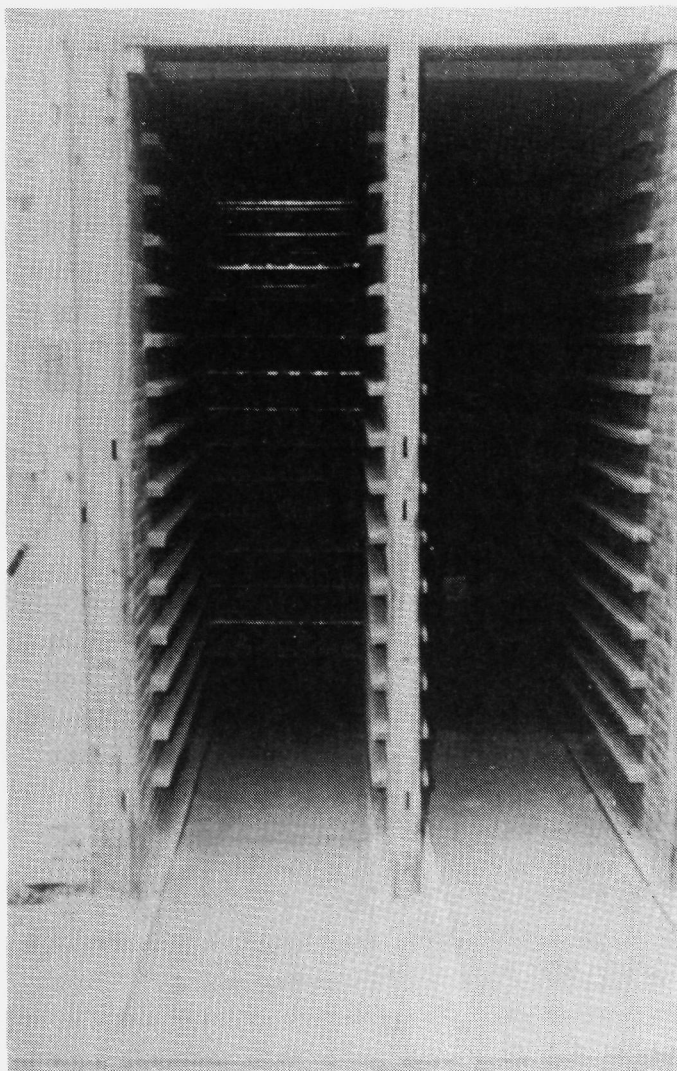
De warmte van de oven kan worden gebruikt voor de drogerij. Soms kan men gebruik maken van een warmtewisselaar, waarin de schoorsteengassen gebruikt worden om verse buitenlucht op te warmen.

Belangrijk bij het drogen is dat het in het juiste tempo gebeurt. De droging wordt dan ook voortdurend gecontroleerd.

In principe kennen we drie droogmethoden:

- *Tunneldrogers*. De natte vormelingen worden op wagens door een tunnel gevoerd. Tegen de rijrichting in wordt warme droge lucht door de tunnel geblazen. De meest gedroogde stenen worden dus gedroogd door warme droge lucht, terwijl de natte vormelingen in aanraking komen met reeds wat afgekoelde vochtiger lucht.
- *De ruimtedrogers*, die worden gevuld en leeggehaald terwijl het droogproces onderhand doorgaat. Verrijdbare ventilatoren zorgen ervoor, dat op verschillende plaatsen de droging wordt gestimuleerd. Een voorbeeld van dit type is de Bijlandt-droger. De ventilator zorgt, dat warme droge lucht eerst over de halfgedroogde stenen wordt gevoerd en daar iets afkoelt en water opneemt. Dan gaat die vochtige lucht pas over de natte scheurgevoelige stenen. Zijn die laatste halfdroog en de eerste geheel vervangen door verse natte vormelingen dan wordt de draairichting van de ventilator omgedraaid.
- *De kamerdrogers*, waarbij een aantal kamers opvolgend gevuld worden en per kamer de droging wordt geregeld. Is een kamer voldoende gedroogd, dan kunnen de droge, zogenaamd "groene stenen" er uit worden gehaald om te worden gebakken.

