

INSTITUUT VOOR TUINBOUWTECHNIEK
WAGENINGEN

Lichtdoorlatendheid van met vlakke
materialen bedekte warenhuizen.

Dipl. Phys. J.A. Stoffers.



Stencildatum: juni 1967.

Publikatie nr. 14.

Geheel of gedeeltelijk overnemen van de inhoud is
alleen toegestaan met toestemming van de Directeur van hetITT.

440758

Lichtdoorlatendheid van met vlakke materialen bedekte warenhuizen.

Inhoud:

blz. 1	inleiding
4	symbolenlijst
5	<u>resultaten diffuse straling</u> doorlatendheid warenhuis zonder constructie- delen
7	doorlatendheid nok goot en roeden
7	<u>resultaten directe straling</u> doorlatendheid warenhuis zonder constructie- delen
20	doorlatendheid nok, goot en roeden
22	algemene opmerkingen
23	Bijlage: rekenmethode definities
25	elementaire eigenschappen van het kasbedekkings- materiaal
27	doorlatendheid van directe straling bij warenhuizen zonder constructiedelen
31	doorlatendheid van directe straling door nok en goot
33	doorlatendheid van directe straling door roeden
35	diffuse straling.

Inleiding.

Onder de lichtdoorlatendheid van kassen wordt de verhouding van de over het grondoppervlak gemiddelde bestralingssterkte in de kas en buiten de kas verstaan waarbij geen rekening gehouden wordt met de wederzijdse reflectie tussen gewas en glaswand. De doorlatendheid van diffuse en directe straling wordt apart beschouwd.

De doorlatendheid van diffuse straling is alleen afhankelijk van kasconstructie en kasbedekkingsmateriaal. De doorlatendheid van directe straling is bovendien afhankelijk van oriëntatie en tijd. Er zijn onderzoeken gedaan naar de lichtdoorlatendheid van vrijstaande kassen met een beperkt aantal kappen.

L. Schulze^x vindt b.v. dat de doorlatendheid voor direct licht van een vrijstaande kas met één kap sterk toeneemt als de dakhelling groter wordt. Hier worden kassen vergeleken waarvan alleen de dakhelling verschilt, de goothoogte blijft hetzelfde. De doorlatendheid van zo'n vrijstaande kas hangt ook sterk af van de hoogte. Wat is nu de oorzaak van de verhoogde doorlatendheid? De toename van de dakhelling of de toename van de totale hoogte? Bovendien komen vrijstaande kassen maar weinig voor in Nederland. Omdat er veel grote warenhuizen voorkomen en in tuinbouwcentra de kassen in ieder geval zéér dicht bij elkaar geplaatst staan is de doorlatendheid van geïdealiseerde warenhuizen (oneindig veel kappen en oneindig lang) onderzocht.

Voor een systematisch onderzoek naar de doorlatendheid van warenhuizen is het wel haast noodzakelijk om "uitgaande van elementaire gegevens van het kasbedekkingsmateriaal" de doorlatendheid te berekenen, omdat zeer veel variabelen een rol spelen.

Bij stoffen die het licht weinig absorberen is volgens de formules van Fresnel de reflectie van gericht licht op een grenslaag lichtdoorlatend materiaal alleen afhankelijk van de brekingsindex N

^xLichteinstrahlung in glasgedeckte Gewächshäuser.

en invalshoek. De absorbtie in het materiaal wordt bepaald door de absorbtiecoëfficiënt en de laagdikte. Vervuiling kan in de berekeningen betrokken worden door aan te nemen, dat zich een zéér dun volkomen zwart netwerk, waarvan de doorlatendheid τ_v bedraagt, op het materiaal bevindt. Door verschillende maaswijdten van het netwerk aan te nemen kan men verschillende graden van glasvervuiling in de berekeningen betrekken.

De berekening van de doorlatendheid is gesplitst in drie delen: de doorlatendheid van nok en goot, de doorlatendheid van de roeden en de doorlatendheid van het warenhuis zonder constructiedelen. De doorlatendheid van nok, goot en roeden wordt berekend door deze constructiedelen te beschouwen als volkomen zwarte cilindres. In de aanhang vindt men de volledige beschrijving van de rekenmethode.

De berekeningen zijn geprogrammeerd en uitgevoerd door de AFDELING BEWERKING WAARNEMINGSUITKOMSTEN VAN DE CENTRALE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK te Wageningen.

Symbolenlijst.

- ψ Dakhelling uitgedrukt in graden.
 α Oriëntatie uitgedrukt in graden^x
- D_r Diameter van de als zwarte cylinder beschouwde roede.
A Onderlinge afstand van de roeden.
 D_n Diameter van de als zwarte cylinder beschouwde nok.
 D_g Diameter van de als zwarte cylinder beschouwde goot.
B Spantafstand.
N Berekeningsindex van het kasbedekkingsmateriaal.
D Dikte van het kasbedekkingsmateriaal.
a Absorptieconstante van het kasbedekkingsmateriaal.

^x De oriëntatiehoek α wordt gevarieerd van 0° tot 90° .
Negatieve waarden van α behoeven niet apart beschouwd te worden omdat de doorlatendheid op een bepaald aantal uren vóór 12 uur plaatselijke tijd bij $+\alpha$ gelijk is aan de doorlatendheid op dat zelfde aantal uren na 12 uur bij $-\alpha$.

Resultaten diffuse straling.

Doorlatendheid warenhuis zonder constructiedelen.

In de onderstaande tabel vindt men voorbeelden van de berekende doorlatendheid voor een normale glassoort waarvan de brekingsindex $N = 1,55$ en $e^{-aD} = 0,99$ is. Voor iedere dakhelling zijn twee waarden aangegeven n.l. de doorlatendheid bij vervuild glas $\tau_v = 0,9$ en bij niet vervuild glas $\tau_v = 1$.

Dakhelling ψ	Doorlatendheid τ (geen glasvervuiling $\tau_v = 1$)	Doorlatendheid (met glasvervuiling $\tau_v = 0,9$)
10°	0,83	0,75
20°	0,85	0,76
30°	0,86	0,77
40°	0,87	0,77

De invloed van de dakhelling is dus zéér gering, vooral bij vervuild glas.

De doorlatendheid van diffuse straling is weer te geven met de volgende formule:

$$\tau = -0,25 \left[1 + \frac{(25^\circ - \psi)}{210} \right] \cdot \left[\tau_v + 2,5(e^{-aD} - 1) \right] \cdot \left[N - 1,55 \right] + e^{-aD} + 0,917 \tau_v - 1,052 + \left[0,13 + (\tau_v - 1) \cdot 0,5 \right] \cdot \left[\frac{\psi - 25}{100} \right] - \left[0,002 - 0,01 (\tau_v - 1) \right] \cdot \frac{(\psi - 25^\circ)^2}{100}$$

Deze formule is in overeenstemming met de berekende waarden (de absolute afwijking is kleiner dan 0,006) en geldt in het bereik:

$$\begin{aligned} 45^\circ &\geq \psi &&\geq 10^\circ \\ 1,55 &\geq N &&\geq 1,3 \\ 1 &\geq \tau_v &&\geq 0,8 \\ 1 &\geq e^{-aD} &&\geq 0,98 \end{aligned}$$

Doorlatendheid nok, goot en roeden.

