

WERKING VAN VERTICALE VENTILATIEKANALEN BIJ NATUURLIJKE VENTILATIE IN HOOGBOUW EN MIDDELHOOGBOUW

Ing. H. Ph. L. den Ouden en Ing. W. F. de Gids

1. INLEIDING

De luchtverversing in woningen vindt tot op heden als regel plaats uitsluitend onder invloed van natuurlijke krachten. Deze krachten zijn de drukverschillen onder invloed van de wind over gevels en kanalen en de thermische trek onder invloed van temperatuurverschillen tussen 'binnen' en 'buiten'.

De hierdoor veroorzaakte ventilatie wordt aangeduid als natuurlijke ventilatie.

De onvermijdelijke variatie in grootte en richting van de drijvende krachten vindt zijn weerslag in de ventilatie.

Tot een bepaalde mate is de veroorzaakte onregelmatigheid in de luchttransporten te accepteren. Aanvaardbaar moet worden geacht dat alleen betrekkelijk uitzonderlijke meteorologische omstandigheden het binnenklimaat in zekere mate verstoren.

In de praktijk blijken echter soms ook bij minder exceptionele weersomstandigheden gerechtvaardigde klachten te bestaan over de werking van verticale ventilatiekanalen, zoals deze zijn voorgeschreven voor een aantal ruimten, t.w. keuken, toilet en badruimte.

Het zal duidelijk zijn dat daarbij ook verschillen zullen kunnen optreden in de werking van gecombineerde kanalen in de hoogbouw en de middelhoogbouw, ten gevolge van het verschil in lengte van de kanalen en van de gebouwhoogte. Tot de hoogbouw worden in deze voordracht woongebouwen gerekend waarin de vloer van de hoogste woonlaag op meer dan 13 m boven peil is gelegen.

2. DOEL

Het doel van het onderzoek was de werking van gecombineerde kanalen in de hoogbouw en de middelhoogbouw te vergelijken, en een indruk te krijgen tot welke bouwhoogte de werking van gecombineerde natuurlijke ventilatiekanalen voldoende geacht kan worden.

Is door één of andere oorzaak, zoals een ongunstige plaats van uitmonding of een relatief laag drukniveau in de woning, het resulterende drukverschil over het kanaal van richting veranderd, dan vindt terugslag plaats met als gevolg klachten over verspreiding van geuren in de woning. Er zijn indicaties dat dit verschijnsel zich vaker voordoet dan vele bewoners zich bewust zijn.

4. WERKING VAN GECOMBINEERDE KANALEN

De werking van een gecombineerd kanaal is in hoofdzaak dezelfde als bij een afzonderlijk kanaal.

Het gecombineerde ventilatiekanaal is opgebouwd uit een doorlopend hoofdkanaal, waarop per aangesloten ruimte een nevenkanaal uitmondt; alleen de hoogste verdieping heeft buitendaks een afzonderlijke uitmonding. Zie figuur 7b. Bij een gecombineerd kanaal is via het kanalenstelsel dus ook een onderlinge verbinding tussen de erop aangesloten woningen aanwezig. Door ongunstige combinaties van raamstanden is hierdoor transport van woning naar woning mogelijk.

Gevoelsmatig zijn de bezwaren van de bewoners tegen de gevolgen hiervan veel groter dan het geval is bij de terugslag van een enkelvoudig ventilatiekanaal.

5. AANLEIDING TOT HET ONDERZOEK

Uit vroeger oriënterend onderzoek was al een en ander bekend over de werking van dergelijke gecombineerde kanalen in de praktijk.

Zo was uit een langdurig onderzoek van het ventilatiepatroon op de hoogste verdieping van een woongebouw met vier woonlagen gevonden dat over langere tijd beschouwd een redelijke werking van de ventilatiekanalen kon worden geconstateerd.

Echter betrof dit in feite geen gecombineerd kanaal, omdat het de hoogste verdieping was met een afzonderlijke afvoer naar buiten.

In een nog niet bewoond gebouw met 12 woonlagen, waarbij op één hoofdkanaal 12 keukens waren aangesloten, bleek de afvoer via dit kanaal bij een windsnelheid van ca. 7 m/s beslist onvoldoende.