De vormelingen met watergehaltes tussen 25% en 35% worden over het algemeen in één à twee dagen gedroogd bij een temperatuur tussen 40°C en 90°C. De gedroogde vormelingen hebben meestal een restvochtgehalte tussen 4% en 10%. Ze zijn dan voldoende hard om getransporteerd en gezet te worden.



Figuur B-8 Kamerdrogerij.

Het is wel duidelijk, dat er bij het drogen rekening moet worden gehouden met de aard van het produkt. Een fabriek, die een aantal verschillende typen stenen maakt heeft een strak schema nodig om te zorgen dat met de beschikbare drogerij elk type op het goede moment de juiste droging krijgt.

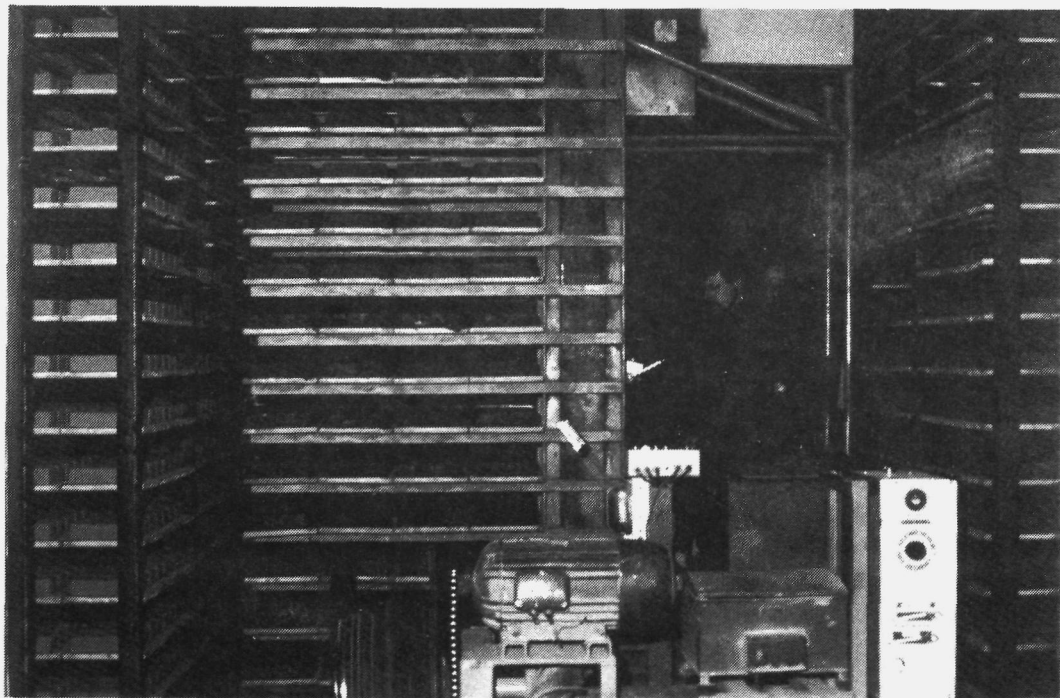
b. Taken werknemers

De traverse machinist zorgt voor de aan- en afvoer van gedroogde vormelingen met een traversewagen of vingerwagen.

Bij het "natte" verzamelrek neemt hij met behulp van de vingerwagen een lading platen met vormelingen uit de lift en rijdt deze via een vast traject op rails naar de droogkamer.

Met de lading rijdt hij de kamer in. De platen worden daar op speciale richels of stellingen geplaatst. Vervolgens verlaat hij de kamer en rijdt een andere kamer met reeds gedroogde vormelingen binnen en laadt de gedroogde vormelingen op. Daarna rijdt hij het traject terug. De lading met gedroogde vormelingen wordt bij de pers in het "droge" verzamelrek gezet.

Er bestaan ook volautomatische drogerijen, waarbij een transportsysteem voor de aan- en afvoer van vormelingen zorgt.



Figuur B-9 Bestuurder van de vingerwagen.