De nok en goot zijn vervangen door volkomen zwarte cilindervormen waarvan de diameters D_n en D_g zijn en de onderlinge afstand B is. De roeden door cilindervormen met diameter D_r en onderlinge afstand A . (Zie fig. 1).

In fig. 2 is de doorlatendheid weergegeven als functie van

$\left[\frac{\pi D_r}{2A} + \frac{\pi(D_n + D_g)}{2B} \right]$, d.i. de verhouding van de halve omtrek en de onderlinge afstand. Als de constructiedelen zich in één horizontaal vlak bevinden en als de onderlinge beschaduwning verwaarloosd wordt, dan geldt: $\tau = 1 - \left[\frac{\pi D_r}{2A} + \frac{\pi(D_n + D_g)}{2B} \right]$, dit verband is weergegeven met de onderbroken lijn in fig. 2. Dit geldt o.a. voor cirkelvormige driehoekige en rechthoekige doorsneden.

Bij rechthoekige doorsneden is dit zeer eenvoudig aan te tonen, het horizontale bovenvlak ontvangt alle diffuse straling van de halve hemelbol, de twee verticale zijvlakken slechts de helft hiervan. De werkelijke doorlatendheid is groter. Het gearceerde gebied in fig. 2 geeft de grenzen hiervan aan omdat de doorlatendheid van de roeden niet exact te berekenen is. De bovenste grens geldt vrijwel precies voor de lage dakhelling van 10° , maar de invloed van hogere dakhellingen is van dezelfde grootteorde als de onnauwkeurigheid van de berekening.

Resultaten directe straling.

Warenhuis zonder constructiedelen.

De tabellen op blz. 8 t/m 19 geven de doorlatendheid afhankelijk van oriëntatie α (zie fig. 1), dakhelling en de tijd.

Doorlatendheid afhankelijk van oriëntatie en dakhelling als $N_{AD} = 1,55$
 en $e_{AD} = 0,99$

2 jan.

t_v	α	ψ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	tijd ()
1	0	20						0,58	0,67	0,571	0,552	0,571	0,670	0,58					20
0,9	0	20						0,489	0,598	0,506	0,493	0,506	0,598	0,489					
1	0	30						0,609	0,722	0,663	0,520	0,663	0,722	0,609					
0,9	0	30						0,473	0,640	0,582	0,463	0,582	0,640	0,473					
1	0	40						0,607	0,728	0,680	0,535	0,680	0,728	0,607					
0,9	0	40						0,428	0,622	0,604	0,464	0,604	0,622	0,428					
1	40	20						0,630	0,776	0,807	0,784	0,702	0,498	0,230					
0,9	40	20						0,491	0,674	0,722	0,699	0,619	0,436	0,196					
1	40	30						0,643	0,778	0,826	0,882	0,758	0,576	0,216					
0,9	40	30						0,431	0,613	0,709	0,729	0,681	0,505	0,182					
1	40	40						0,617	0,758	0,806	0,819	0,773	0,597	0,249					
0,9	40	40						0,347	0,539	0,638	0,697	0,684	0,532	0,199					
1	90	20						0,592	0,771	0,826	0,839	0,826	0,771	0,592					
0,9	90	20						0,484	0,674	0,731	0,745	0,731	0,674	0,484					
1	90	30						0,622	0,778	0,829	0,840	0,829	0,778	0,622					
0,9	90	30						0,463	0,622	0,688	0,703	0,688	0,622	0,463					
1	90	40						0,615	0,759	0,800	0,809	0,800	0,759	0,615					
0,9	90	40						0,405	0,550	0,600	0,612	0,600	0,550	0,405					

29 Jan.

T _v	α	ψ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Σ
1	0°	20					0,487	0,724	0,741	0,654	0,862	0,654	0,741	0,724	0,487				Σ
0,9	0	20					0,376	0,643	0,654	0,585	0,593	0,585	0,654	0,643	0,376				
1	0	30					0,513	0,751	0,792	0,731	0,630	0,731	0,792	0,751	0,513				
0,9	0	30					0,350	0,632	0,712	0,642	0,564	0,642	0,712	0,632	0,350				
1	0	40					0,508	0,739	0,803	0,752	0,632	0,752	0,803	0,739	0,508				
0,9	0	40					0,301	0,570	0,709	0,663	0,556	0,663	0,709	0,570	0,301				
1	40	20					0,507	0,768	0,835	0,843	0,818	0,727	0,573	0,401	0,334				
0,9	40	20					0,373	0,655	0,746	0,753	0,724	0,642	0,511	0,354	0,288				
1	40	30					0,523	0,768	0,843	0,865	0,855	0,798	0,631	0,390	0,367				
0,9	40	30					0,323	0,586	0,717	0,767	0,769	0,707	0,552	0,341	0,307				
1	40	40					0,505	0,740	0,816	0,853	0,858	0,814	0,563	0,435	0,391				
0,9	40	40					0,263	0,497	0,633	0,721	0,757	0,732	0,580	0,369	0,322				
1	90	20					0,436	0,734	0,828	0,860	0,868	0,860	0,828	0,734	0,436				
0,9	90	20					0,357	0,649	0,742	0,773	0,781	0,773	0,742	0,649	0,357				
1	90	30					0,475	0,755	0,842	0,869	0,875	0,869	0,842	0,755	0,475				
0,9	90	30					0,366	0,627	0,725	0,757	0,764	0,757	0,725	0,627	0,366				
1	90	40					0,487	0,743	0,821	0,845	0,850	0,845	0,821	0,743	0,487				
0,9	90	40					0,349	0,564	0,652	0,687	0,696	0,687	0,652	0,564	0,349				

Tv	x	y	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	tijd
1	0	20					0,678	0,793	0,781	0,727	0,740	0,727	0,781	0,793	0,678				
0,9	0	20					0,567	0,713	0,689	0,652	0,665	0,652	0,689	0,713	0,567				
1	0	30					0,695	0,823	0,831	0,770	0,711	0,770	0,831	0,823	0,695				
0,9	0	30					0,523	0,722	0,740	0,679	0,638	0,679	0,740	0,722	0,523				
1	0	40					0,679	0,813	0,844	0,805	0,704	0,805	0,844	0,813	0,679				
0,9	0	40					0,449	0,673	0,755	0,709	0,624	0,709	0,755	0,673	0,449				
1	40	20					0,689	0,832	0,863	0,862	0,831	0,741	0,665	0,538	0,515				
0,9	40	20					0,554	0,737	0,774	0,765	0,735	0,664	0,596	0,479	0,456				
1	40	30					0,702	0,833	0,875	0,884	0,871	0,828	0,661	0,529	0,572				
0,9	40	30					0,499	0,691	0,769	0,794	0,775	0,731	0,588	0,468	0,506				
1	40	40					0,675	0,803	0,854	0,878	0,878	0,837	0,720	0,582	0,586				
0,9	40	40					0,410	0,601	0,709	0,767	0,787	0,743	0,629	0,503	0,505				
1	90	20					0,614	0,792	0,853	0,875	0,880	0,875	0,853	0,792	0,614				
0,9	90	20					0,542	0,712	0,761	0,778	0,783	0,778	0,761	0,712	0,542				
1	90	30					0,648	0,822	0,873	0,888	0,891	0,888	0,873	0,822	0,648				
0,9	90	30					0,545	0,722	0,775	0,792	0,795	0,792	0,775	0,722	0,545				
1	90	40					0,646	0,813	0,859	0,872	0,875	0,872	0,859	0,813	0,646				
0,9	90	40					0,507	0,674	0,728	0,745	0,749	0,745	0,728	0,674	0,507				