Hoewel in dit laatste onderzoek het optreden van terugslag herhaaldelijk kon worden geconstateerd bestond nog onvoldoende informatie tot welke bouwhoogte over langere tijd nog een redelijke werking was te verwachten. Om over grootte en richting van het transport meer informatie te kunnen krijgen was het nodig eerst daartoe geschikte meetapparatuur te ontwikkelen.

DATUM	TRANSPORT in m ³ /h										Meteorologische geg.			Opm
	door keukenkanaal										Wind-richting	Wind-snelheid	Temp.	
15-9-71	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	W	M/s	°C	
8 uur	77	182	38	72	15	26	-45	7	10	112	080	3.0	14.3	
10	68	53	64	68	114	1	121	71	-138	-70	090	5.0		
12	28	12	-5	33	4	-4	-99	18	209	-74	070	4.0	16.4	
14	48	100	14	52	10	-8	-98	21	92	257	080	3.5	15.1	
16	53	77	8	41	13	26	56	5	31	42	060	4.0		
18	69	65	13	75	15	14	-104	42	156	-59	050	4.0	11.6	
gem. overdag	57	82	22	57	29	9	-28	27	60	34	072	3.9	14.4	
20	71	47	32	62	14	28	41	6	57	139	040	2.5	7.9	
22	87	-139	42	73	16	38	74	5	34	164	040	1.5		
24	78	179	52	-43	18	36	52	9	17	81	Var.	0.5	6.0	
2	26	-102	35	87	19	62	35	13	10	158	070	1.0	4.5	
4	90	-11	30	101	21	57	21	11	11	52	040	0.5		
6	93	253	31	-10	20	63	21	9	8	55	080	0.5	4.0	
Nacht gem.	74	22	37	45	18	47	41	9	23	112	045	1.1	5.6	
24 ursa. gem.	66	52	29	51	23	28	6	18	41	73	058	2.5	10.0	

Fig. 5 Waarnemingsstaat, betrekking hebbend op een periode van 24 uur, waarop tevens enige meteorologische gegevens zijn vermeld

berekend drukverschil en het luchttransport werd bovendien op één dag een continue meting verricht. Dit betekende in dit geval dat op elke meetplaats om de 12 minuten het transport gedurende 1 minuut uit 3 waarnemingen werd bepaald.

De op de printstrook afgelezen drie waarnemingen per minuut werden op waarnemingsstaten gemiddeld. Hierop werden tevens de windsnelheid en de windrichting vermeld zoals deze door het KNMI voor het station Rotterdam werden gegeven. De gegevens over de buitentemperatuur betreffen het station Poortugaal. Figuur 5 toont een dergelijke waarnemingsstaat.

7. BEOORDELING EN TOETSING MEETWAARDEN

Bij de bestudering van de resultaten is van de volgende uitgangspunten uitgegaan:

- De grootte van het luchttransport is getoetst aan de in de genoemde ontwerpnorm NEN 1087 vastgelegde normwaarden:

keukens	75 m ³ /h
badruimten	50 m ³ /h
toilet	25 m ³ /h.

De metingen in de hoogbouwflat betreffen uitsluitend de ventilatiekanalen van de keukens. In de middelhoogbouw zijn de luchttransporten in de ventilatiekanalen van keukens, badruimten en toiletten gemeten van 4 boven elkaar gelegen woningen.

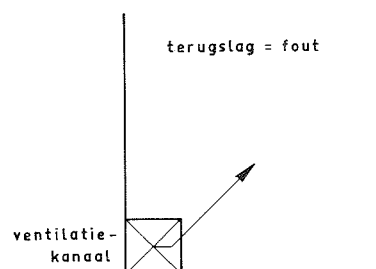
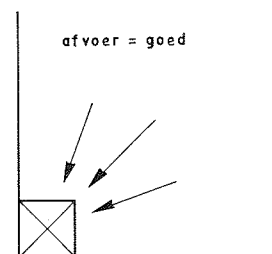


Fig. 6 Ventilatiekanalen dienen om lucht af te voeren. Transport in omgekeerde richting dient als een gebrek te worden beschouwd ('terugslag')

Inhoud keuken	17 m ³ (2,68 × 2,42 × 2,65 m)
Verwarming	Blok-CV
Ventilatiekanalen	één hoofdkanaal met 10 nevenkanalen (figuur 9)
Beweegbare ramen	één draairaam + één klapraampje

Meetperiode van 1971-09-07 tot 1971-11-05.