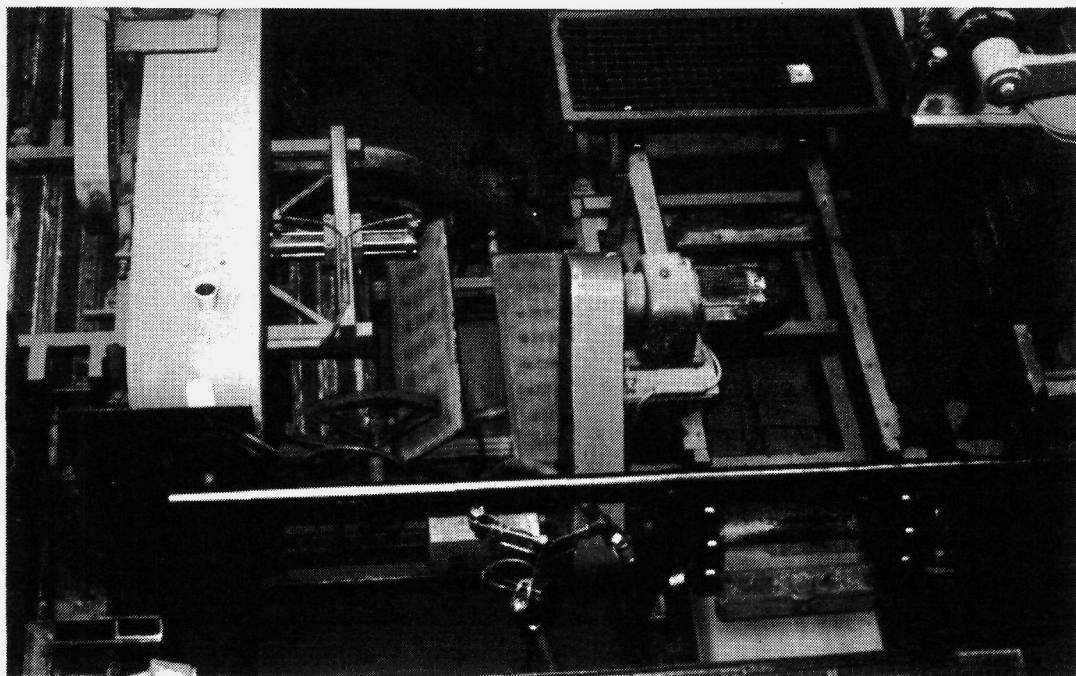
B.6 Handling

*a. Proces**

Het "droge" verzamelrek werkt precies tegengesteld aan het "natte" verzamelrek en plaatst de platen in de droge stenenlift. Een ketting met vingers ontlad telkens de onderste liftplaats en neemt de platen met stenen mee naar de afschuiver, waar de stenen van de platen geschoven worden. Vervolgens worden de gedroogde vormelingen via een transport-, ketting- of cassetteband naar de *zetmachine* getransporteerd. Meestal worden de stenen tij-

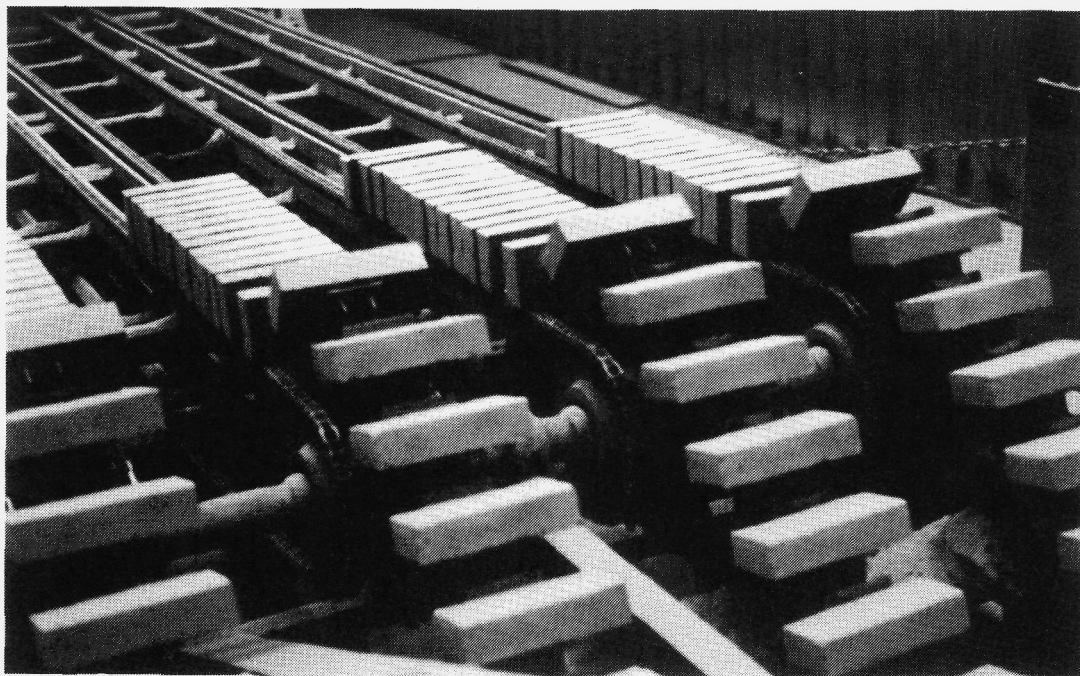
* Ontleend aan: "Van klei tot baksteen" [19]