29 februari

T	α	ψ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	tijd
1	0	20				0,5000	0,782	0,830	0,792	0,782	0,795	0,782	0,792	0,830	0,782	0,500			
0,9	0	20				0,3771	0,688	0,738	0,703	0,702	0,714	0,702	0,703	0,738	0,688	0,3771			
1	0	30				0,518	0,791	0,860	0,858	0,794	0,769	0,794	0,858	0,860	0,791	0,518			
0,9	0	30				0,3227	0,645	0,767	0,760	0,705	0,691	0,705	0,760	0,767	0,645	0,3227			
1	0	40				0,503	0,771	0,854	0,867	0,843	0,757	0,843	0,867	0,854	0,771	0,503			
0,9	0	40				0,270	0,570	0,734	0,779	0,743	0,674	0,743	0,779	0,734	0,570	0,270			
1	40	20				0,495	0,793	0,863	0,877	0,875	0,819	0,783	0,737	0,641	0,627	0,428			
0,9	40	20				0,372	0,689	0,775	0,779	0,776	0,730	0,703	0,662	0,574	0,552	0,351			
1	40	30				0,516	0,791	0,868	0,890	0,892	0,884	0,840	0,741	0,663	0,686	0,468			
0,9	40	30				0,333	0,623	0,753	0,796	0,797	0,783	0,741	0,640	0,564	0,617	0,363			
1	40	40				0,504	0,767	0,842	0,877	0,892	0,887	0,857	0,754	0,691	0,707	0,481			
0,9	40	40				0,278	0,543	0,678	0,755	0,793	0,795	0,758	0,659	0,602	0,626	0,348			
1	90	20				0,340	0,689	0,818	0,866	0,884	0,889	0,884	0,866	0,818	0,689	0,340			
0,9	90	20				0,292	0,614	0,725	0,768	0,784	0,788	0,784	0,768	0,725	0,614	0,292			
1	90	30				0,376	0,740	0,853	0,887	0,897	0,899	0,897	0,887	0,853	0,740	0,376			
0,9	90	30				0,313	0,657	0,764	0,797	0,807	0,808	0,807	0,797	0,764	0,657	0,313			
1	90	40				0,397	0,746	0,852	0,881	0,889	0,890	0,889	0,881	0,852	0,746	0,397			
0,9	90	40				0,325	0,639	0,743	0,773	0,781	0,783	0,781	0,773	0,743	0,639	0,325			

13 maart

T v	α	ψ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	20				0,677	0,832	0,853	0,802	0,820	0,832	0,820	0,802	0,853	0,832	0,677			
0,9	0	20				0,542	0,745	0,756	0,718	0,738	0,748	0,738	0,718	0,756	0,745	0,542			
1	0	30				0,692	0,844	0,879	0,877	0,815	0,811	0,815	0,877	0,879	0,844	0,692			
0,9	0	30				0,491	0,724	0,790	0,776	0,729	0,729	0,729	0,776	0,790	0,724	0,491			
1	0	40				0,667	0,821	0,876	0,880	0,869	0,797	0,869	0,880	0,876	0,821	0,667			
0,9	0	40				0,404	0,648	0,770	0,785	0,768	0,712	0,768	0,785	0,770	0,648	0,404			
1	40	20				0,672	0,840	0,876	0,886	0,876	0,829	0,820	0,789	0,717	0,702	0,624			
0,9	40	20				0,551	0,749	0,782	0,786	0,760	0,744	0,737	0,710	0,643	0,618	0,546			
1	40	30				0,690	0,845	0,887	0,897	0,898	0,894	0,835	0,765	0,709	0,762	0,647			
0,9	40	30				0,505	0,715	0,787	0,807	0,798	0,793	0,741	0,687	0,633	0,678	0,526			
1	40	40				0,670	0,815	0,867	0,890	0,898	0,893	0,875	0,774	0,768	0,781	0,650			
0,9	40	40				0,427	0,625	0,733	0,784	0,807	0,794	0,774	0,683	0,673	0,698	0,493			
1	90	20				0,454	0,722	0,830	0,871	0,886	0,890	0,886	0,871	0,830	0,722	0,454			
0,9	90	20				0,396	0,637	0,734	0,771	0,785	0,789	0,785	0,771	0,734	0,637	0,396			
1	90	30				0,512	0,777	0,865	0,892	0,899	0,901	0,899	0,892	0,865	0,777	0,512			
0,9	90	30				0,455	0,695	0,772	0,795	0,802	0,803	0,802	0,795	0,772	0,695	0,455			
1	90	40				0,534	0,793	0,872	0,893	0,898	0,898	0,898	0,893	0,872	0,793	0,534			
0,9	90	40				0,469	0,706	0,778	0,798	0,802	0,803	0,802	0,798	0,778	0,706	0,469			

11 april

T	α	ψ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	tijd
1	0	20			0,666	0,842	0,875	0,866	0,847	0,869	0,876	0,869	0,847	0,866	0,875	0,842	0,666		
0,9	0	20			0,527	0,750	0,777	0,767	0,762	0,781	0,788	0,781	0,762	0,767	0,777	0,750	0,527		
1	0	30			0,677	0,845	0,890	0,897	0,897	0,856	0,862	0,856	0,897	0,897	0,890	0,845	0,677		
0,9	0	30			0,466	0,713	0,796	0,797	0,795	0,769	0,776	0,769	0,795	0,797	0,796	0,713	0,466		
1	0	40			0,652	0,814	0,876	0,898	0,899	0,899	0,850	0,899	0,899	0,899	0,876	0,614	0,652		
0,9	0	40			0,382	0,620	0,755	0,806	0,798	0,795	0,762	0,795	0,798	0,806	0,755	0,620	0,382		
1	40	20			0,632	0,826	0,875	0,892	0,870	0,861	0,868	0,859	0,855	0,815	0,775	0,798	0,645		
0,9	40	20			0,537	0,741	0,777	0,791	0,774	0,773	0,781	0,782	0,769	0,733	0,690	0,713	0,533		
1	40	30			0,654	0,843	0,890	0,899	0,905	0,910	0,890	0,856	0,838	0,807	0,851	0,832	0,668		
0,9	40	30			0,509	0,732	0,796	0,804	0,804	0,809	0,789	0,769	0,753	0,722	0,753	0,737	0,498		
1	40	40			0,647	0,825	0,877	0,896	0,902	0,904	0,908	0,896	0,824	0,861	0,860	0,826	0,655		
0,9	40	40			0,452	0,665	0,756	0,796	0,811	0,804	0,805	0,792	0,737	0,759	0,770	0,700	0,429		
1	90	20			0,289	0,570	0,739	0,816	0,848	0,861	0,864	0,861	0,848	0,816	0,739	0,570	0,289		
0,9	90	20			0,249	0,509	0,664	0,732	0,761	0,773	0,776	0,773	0,761	0,732	0,664	0,509	0,249		
1	90	30			0,342	0,573	0,806	0,884	0,904	0,909	0,910	0,909	0,904	0,884	0,806	0,573	0,342		
0,9	90	30			0,290	0,507	0,710	0,783	0,803	0,808	0,809	0,808	0,803	0,783	0,710	0,507	0,290		
1	90	40			0,357	0,629	0,825	0,885	0,900	0,903	0,903	0,903	0,900	0,885	0,629	0,357			
0,9	90	40			0,305	0,546	0,728	0,786	0,801	0,804	0,805	0,804	0,801	0,786	0,546	0,305			