Door allerlei omstandigheden waren de resultaten van een aantal dagen niet bruikbaar, bv. als gevolg van storingen in de apparatuur, terwijl een grotere onderbreking van de metingen het gevolg was van wachten op gunstiger meetomstandigheden, t.w. hogere windsnelheden. In totaal werden de meetresultaten van ca. 25 dagen verwerkt, omvattende 600 uren. Het aantal verwerkte waarnemingen bedraagt daardoor ongeveer 9000.

Daar steeds het gemiddelde van 3 waarnemingen per minuut werd verwerkt zijn ca. 3000 gemiddelde waarnemingen verwerkt, die gedurende een zuivere meettijd van ca. 50 uur werden verzameld.

Middelhoogbouw

De middelhoogbouw betrof een portiekflat gelegen aan de Havikhorst te Rotterdam (figuur 10).

Aantal woonlagen 4 op onderbouw half onder het maaiveld

Bouwjaar 1953

Oriëntatie keuken aan de oostzijde

Omgevende bebouwing aan alle zijden omsloten door flats van ongeveer gelijke hoogte (3 en 4 woonlagen)

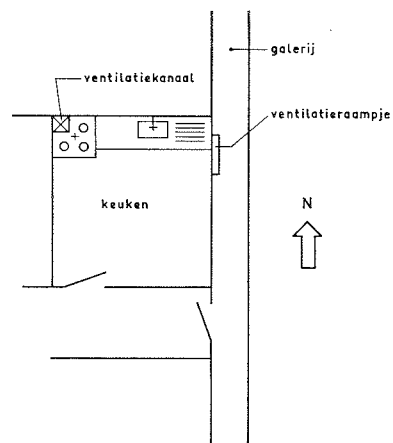


Fig. 9
De plaats van het ventilatiekanaal in de keuken (hoogbouw)

Fig. 8b
Het hoogbouwproject en de omgeving daarvan

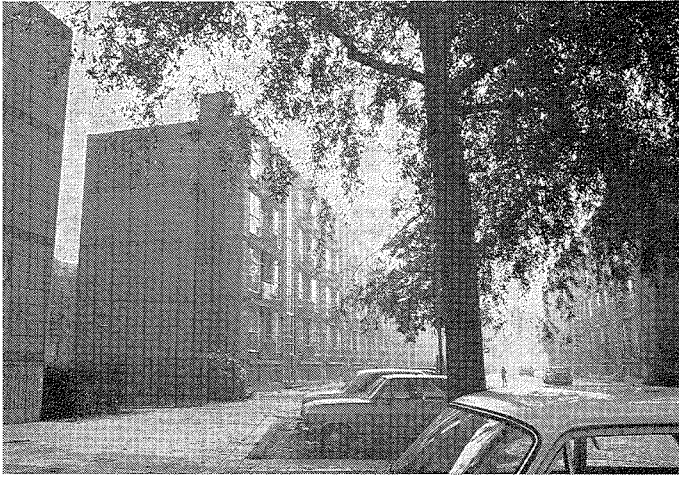


Fig. 10b
Het middelhoogbouwproject en de omgeving daarvan

9. RESULTATEN

9.1 Hoogbouw

De gemiddeld door de nevenkanalen afgevoerde hoeveelheid lucht varieerde voor de 10 keukens van 14 tot 60 m³/h, met een totaal gemiddelde van 33 m³/h. Figuur 12. De spreiding van de waarnemingen was zeer groot. Waarden van 100 m³/h werden in beide stromingsrichtingen (afvoer en terugslag) regelmatig overschreden.

De thermische trek is één van de drijvende krachten bij natuurlijke ventilatie. Naarmate het kanaal langer is neemt deze trek toe. Ook de wrijvingsverliezen nemen echter toe. Een verband tussen verdieping en luchttransport is uit de waarnemingen niet af te leiden. In elk nevenkanaal kwam terugstroming voor, dikwijls meer dan 100 m³/h. Gemiddeld stroomde gedurende 7% van de totale meettijd in de hoogbouw lucht naar binnen met een gemiddelde hoeveelheid van 56 m³/h. Dit betekent dat gemiddeld ca. 12 uur per week terugstroming optrad, met een variatie voor de verschillende verdiepingen van 4 tot 20 uur per week (figuur 13). Toetsing aan de nominaal in de norm genoemde ventilatiehoeveelheid van 75 m³/h voor keukens levert het volgende op.