dens dit transport opgesneden (gekanteld). Met behulp van de zetmachine worden de gedroogde vormelingen gegroepeerd en veelal gestapeld. De stapeling van de pakketten is zodanig dat men een optimale vulling van de ovens en van de plateauwagens kan verkrijgen, tegelijkertijd is met de stapeling ook al rekening gehouden met de latere opslag op het tasveld.

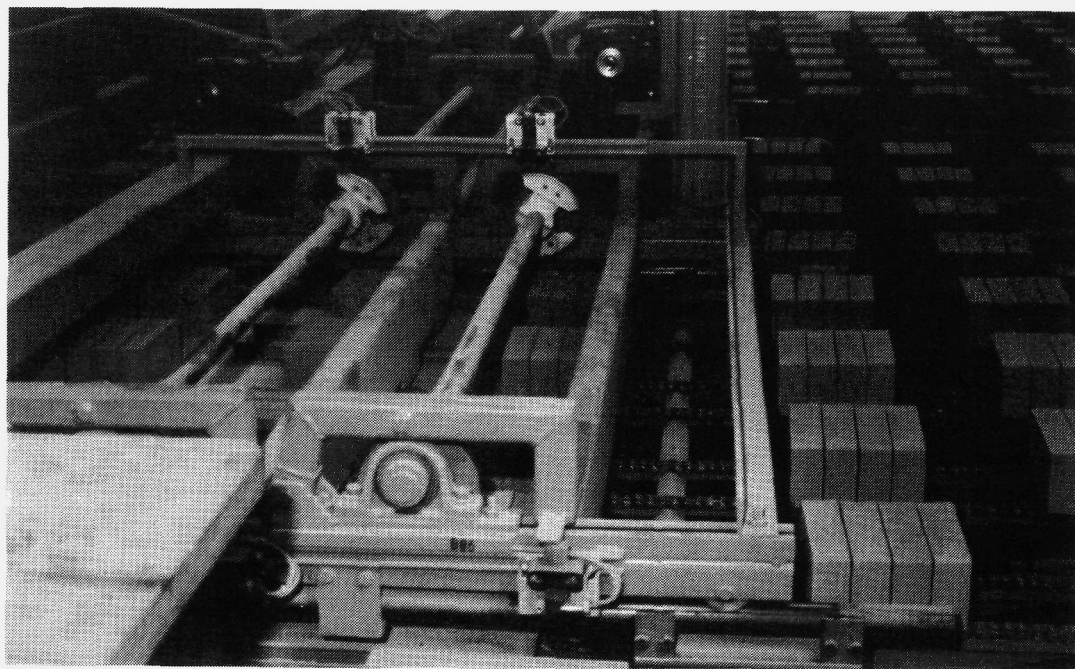


Figuur B-10

Afschuiver en platenwentelaar.