25 april 1

τ_v	α	ψ	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	tijd 2
1	0	20		0,428	0,776	0,865	0,884	0,855	0,862	0,880	0,885	0,880	0,862	0,855	0,884	0,865	0,776	0,428	
0,9	0	20		0,320	0,665	0,778	0,784	0,763	0,776	0,792	0,797	0,792	0,776	0,763	0,784	0,778	0,665	0,320	
1	0	30		0,450	0,774	0,872	0,896	0,902	0,900	0,869	0,875	0,869	0,900	0,902	0,896	0,872	0,774	0,450	
0,9	0	30		0,290	0,595	0,759	0,806	0,801	0,797	0,781	0,787	0,781	0,797	0,801	0,896	0,759	0,595	0,290	
1	0	40		0,446	0,748	0,847	0,888	0,900	0,905	0,906	0,905	0,906	0,905	0,900	0,888	0,847	0,748	0,446	
0,9	0	40		0,250	0,511	0,688	0,780	0,808	0,803	0,802	0,776	0,802	0,803	0,808	0,780	0,688	0,511	0,250	
1	40	20		0,342	0,728	0,844	0,881	0,883	0,862	0,872	0,880	0,881	0,871	0,840	0,796	0,831	0,761	0,428	
0,9	40	20		0,280	0,648	0,752	0,781	0,782	0,773	0,784	0,792	0,793	0,783	0,756	0,713	0,737	0,666	0,320	
1	40	30		0,395	0,758	0,868	0,895	0,902	0,909	0,910	0,879	0,869	0,856	0,831	0,872	0,862	0,770	0,450	
0,9	40	30		0,310	0,644	0,772	0,804	0,803	0,808	0,808	0,796	0,782	0,770	0,745	0,772	0,771	0,619	0,291	
1	40	40		0,420	0,744	0,857	0,850	0,901	0,902	0,908	0,913	0,898	0,845	0,882	0,876	0,858	0,754	0,446	
0,9	40	40		0,313	0,580	0,731	0,785	0,806	0,806	0,806	0,812	0,793	0,757	0,780	0,782	0,744	0,550	0,250	
1	90	20		0,280	0,436	0,651	0,780	0,837	0,862	0,871	0,874	0,871	0,862	0,837	0,780	0,651	0,436	0,280	
0,9	90	20		0,232	0,385	0,584	0,701	0,753	0,775	0,784	0,786	0,784	0,775	0,753	0,701	0,584	0,385	0,232	
1	90	30		0,334	0,506	0,624	0,788	0,877	0,904	0,911	0,913	0,911	0,904	0,877	0,788	0,624	0,506	0,334	
0,9	90	30		0,274	0,439	0,558	0,701	0,775	0,802	0,810	0,811	0,810	0,802	0,775	0,701	0,558	0,439	0,274	
1	90	40		0,368	0,526	0,600	0,840	0,892	0,905	0,907	0,907	0,907	0,905	0,892	0,840	0,600	0,526	0,368	
0,9	90	40		0,295	0,459	0,532	0,741	0,790	0,803	0,806	0,806	0,806	0,803	0,790	0,741	0,532	0,459	0,295	

T _v	α	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	TJJ
1	0	20	0,620	0,829	0,877	0,890	0,855	0,874	0,888	0,892	0,888	0,874	0,855	0,890	0,877	0,829	0,620	
0,9	0	20	0,489	0,734	0,782	0,790	0,767	0,785	0,799	0,802	0,799	0,786	0,767	0,790	0,782	0,734	0,489	
1	0	30	0,637	0,831	0,887	0,899	0,906	0,897	0,878	0,883	0,878	0,897	0,906	0,899	0,887	0,831	0,637	
0,9	0	30	0,440	0,690	0,787	0,804	0,805	0,795	0,789	0,795	0,789	0,795	0,805	0,804	0,787	0,690	0,440	
1	0	40	0,618	0,802	0,868	0,896	0,902	0,910	0,911	0,875	0,911	0,910	0,902	0,896	0,868	0,802	0,618	
0,9	0	40	0,363	0,602	0,734	0,795	0,805	0,808	0,807	0,786	0,807	0,808	0,805	0,796	0,734	0,602	0,363	
1	40	20	0,530	0,777	0,854	0,879	0,862	0,869	0,881	0,888	0,889	0,881	0,857	0,817	0,853	0,818	0,624	
0,9	40	20	0,463	0,689	0,756	0,778	0,771	0,782	0,793	0,799	0,800	0,793	0,771	0,733	0,756	0,730	0,489	
1	40	30	0,558	0,810	0,879	0,897	0,906	0,913	0,906	0,880	0,879	0,869	0,849	0,887	0,879	0,831	0,639	
0,9	40	30	0,461	0,717	0,791	0,799	0,805	0,812	0,804	0,790	0,791	0,782	0,761	0,786	0,790	0,706	0,435	
1	40	40	0,568	0,807	0,877	0,897	0,902	0,905	0,912	0,907	0,884	0,863	0,896	0,888	0,877	0,806	0,617	
0,9	40	40	0,447	0,684	0,771	0,803	0,808	0,805	0,811	0,815	0,767	0,772	0,794	0,790	0,771	0,624	0,354	
1	90	20	0,500	0,551	0,716	0,814	0,856	0,874	0,881	0,883	0,881	0,874	0,856	0,814	0,716	0,551	0,500	
0,9	90	20	0,440	0,491	0,643	0,732	0,770	0,786	0,793	0,794	0,793	0,786	0,770	0,732	0,643	0,491	0,440	
1	90	30	0,541	0,630	0,686	0,797	0,857	0,893	0,907	0,910	0,907	0,893	0,857	0,797	0,686	0,630	0,541	
0,9	90	30	0,461	0,550	0,615	0,715	0,765	0,792	0,804	0,807	0,804	0,792	0,765	0,715	0,615	0,550	0,461	
1	90	40	0,544	0,651	0,681	0,846	0,899	0,910	0,910	0,912	0,912	0,910	0,899	0,846	0,681	0,651	0,544	
0,9	90	40	0,440	0,572	0,603	0,744	0,797	0,808	0,811	0,811	0,811	0,808	0,797	0,744	0,603	0,572	0,440	