Circa 90% van de waarnemingen lag beneden de voor keukens gewenste 75 m³/h. Accepteert men een spreiding van + en - 25% om de gewenste waarde, dus voor keukens van 57 tot 93 m³/h, dan blijkt slechts 10% van de waarnemingen in die band te liggen. Dit betekent dat per etmaal ongeveer 2¹/₂ uur aan de gestelde eisen werd voldaan.

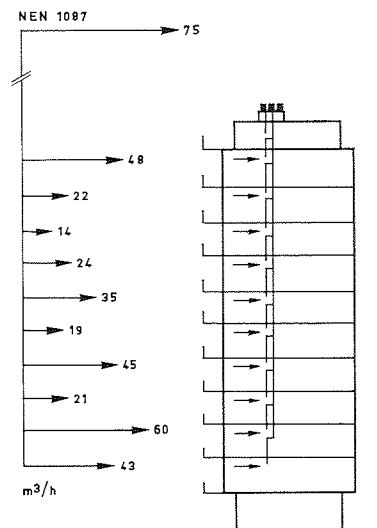


Fig. 12
De gemiddelde volumestroomsterkten bij afvoer in de keukens van de hoogbouw

De gedachtengang hierbij was dat ten aanzien van de windrichting onderscheid gemaakt kan worden tussen richtingen langs of vrijwel langs de gevel en richtingen loodrecht daarop.

In het eerste geval zou men theoretisch kunnen verwachten, dat daar de drukken op de beide langsgevels dan gelijk of nagenoeg gelijk zijn, een eventueel verband tussen transport en windsnelheid meer uitgesproken zal zijn dan bij windrichtingen die meer een botsing van de wind op één der langsgevels betekenen.

In dat laatste geval zou er weer een duidelijker verschil verwacht mogen worden tussen wind op de keukengevel en wind op de daar tegenover liggende gevel.

Geen dezer veronderstellingen blijkt te worden bevestigd in de beide figuren 14a en 14b, waarvan de eerste de waarnemingen betreft met windrichting langs de gevel $\pm 15^\circ$ en

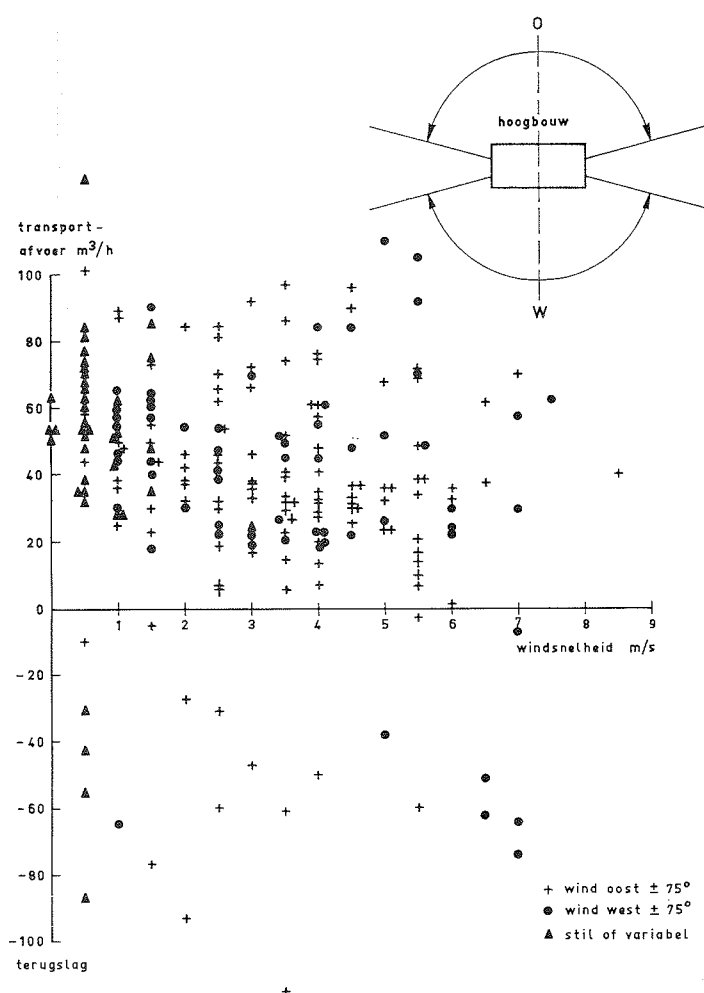


Fig. 14b
Het transport in het keukenkanaal op de 4e verdieping van de hoogbouw als functie van de windsnelheid voor de overige windrichtingen