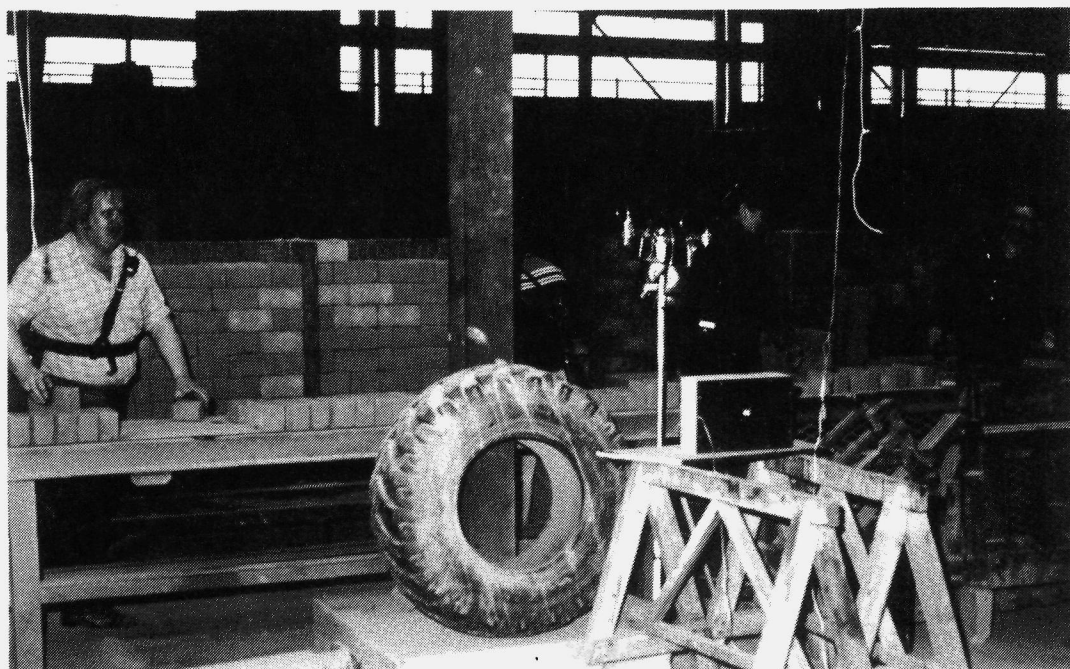
Figuur B-11 *Het opsniijpunt.*



Figuur B-12 *Machinaal zetten.*

Taken werknemers

Indien nodig verwijdt de zetmachinist gebarsten, gebroken, natte en onregelmatig gevormde stenen. verder houdt hij toezicht op het zetproces. In sommige fabrieken wordt met de hand gezet. Veelal gaat het hierbij om de enigszins onregelmatig gevormde (machinale) handvormsteen. De laders nemen de gedroogde vormelingen van een lopende band en vormen een pakket in speciale wagens of op een deel van een carroussel. Doordat de laders onderling regelmatig van plaats wisselen langs de zetband worden tijdens een werkdag veelal enige periodes van "rust" gecreëerd.



Figuur B-13 Handmatig zetten.

B.7 Bakken

*a. Proces**

De gedroogde steen is al behoorlijk stevig, maar door het bakken moet hij nog een echte baksteen worden. Ook krijgt de steen bij het bakken zijn karakteristieke kleur. Alle gedroogde stenen zijn nog grauwgrijs of geelachtig.

* Ontleend aan: "Van klei tot baksteen" [19]

Dat bakken gebeurt bij een temperatuur van 950 tot 1200°C afhankelijk van de soort klei en het gewenste produkt. Het ligt voor de hand, dat een steen vrij langzaam moet worden opgewarmd en afgekoeld om te voorkomen dat de buitenkant veel warmer wordt dan de kern. De steen zou bij een te snelle opwarming of afkoeling onherroepelijk scheuren gaan vertonen. Zoals er voor iedere steen een optimaal droogregime is, bestaat er ook voor iedere steen een optimale bak-kromme. We bedoelen daarmee een grafiek, die aangeeft wat het ideale temperatuurverloop is om in de loop van een aantal dagen een gaaf produkt te verkrijgen.

Tijdens het bakken vinden ingewikkelde chemische processen plaats, waarbij nieuwe keramische verbindingen ontstaan, die de steen zijn sterkte geven. In de Nederlandse baksteen-industrie zijn bijna alleen nog continu ovens in gebruik.

Bij continu ovens blijft het vuur altijd branden. In hoofdzaak zijn er twee mogelijkheden: we rijden de stenen door het vuur of we laten het vuur steeds rondlopen over de stilstaande stenen.

Dat laatste doen we bij de ringoven. Deze heet ook wel Hoffmann-oven naar de ontwerper, die er in 1858 octrooi op verkreeg.

De ringoven bestaat uit een rondlopende gang, waarin het vuur voortdurend langzaam rondloopt, door de brandstoftoevoer steeds te verplaatsen. Tegenover het vuur worden gebakken stenen via een poort uitgereden en gedroogde stenen ingezet.