11-14-1963

T V	C	W	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	20	0,415	0,748	0,856	0,884	0,886	0,862	0,862	0,893	0,896	0,893	0,892	0,882	0,896	0,894	0,894	0,850	0,440
0,9	0	20	0,322	0,643	0,769	0,785	0,785	0,775	0,793	0,803	0,806	0,803	0,793	0,775	0,795	0,785	0,769	0,643	0,322
1	0	30	0,448	0,753	0,864	0,880	0,902	0,910	0,891	0,894	0,889	0,894	0,891	0,890	0,902	0,895	0,864	0,753	0,448
0,9	0	30	0,311	0,593	0,748	0,803	0,809	0,809	0,792	0,795	0,800	0,795	0,792	0,809	0,803	0,748	0,593	0,311	0,310
1	0	40	0,451	0,734	0,838	0,892	0,900	0,904	0,914	0,914	0,893	0,914	0,914	0,904	0,900	0,882	0,838	0,734	0,451
0,9	0	40	0,276	0,508	0,674	0,765	0,807	0,804	0,812	0,809	0,793	0,809	0,812	0,804	0,807	0,765	0,508	0,276	0,278
1	40	20	0,229	0,621	0,790	0,853	0,856	0,862	0,878	0,888	0,893	0,894	0,890	0,869	0,834	0,868	0,850	0,754	0,440
0,9	40	20	0,190	0,553	0,699	0,755	0,762	0,775	0,790	0,799	0,804	0,804	0,799	0,782	0,749	0,769	0,764	0,641	0,323
1	40	30	0,276	0,676	0,833	0,883	0,901	0,910	0,912	0,892	0,885	0,886	0,878	0,861	0,897	0,888	0,863	0,757	0,457
0,9	40	30	0,229	0,599	0,749	0,787	0,800	0,809	0,811	0,796	0,796	0,797	0,790	0,773	0,796	0,795	0,754	0,575	0,285
1	40	40	0,308	0,685	0,840	0,887	0,900	0,903	0,909	0,916	0,919	0,887	0,878	0,865	0,895	0,888	0,843	0,729	0,447
0,9	40	40	0,255	0,588	0,740	0,793	0,809	0,805	0,808	0,815	0,816	0,793	0,784	0,803	0,796	0,789	0,690	0,486	0,241
1	90	20	0,376	0,632	0,639	0,765	0,838	0,871	0,884	0,888	0,899	0,888	0,884	0,871	0,838	0,765	0,639	0,632	0,376
0,9	90	20	0,303	0,565	0,571	0,687	0,754	0,783	0,795	0,799	0,800	0,799	0,795	0,783	0,754	0,687	0,571	0,565	0,303
1	90	30	0,423	0,685	0,719	0,738	0,819	0,859	0,876	0,889	0,893	0,869	0,878	0,859	0,819	0,738	0,719	0,685	0,423
0,9	90	30	0,321	0,605	0,631	0,663	0,737	0,772	0,787	0,795	0,797	0,795	0,787	0,772	0,737	0,663	0,631	0,605	0,321
1	90	40	0,440	0,691	0,739	0,740	0,839	0,902	0,915	0,917	0,917	0,917	0,915	0,902	0,839	0,740	0,739	0,691	0,440
0,9	90	40	0,310	0,588	0,651	0,654	0,739	0,798	0,814	0,816	0,816	0,816	0,814	0,798	0,739	0,654	0,651	0,588	0,310

De invloed van de dakhelling is zéér gering. Vooral met glasvervuiling. Wel blijkt duidelijk het grote voordeel van de OW-oriëntatie ($\alpha = 90^\circ$) in de wintermaanden.

Zelfs als de kans op bewolking 's morgens zéér sterk verschilt van de kans op bewolking 's middags blijkt een oriëntatiehoek van 40° geen grote voordelen te bieden. In onderstaande tabel is de doorlatendheid op de verschillende uren van de dag voor een warenhuis met dakhelling van 25° weergegeven als functie van de oriëntatie. Uit de onderstreepte waarden blijkt, dat de theoretische mogelijkheid van een kas, die met de zon mee beweegt, geen zin heeft.

α	9	10	11	12	13	14	15 (h)
0°	0,69	0,79	0,71	0,62	0,71	0,79	0,69
20°	0,63	0,77	0,78	0,71	0,52	0,47	0,52
40°	0,64	0,78	0,82	0,81	0,74	0,55	0,22
60°	0,64	0,79	0,83	0,84	0,81	0,72	0,50
80°	0,63	0,79	0,83	0,84	0,83	0,77	0,59
90°	0,62	0,78	0,83	0,85	0,83	0,78	0,62
$e^{-\alpha D}$	= 0,99						
τ_v	= 1						
N	= 1,55						

Doorlatendheid nok, goot en roeden.

De roeden staan loodrecht op nok en goot. De gunstigste oriëntatie voor de doorlatendheid van de roeden ($\alpha = 90^\circ, OW$) is dus ongunstig voor de doorlatendheid van nok en goot.

In onderstaande tabel staan voorbeelden van de berekende doorlatendheid van nok en goot apart en van roeden apart.

Naar gelang de waarde van D_r/A of de waarden D_n/B , D_g/B is aangegeven weet men of de doorlatendheid van de roeden of van nok en goot bedoeld wordt. Als de doorlatendheid van de roeden niet exact te berekenen is, zijn de twee grenswaarden aangegeven.

Vergelijkt men de doorlatendheid van de roeden bij $\alpha = 0^\circ$ met de doorlatendheid van nok en goot bij $\alpha = 90^\circ$ dan zijn, als

$$D_r/A = D_n/B + D_g/B, \text{ deze waarden ongeveer gelijk.}$$

Datum 2 Jan.