10 mm bedraagt, dan is de gemiddelde snelheid in deze kier bij 50 m³/h luchtverplaatsing ca. 1,25 m/s. Een verband tussen luchttransport en verdieping kon ook in de middelhoogbouw niet worden aangetoond (figuur 17). Wel kon hier uit een serie continue metingen een relatie worden gevonden tussen het uit de meteorologische omstandigheden berekende drukverschil en het luchttransport. Zie aanvullende beschouwing in de Appendix op pagina 22.

10. ALGEMENE BESCHOUWING MEETRESULTATEN

10.1 Keuken

Deze ligt vrijwel altijd aan de gevel waarin dan volgens de Modelbouwverordening te openen ramen aanwezig moeten zijn. Het luchttransport door natuurlijke ventilatiekanalen van keukens is daardoor sterk afhankelijk van de oriëntatie en de windrichting. Met name de verschillen in de stand van de ramen van op één gecombineerd kanaal aangesloten keukens zullen aansprakelijk zijn voor de verschillen in luchttransporten van de nevenkanalen. Bij een geopend raam in één keuken is verder de variatie in het luchttransport bij variatie van windsnelheid en -richting veel sterker dan bij gesloten ramen.

Omdat voor een keuken in de ontwerpnorm een grotere ventilatiehoeveelheid is gesteld dan voor badruimte en toilet zou het ventilatiekanaal van de keuken bij natuurlijke ventilatie eigenlijk een grotere doorsnede moeten hebben, hetgeen niet in de Modelbouwverordening tot uitdrukking komt. Hierbij is afgezien van andere factoren, bv. dat bij toilet en badruimte een gesloten deur aanwezig is en deze ruimten in moderne woningen meestal geen beweegbaar raam bezitten.

10.2 Badruimte en toilet

De badruimte en het toilet van een woning kunnen aan de gevel liggen of inpandig zijn. De inpandige ligging is uit ventilatie-oogpunt vanwege de mindere afhankelijkheid van oriëntatie en windrichting te verkiezen. Indien de badruimte en/of het toilet aan de gevel ligt en van een ventilatieraampje is voorzien, betekent dit bij geopend raampje en wind op de gevel verspreiding van lucht uit deze ruimten naar de andere ruimten van de woning. Dit is ongewenst. Ook ten aanzien van het optreden van tocht is een ventilatieraampje in de badruimte of het toilet minder doelmatig.

De ventilatiekanalen van de keuken, de badruimte en het toilet hebben in het algemeen gelijke afmetingen. De luchttoevoer naar de badruimte en het toilet moet veelal één weerstand meer passeren dan die naar de keuken, nl. die van de deur van de badruimte of het toilet zelf (figuur 18).

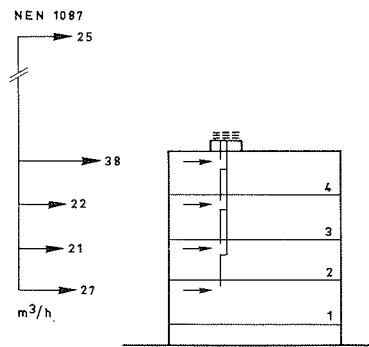


Fig. 17
De gemiddelde volumestroomsterkten bij afvoer in de toiletten van de middelhoogbouw

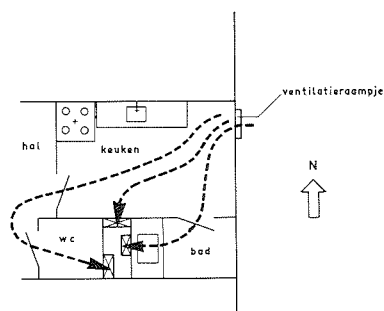


Fig. 18
De deuren van badruimte en toilet betekenen een extra weerstand voor de lucht afgevoerd via de daar aanwezige ventilatiekanalen

De afgevoerde luchthoeveelheden in de middelhoogbouw kon men in verband brengen met de klimatologische omstandigheden.

Bij de hoogbouw was dit niet mogelijk.