Om er voor te zorgen dat de verbrandingslucht via het vuur door de schoorsteen wordt aanzogen, brengt men aan de ene kant van de kamer een papierscherm aan, waardoor de lucht niet de verkeerde kant op kan gaan. Op den duur verbrand dit scherm.

De hete ovengassen worden met een overmaat lucht van het vuur over de nog niet gebakken stenen geleid, die daardoor langzaam worden opgewarmd en wel tot steeds hogere temperaturen naarmate het vuur dichterbij komt. Achter het vuur koelen de stenen langzaam af doordat koude buitenlucht aan die kant wordt aangezogen. Het ligt voor de hand, dat in zo'n ringoven een veel efficiënter gebruik van de warmte wordt gemaakt dan bij een periodieke oven. De warmte van de afkoelende gebakken stenen wordt immers gebruikt om de verse verbrandingslucht voor te warmen.

Wanneer we een ringoven inkorten door hem als het ware zigzaggend op te vouwen, dan ontstaat de zig-zag oven. Net als bij de ringoven beweegt de luchtstroom zich daarbij in de lengterichting van de inzet.

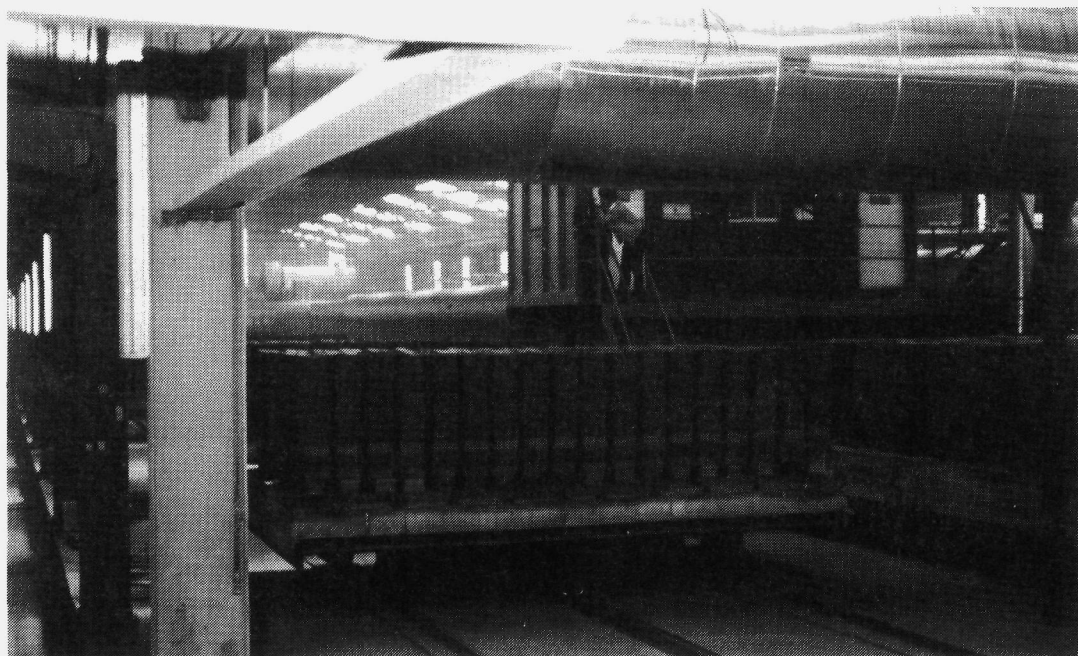
De in Nederland veel voorkomende vlamoven maakt gebruik van hetzelfde principe, dus een rondwandeland vuur, dat successievelijk alle kamers passeert terwijl nieuwe stenen geleidelijk worden opgewarmd en gebakken stenen afkoelen en hun warmte afstaan aan verse lucht voor de verbranding. Het verschil met de zig-zag oven is dat hierbij de lucht-

stroom dwars op het pakket loopt. Steeds wordt die stroom onder uit een kamer naar de volgende gevoerd. De inzet, de stenen dus, staat tegen de zijde waar de gassen de kamer verlaten. Vroeger stond aan de inkomende kant een vlammuurtje. Brandstof werd in die ruimte ingebracht en het muurtje voorkwam, dat de voetstenen aan die kant te warm werden en zouden smelten. Tegenwoordig, nu we met gas stoken is dat muurtje overbodig geworden. Omdat het vuur steeds onderaan de kamer binnenkomt en verlaat en in de kamer over het pakket wordt geleid noemen we de vlamoven ook wel "kamerringoven met overslaande vlam".