Plaatselijke tijd

α	γ	$\frac{Dc}{A}$	$\frac{Dn}{B}$	$\frac{Dg}{B}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0°	10°	-	0,01	0,02				0,79	0,92	0,96	0,97	0,96	0,92	0,79			
0°	10°	-	0,02	0,04				0,67	0,84	0,92	0,94	0,92	0,84	0,67			
0°	10°	-	0,04	0,06				0,53	0,73	0,86	0,90	0,86	0,73	0,53			
0°	30°	-	0,01	0,02				0,79	0,92	0,96	0,97	0,96	0,92	0,79			
0°	30°	-	0,02	0,04				0,58	0,84	0,92	0,94	0,92	0,84	0,58			
0°	30°	-	0,04	0,06				0,29	0,73	0,86	0,90	0,86	0,73	0,29			
0°	10°	0,03	-	-				0,78	0,85	0,88	0,88	0,88	0,85	0,78			
0°	20°	0,03	-	-				0,75	0,85	0,88	0,88	0,88	0,85	0,75			
0°	30°	0,03	-	-				0,80	0,87	0,87	0,88	0,87	0,87	0,80			
0°	30°	0,03	-	-				0,73	0,84	0,86	0,87	0,86	0,84	0,73			
0°	10°	0,06	-	-				0,80	0,85	0,75	0,76	0,75	0,85	0,80			
0°	20°	0,06	-	-				0,68	0,70	0,74	0,75	0,74	0,75	0,68			
0°	30°	0,06	-	-				0,55	0,80	0,74	0,75	0,74	0,80	0,55			
0°	30°	0,06	-	-				0,84	0,85	0,72	0,73	0,72	0,84	0,84			
0°	30°	0,06	-	-				0,52	0,70	0,72	0,73	0,72	0,70	0,52			
40°	20°	-	0,01	0,02				0,87	0,85	0,90	0,92	0,94	0,95	0,87			
40°	20°	-	0,02	0,04				0,68	0,85	0,90	0,92	0,94	0,95	0,68			
40°	20°	-	0,04	0,06				0,36	0,69	0,80	0,84	0,88	0,91	0,36			
40°	30°	-	0,01	0,02				0,04	0,49	0,73	0,74	0,78	0,85	0,04			
40°	30°	-	0,01	0,02				0,68	0,86	0,90	0,92	0,96	0,95	0,68			
40°	30°	-	0,02	0,04				0,36	0,78	0,79	0,84	0,92	0,91	0,36			
40°	30°	-	0,02	0,04				0,02	0,65	0,66	0,74	0,88	0,85	0,02			
40°	10°	0,03	-	-				0,92	0,93	0,92	0,91	0,88	0,84	0,92			
40°	20°	0,03	-	-				0,96	0,91	0,91	0,90	0,88	0,83	0,96			
40°	20°	0,03	-	-				0,88	0,91	0,91	0,90	0,88	0,83	0,88			
40°	30°	0,03	-	-				0,97	0,96	0,95	0,89	0,92	0,81	0,97			
40°	30°	0,03	-	-				0,82	0,89	0,90	0,89	0,92	0,81	0,82			
40°	10°	0,06	-	-				0,97	0,96	0,96	0,95	0,96	0,81	0,97			
40°	10°	0,06	-	-				0,85	0,86	0,84	0,81	0,77	0,67	0,85			
40°	20°	0,06	-	-				0,77	0,84	0,84	0,83	0,76	0,66	0,77			
40°	20°	0,06	-	-				0,94	0,92	0,91	0,80	0,85	0,63	0,94			
40°	30°	0,06	-	-				0,67	0,79	0,81	0,80	0,85	0,25	0,67			
40°	30°	0,06	-	-				0,94	0,93	0,92	0,90	0,85	0,63	0,94			

Datum 2 jan

Plaatselijke tijd

α	ψ	$\frac{D_I}{A}$	$\frac{D_n}{B}$	$\frac{D_g}{B}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
90°	20°	-	0,01	0,02				0,83	0,85	0,88	0,88	0,88	0,85	0,83			
90°	20°	-	0,02	0,04				0,67	0,71	0,76	0,77	0,76	0,71	0,67			
90°	20°	-	0,04	0,06				0,51	0,51	0,59	0,63	0,59	0,51	0,51			
90°	30°	-	0,01	0,02				0,75	0,85	0,88	0,88	0,88	0,85	0,75			
90°	30°	-	0,02	0,04				0,60	0,73	0,76	0,77	0,76	0,73	0,60			
90°	30°	-	0,04	0,06				0,43	0,63	0,59	0,61	0,59	0,63	0,43			
90°	10°	0,03	-	-				0,80	0,91	0,95	0,97	0,95	0,91	0,80			
90°	20°	0,03	-	-				0,90	0,91	0,94	0,97	0,94	0,91	0,90			
90°	20°	0,03	-	-				0,78	0,91	0,94	0,97	0,94	0,91	0,78			
90°	30°	0,03	-	-				0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,94			
90°	30°	0,03	-	-				0,75	0,88	0,92	0,97	0,92	0,88	0,75			
90°	30°	0,03	-	-				0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,96	0,95			

Datum 3 jan.

Plaatselijke tijd

α	ψ	$\frac{D_I}{A}$	$\frac{D_n}{B}$	$\frac{D_g}{B}$	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
90°	10°	0,06	-	-				0,64	0,83	0,91	0,94	0,91	0,83	0,64			
90°	10°	0,06	-	-				0,81	0,82	0,89	0,94	0,89	0,82	0,81			
90°	20°	0,06	-	-				0,59	0,93	0,93	0,94	0,89	0,82	0,59			
90°	20°	0,06	-	-				0,87	0,93	0,93	0,94	0,93	0,87	0,87			
90°	30°	0,06	-	-				0,55	0,78	0,85	0,94	0,85	0,78	0,55			
90°	30°	0,06	-	-				0,90	0,92	0,94	0,94	0,94	0,92	0,90			

Alleen als $\frac{Dn}{B} + \frac{Dg}{B} - \frac{Dr}{A} < 0$ wordt het reeds eerder genoemde gunstige effect van de OW-oriëntatie op de doorlatendheid van het warenhuis verminderd.

De invloed van de dakhelling op de doorlatendheid van nok en goot is te verwaarlozen. De doorlatendheid van de roeden wordt bij hogere dakhelling minder nauwkeurig bekend, toch mag men concluderen, dat de invloed van een verhoging van de dakhelling gering is en in ieder geval niets verandert aan de conclusie over de gunstigste oriëntatie.

Algemene opmerkingen.

Er zijn geen tijdelijke gemiddelden bepaald omdat de intensiteit van de directe en diffuse straling in de loop van de dag verandert en geen over vele jaren gemiddelde waarde van de directe en diffuse bestralingssterkte in Nederland op ieder uur van de dag bekend is. Wel zullen de waarnemingsgegevens van de straling van het station Ukkel door het Koninklijk Meteorologisch Instituut van België in de nabije toekomst statistisch behandeld worden. Uit het voorafgaande is gebleken dat er maar weinig mogelijkheden zijn om de lichtdoorlatendheid van warenhuizen te verbeteren. Een beter bedekkingsmateriaal dan glas zal moeilijk te vinden zijn. In hoeverre de invloed van witgeverfde constructiedelen te verminderen is door bijvoorbeeld de horizontale afmetingen te verminderen ten koste van de verticale afmetingen (bijv. smalle diepe goot) of door grotere spontafstanden te kiezen of door de glasdikte te vergroten waardoor de afstand van de roeden groter worden, wordt mede door de bouwkundige afdeling van het I.T.T overwogen.

Bijlage: Rekenmethode.

Definities.

De cosinus van de invalshoek ϑ , van de directe zonnestraling met een vlak waarvan de hellingshoek ψ en de oriëntatie α genoemd wordt, hangt af van α , ψ , de plaatselijke tijd t , de declinatiehoek j en van de breedtegraad^x.

De plaatselijke tijd wordt uitgedrukt in de hoek :

$$\varphi = \left(\frac{360^\circ \cdot t}{24 \cdot h} - 180^\circ \right)$$

De hellingshoek ψ wordt positief genoemd als de bovenkant van het vlak bij de oriëntatie $\alpha = 90^\circ$ naar het zuiden wijst.