12. CONCLUSIES

- Gecombineerde ventilatiekanalen voldoen in de hoogbouw in nog mindere mate dan in de middelhoogbouw.
- In de middelhoogbouw treedt terugstroming nauwelijks op, in tegenstelling tot in de hoogbouw.
- De grootte van het luchttransport voldoet voor keukens in de hoogbouw in onvoldoende mate aan de eisen in de ontwerpnorm NEN 1087.
- Ook in de middelhoogbouw worden de in genoemde norm voor keukens geëiste transporten nog niet bereikt.
- De eisen in genoemde norm aan de ventilatie voor badruimten worden in de middelhoogbouw maar ten dele bereikt.
- Toiletten in de middelhoogbouw voldoen beter wat de afvoer van lucht betreft aan de eisen in NEN 1087. Soms is de afvoer echter te groot en bestaat kans op klachten over tocht.
Samenvattend kan worden gesteld
- Gecombineerde kanalen voor natuurlijke ventilatie voldoen in de middelhoogbouw maar matig, in de hoogbouw onvoldoende.

13. DANKWOORD

Dank moet worden gebracht voor de verleende medewerking bij het onderzoek aan

- de Stichting Tuinstad Zuidwijk te Rotterdam voor de toestemming tot het verrichten van metingen en het publiceren van de resultaten voor beide objecten,
- de Stichting Bouwresearch die, gezien het belang van de metingen, het onderzoek financieel mogelijk maakte, mede met het oog op het tot stand brengen van een norm voor de ventilatie van woningen,
- de bewoners, voor hun onmisbare toestemming en behulpzaamheid.

14. LITERATUUR

- [1] Vereniging van Nederlandse Gemeenten. Model Bouwverordening + Toelichting. 's-Gravenhage, V.N.G. 1965 (incl. 9 suppl. t/m febr. 1974), 320 pp. + 255 pp. (losbladig).
- [2] Nederlands Normalisatie Instituut. NEN 1068. Natuurkundige grondslagen voor bouwvoorschriften. Deel 1: Thermische

- Het drukverschil veroorzaakt door de wind is als volgt berekend:

In het algemeen geldt:

$$\Delta p = 1/2 \rho v^2$$

waarin:

ρ = soortelijke massa kg/m^3

v = lichtsnelheid m/s

Δp = drukverschil in Pa ($= \text{N/m}^2$)

De drukopbouw rond een vrijstaand gebouw is schematisch als volgt (fig. 19)

$$\Delta p = 1/2 \rho v^2 \cdot k$$

Voor Δp_1 is k op 1 gesteld

voor Δp_2 en Δp_3 op $-0,5$,

terwijl steeds de snelheidscomponent loodrecht op de gevel in aanmerking is genomen (fig. 20)

$$\Delta p_{\text{wind}} = 1/2 \rho (v \cos \alpha)^2 k$$

- Het totale drukverschil is dus:

$$\Delta p_{\text{tot}} = 0,25 \Delta T + 1/2 \rho (v \cos \alpha)^2 k$$

De windrichting- en -snelheidsgegevens zijn afkomstig van het KNMI station Rotterdam.

Het totale drukverschil is voor 24 opeenvolgende uren berekend en in de onderste grafiek van figuur 21 uitgezet. De bovenste geeft het gemeten luchttransport.

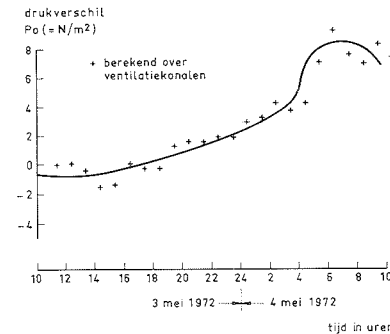
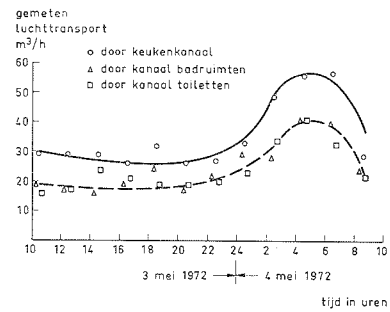


Fig. 21
Het gemeten transport door de ventilatiekanalen en een berekend drukverschil daarover blijken een ongeveer overeenkomstig verloop te hebben