Het type oven, waarbij we de stenen door het vuur rijden heet tunneloven. In de baksteen-industrie zijn dit echte tunnels van wel honderd meter lengte en een breedte tot een meter of 8. De hoogte is omstreeks 2 meter.

Midden in de tunnel brandt het vuur. De verse lucht komt aan de ene kant binnen en rookgassen worden aan de andere kant afgevoerd. De stenen worden op wagens, voorzien van een dek van vuurvaste stenen aan de schoorsteen zijde binnengereden en periodiek een eindje verschoven. De wagens vormen een aaneengesloten dek, waardoor voorkomen wordt, dat de hete gassen het stalen onderstel te sterk verhitten. Zo komen ze steeds dichterbij het vuur en worden steeds verder verwarmd door hete gassen. Na het passeren van het vuur koelen ze af en geven hun warmte door aan de verse verbrandingslucht. In principe kan met deze ovens efficiënt gestookt worden omdat de oven zelf niet steeds hoeft af te koelen, zoals bij de ringovens het geval was.

Bij de bouw van een nieuwe oven zal bijna altijd gekozen worden voor een tunneloven. Het ligt voor de hand, dat vooral de procesbeheersing bij een tunneloven het eenvoudigst is. Het vuur bevindt zich steeds op dezelfde plaats en door de luchtstroom te regelen en de snelheid van de wagens aan te passen heeft men het proces goed in de hand.



Figuur B-14 *Tunnelovenwagen.*

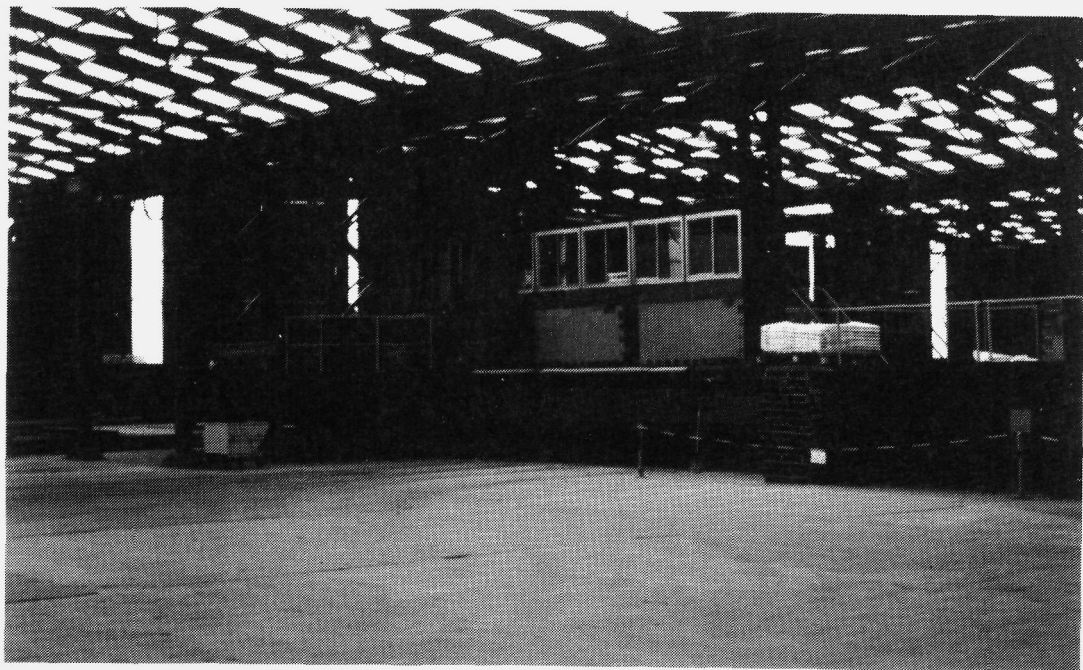
Taken werknemers

De *heftruckchauffeur* rijdt de gezette pakketten van de zetmachine of zetband naar de ovens. Hij rijdt met de heftruck de oven binnen en zet het pakket op aanwijzingen van de "richter" of ovenist neer.