Met de hoeken α, ψ, φ, j is de cosinus van de invalshoek ϑ , U genoemd dus bepaald.

$$U(\alpha, \varphi, \psi, j) = \cos j \cdot \cos \varphi \cdot \cos \psi \cdot \cos 52^\circ + \cos j \cdot \cos \varphi \cdot \sin \psi \cdot \sin \alpha \cdot \sin 52^\circ + \sin j \cdot \cos \psi \cdot \sin 52^\circ - \cos j \cdot \sin \varphi \cdot \sin \psi \cdot \cos \alpha - \sin j \cdot \sin \psi \cdot \sin \alpha \cdot \cos 52^\circ.$$

Om schrijfwerk te voorkomen wordt:

$$U(\alpha, \varphi, -\psi, j) = U_I \text{ genoemd}$$

en $U(\alpha, \varphi, \psi, j) = U_{II}$ genoemd, het vlak met oriëntatie α en dakhelling $-\psi$ wordt vlak I en het vlak met oriëntatie α en dakhelling $+\psi$ wordt vlak II genoemd.

De cosinus van de invalshoek van de door vlak I gereflecteerde straling met vlak II wordt $U_{I,II}$ genoemd. $U_{II,I}$ is de cosinus van de door vlak II gereflecteerde straling met vlak I.

nu geldt:

$$U_{I,II} = \cos 2\psi \cdot U(\alpha, \varphi, -\psi, j) + \sin 2\psi \cdot U(\alpha, \varphi, 90-\psi, j)$$

$$U_{II,I} = \cos 2\psi \cdot U(\alpha, \varphi, \psi, j) + \sin 2\psi \cdot U(\alpha, \varphi, \psi-90, j)$$

Als $U_I > 0$ betekent dit dat de directe straling op de bovenkant van vlak I valt, als $U_I < 0$ valt de directe zonnestraling op de onderkant van vlak I.

^xAlle berekeningen zijn uitgevoerd voor de 52° breedtegraad.

Als $U_I > 0$ en $U_{II} < 0$ valt de door vlak I gereflecteerde straling niet op vlak II.

Als $U_I < 0$ en $U_{I,II} < 0$ valt de door vlak I (aan de onderkant) gereflecteerde straling op de onderkant van vlak II enz.

De constructiedelen van het warenhuis worden vervangen door cilindrs. Door de grootheden α en ψ , die het vlak bepalen waarop deze cilindrs loodrecht staan, aan te geven heeft men de richting van de cilindrs dus bepaald.

De sin. van de hoek die de directe zonnestraling met de as van deze cilindrs maakt is: $\sqrt{1 - U^2(\alpha, \psi, \Psi, j)}$.

Elementaire eigenschappen van het kasbedekkingsmateriaal.

Bij lichtdoorlatende stoffen, die dus zeer weinig absorberen hangt de reflectie, X genoemd, op een grenslaag materiaal - lucht af van de brekingsindex N en de cosinus van de invalshoek , U genoemd (zie fig. 3).

Volgens de formule van Fresnel is

$$X = \frac{1}{2} \cdot \frac{N^2 - 1 + 2U^2 - 2\sqrt{(N^2 - 1 + U^2) \cdot U^2}}{N^2 - 1 + 2U^2 + 2\sqrt{(N^2 - 1 + U^2) \cdot U^2}} \left\{ 1 + \frac{\sqrt{(N^2 - 1 + U^2) \cdot U^2 + U^2 - 1}}{\sqrt{(N^2 - 1 + U^2) \cdot U^2 + 1 - U^2}} \right\}$$

De doorgelaten straling wordt op de onderste grenslaag weer gedeeltelijk naar boven gereflecteerd en deze reflectie tussen de twee grenslagen herhaalt zich oneindig vaak. In totaal bedraagt de

reflectie $\frac{2X}{1+X}$

Als men de absorptie in het materiaal niet verwaarloost moet men het gedeelte dat op de weg tussen de twee grenslagen in de berekening betrekken. Als de afstand tussen de twee grenslagen D bedraagt dan is de afgelegde weg $D \cdot \sqrt{N^2 / (N^2 + U^2 - 1)}$. Het geabsorbeerde deel van de zonnestraling is dan $(1 - e^{-aD \sqrt{N^2 / (N^2 + U^2 - 1)}})$. Als a de absorbtiekonstante is.

Noemt men $e^{-aD \sqrt{N^2 / (N^2 + U^2 - 1)}} = \tau_a(U)$ dan is de totale doorlatendheid

$$\tau = \frac{(1-X)^2 \cdot \tau_a(U)}{1-X^2 \cdot \tau_a^2(U)}$$

Men kan de glasvervuiling in de berekeningen betrekken door aan te nemen dat zich op het materiaal een zeer dun zwart netwerk bevindt waarvan de doorlatendheid τ_v bedraagt. Dan geldt voor de totale doorlatendheid:

$$\tau(U) = \frac{(1-X)^2 \cdot \tau_a(U) \cdot \tau_v}{1-X^2 \cdot \tau_a^2(U) \cdot \tau_v} ;$$

voor de totale reflectie bij inval op de niet vervuilde kant

$$R_0(U) = X + \frac{X(1-X)^2 \cdot \tau_a^2(U) \cdot \tau_v}{1-X^2 \cdot \tau_a^2(U) \cdot \tau_v} \text{ en voor de totale reflectie op de}$$

vervuilde kant $R_D(U) = \tau_v \cdot R_O(U)$.

Als men dus een bepaalde brekingsindex N , een bepaalde graad van glasvervuiling τ_v en een bepaalde waarde voor de absorptie e^{-aD} aanneemt kan de doorlatendheid $\tau(a)$ de reflectie $R_O(U)$ berekend worden.

Doorlatendheid van directe straling bij warenhuizen zonder constructiedelen.

Als de genoemde elementaire eigenschappen van het kasbedekkingsmateriaal en $U_I, U_{II}, U_{I,II}$ en $U_{II,I}$ bekend zijn kan men de doorlatendheid van warenhuizen berekenen indien men zich beperkt tot dakhellingen die kleiner zijn dan 45° .

Want de directe straling kan dan slechts op 11 verschillende manieren op het kasdek vallen. Deze zijn in onderstaande tabel aangegeven.

geval	U_I	U_{II}	$U_{II,I}$	$U_{I,II}$	$U_I - U_{I,II}$	$U_{II} - U_{II,I}$
1	≥ 0	≥ 0	< 0	< 0		
2	≥ 0	< 0				
2a	< 0	≥ 0				
3	≥ 0	≥ 0	≥ 0	< 0		≥ 0
4	≥ 0	≥ 0	≥ 0	< 0		< 0
5	≥ 0	≥ 0	< 0	≥ 0	≥ 0	
6	≥ 0	≥ 0	< 0	≥ 0	< 0	
7	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0
8	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	< 0	< 0
9	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	< 0
10	≥ 0	≥ 0	≥ 0	≥ 0	< 0	≥ 0

In fig. 4 wordt geval 2, 2a aanschouwelijk voorgesteld.