Het vullen van de ovens het leeghalen van de ovens geschiedt meestal door meerdere heftruckchauffeurs.

De "richter" of ovenist draagt zorg voor een optimale vulling van de oven. Hij geeft aanwijzingen aan de heftruckchauffeurs en verlegt de metalen rijplaten. Dit laatst is vaak nodig omdat de vloer van de oven niet gehaal vlak is. Verder egaliseert hij - indien nodig - de vloer van de oven om te voorkomen dat stapels stenen scheefzakken.

Bij tunnelovens rijdt een heftruckchauffeur de gestapelde pakketten van de zetmachine of zetband naar de tunnelovenwagen, meestal vindt dit transport met een kraan plaats. Bij het leeghalen van de tunnelovenwagens rijden heftruckchauffeurs de pakketten naar het tasveld.



Figuur B-15

Ontlaadstation in een tunnelovenbedrijf.

B.8 Sorteren

b. Taken werknemers

Na het bakken van stenen zijn er bedrijven die de produktie op kleur en kwaliteit sorteren. Binnen elke ovenlading worden verschillen in kwaliteit en kleuren aangetroffen. Deze verschillen hangen samen met de samenstelling van de kleimassa, de baktijd en oventemperatuur en de plaats van de stenen in de oveninzet. Veelal zijn enige personen bezig met sorteren. Per dag worden per persoon ongeveer 20.000 stenen gesorteerd. Per persoon wordt 34 ton per dag omgezet!

B.9 Opslag

Op het tasveld worden de verschillende kwaliteiten en kleuren stenen in pakketten opgeslagen. In het algemeen zijn dit uitgestrekte terreinen, waar men met gemak enige miljoenen stenen kwijt kan. Dergelijke buffervoorraden zijn heel gebruikelijk omdat het bakproces continu verloopt en bouwactiviteiten sterk seizoensgebonden plaatsvinden. Daarnaast wil

men ook kunnen beschikken over een ijzeren voorraad in een veelheid van sorteringen. Het transport van de bakstenen naar de bouw geschiedt met speciale vrachtwagens, die voorzien zijn van een hijsinrichting. Tegenwoordig worden deze vrachtwagens veelal beladen met een standaardpakket.

B.10 Andere werkzaamheden

De corveeër of putzer houdt de vloeren schoon rondom de persmachine, langs de transportbanen van gedroogde stenen en onder de zetmachine.

Hij verwijdt niet alleen stof en kleiresten, maar ook gebroken of gebarsten vormelingen. Daarnaast vervult hij vaak nog andere taken.



Figuur B-16 *Corveeër aan het werk.*

Klei en zand kunnen veel slijtage aan machines en stagnatie in het productieproces veroorzaken. Onderhoudsmonteurs en elektriciëns vervullen een belangrijke rol in het productieproces. Het is de taak van de onderhoudsmonteur om een opgetreden storing zo snel mogelijk te verhelpen. Grote onderhoudsbeurten vinden veelal na werktijd plaats. Door de steeds verder gaande automatisering in de baksteenindustrie gaan deze mensen een groter deel van de werknemers uitmaken.

BIJLAGE C OVERZICHT GETESTE TYPEN SPROEIERS

- Gratix Zezstaubungstechnik, Stuttgart (BRD)
(leverancier: firma Altraco in Oss.)

Sproeiertype	Watergebruik in liter per minuut	Water druk
N1-10	0,35	2 bar
N1-15	0,8	"
N1-25	1,6	"
N11-35	2,5	"

- Jato-Düsseldorf AG, Reubbühl (BRD)
(leverancier: firma Monarch in Diemen)

Sproeiertype	Watergebruik in liter per minuut	Water druk
VKA1-1,5	0,85	2 bar
VKA1-2,5	1,70	"
VKA11-3,5	2,55	"
VKA11-3,7	3,5	"

- Bete Fog Nozzle Inc., Greenfield USA
Mistjet Hollow Cone Nozzle 80-90°
(leverancier: firma Spraybest Europe B.V. in Zwanenburg)

Sproeiertype	Watergebruik in liter per minuut	Water druk
A37 t/m	0,03	3 bar
A1800	1,18	2 bar