Voor dakhellingen groter dan 45° kan de reflectie tussen de vlakken I en II meermalen voorkomen.

De berekening van de doorlatendheid wordt dan vrijwel onmogelijk.

In onderstaande reeksen is de te berekenen doorlatendheid voor ieder geval aangegeven.

Altijd moet $U(\alpha, \varphi, \psi=0, j) > 0$ d.w.z. dat de berekening alleen uitgevoerd moet worden als de zon zich boven de horizon bevindt.

Geval 1.

$$\tau = \frac{U_I \tau(U_I) + U_{II} \tau(U_{II})}{U_I + U_{II}}$$

Geval 2.

$$\tau = \tau(U_I) \cdot R_o(U_{II}) \cdot \sum_{n=0}^{k^*-1} \tau^n(U_I) \cdot \tau^n(U_{II}) \cdot \left\{ 1 + \zeta_{n,k-1} \left[(k^*-k) \cdot \left(1 + \frac{\tau(U_I) \cdot \tau(U_{II})}{R_o(U_{II})} \right) + \frac{(k+1-k^*)}{R_o(U_{II})} - 1 \right] \right\}$$

Waarbij $k^* = \frac{U_I}{U_I + U_{II}}$ en k het grootste gehele getal kleiner dan k^* is.

$\zeta_{n,k-1}$ is het Kronecker symbool.

Geval 2a. Dit is hetzelfde als geval 2 alleen moeten hier de tekens I en II verwisseld worden.

Geval 3.

$$\tau = \left[U_{II} + U_I \right]^{-1} \cdot \left[U_I \cdot \tau(U_I) + U_{II} \cdot \left\{ \tau(U_{II}) + R_b(U_2) \cdot R_o(U_{II}) \cdot \tau(U_{II,I}) \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \sum_{n=0}^k \tau^n(U_{II,I}) \cdot \tau^n(U_I) \cdot \frac{(k^*-n)}{(k^*+1)} \right\} \right]$$

Waarbij $k^* = \frac{U_{II,I}}{U_{II} - U_{II,I}}$ en k het grootste gehele getal kleiner dan k^* is.

Geval 4.

$$\tau = \left[U_{II} + U_I \right]^{-1} \cdot \left[U_I \cdot \tau(U_I) + U_{II} \cdot \left\{ \tau(U_{II}) + \sum_{l=0}^k R_b(U_{II}) \cdot \tau(U_{II,I}) \cdot \frac{1}{k^*} \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \left[1 + \delta_{1,k} \cdot (k^*-k-1) \right] \cdot \sum_{\alpha=0}^1 \tau(U_{II}) \cdot 1^{-\alpha} \tau(U_{II}) \cdot 1^{-\alpha} \left[1 - (1 - R_o(U_{II})) \cdot (1 - \delta_{0,\alpha}) \right] \right\} \right]$$

Waarbij $k^* = \frac{U_{II}}{U_{II,I} - U_{II}}$ en k het grootste gehele getal kleiner dan k^* is.

Geval 5.

$$\tau = \left[U_I + U_{II} \right]^{-1} \cdot \left[U_{II} \cdot \tau(U_{II}) + U_I \cdot \left\{ \tau(U_I) + R_b(U_I) \cdot R_o(U_I) \cdot \tau(U_{I,II}) \right. \right. \\ \left. \left. \cdot \sum_{n=0}^k \tau^n(U_{I,II}) \cdot \tau^n(U_I) \cdot \frac{(k^*-n)}{k^*+1} \right\} \right]$$

Waarbij $k^* = \frac{U_{I,II}}{U_I - U_{I,II}}$ en k het grootste gehele getal kleiner dan k^* is.

Geval 6.

Dit is hetzelfde als geval 4 alleen moeten de tekens I en II verwisseld worden.

Geval 7.

$$\tau = \left[U_I + U_{II} \right]^{-1} \cdot \left[U_I \cdot \left\{ \tau(U_I) + F. (U_I) \cdot R_o(U_I) \cdot \tau(U_{I,II}) \cdot \sum_{n=0}^k \tau^n(U_{I,II}) \cdot \tau^n(U_I) \cdot \frac{(k^* - n)}{(k^* + 1)} \right\} + U_{II} \left\{ \tau(U_{II}) + R_b(U_I) \cdot R_o(U_{II}) \cdot \tau(U_{II,I}) \cdot \sum_{m=0}^l \tau^m(U_{II,I}) \cdot \tau(U_2)^m \cdot \frac{(l^* - m)}{(l^* + 1)} \right\} \right]$$

Waarbij $k^* = \frac{U_{I,II}}{U_I - U_{I,II}}$ en k het grootste gehele getal

kleiner dan k^* is en $l^* = \frac{U_{II,I}}{U_{II} - U_{II,I}}$ en l het grootste gehele getal

kleiner dan l^* is.

Geval 8.

$$\tau = \left[U_I + U_{II} \right]^{-1} \cdot \left[U_I \cdot \left\{ \tau(U_I) + \sum_{l=0}^k R_b(U_I) \cdot \tau(U_{I,II}) \cdot \frac{1}{k^*} \cdot \left\{ 1 + S_{l,k}(k^* - k - 1) \right\} \cdot \sum_{\alpha=0}^l \tau(U_I)^{1-\alpha} \cdot \tau(U_{I,II})^{1-\alpha} \cdot \left\{ 1 - (1 - R_o(U_I)) \cdot (1 - S_{0,\alpha}) \right\} + U_{II} \left\{ \tau(U_{II}) + \sum_{r=0}^i R_b(U_{II}) \cdot \tau(U_{II,I}) \cdot \frac{1}{i^*} \cdot \left\{ 1 + S_{r,i}(i^* - i - 1) \right\} \cdot \sum_{b=0}^r \tau(U_{II})^{r-b} \cdot \tau(U_{II,I})^{r-b} \cdot \left\{ 1 - (1 - R_o(U_{II})) \cdot (1 - S_{0,b}) \right\} \right\} \right]$$

Waarbij $k^* = \frac{U_I}{U_{I,II} - U_I}$; $i^* = \frac{U_{II}}{U_{II,I} - U_{II}}$; k het grootste gehele getal

kleiner dan k^* en i het grootste gehele getal kleiner dan i^* :

Geval 9.

$$\tau = \left[U_2 + U_1 \right]^{-1} \cdot \left[U_I \left\{ \tau(U_I) + R_b(U_I) R_o(U_I) \tau(U_{I,II}) \cdot \sum_{n=0}^k \tau(U_{I,II})^n \cdot \tau(U_I)^n \cdot \frac{(k^x - n)}{(k^x + 1)} \right\} + U_{II} \left\{ \tau(U_{II}) + \sum_{r=0}^{r-i} R_b(U_{II}) \cdot \tau(U_{II}) \cdot \frac{1}{i^x} \left\{ 1 + \delta_{r1} (i^x - i - 1) \right\} \cdot \sum_{B_0}^r \tau(U_{II})^{r-B} \cdot \tau(U_{II,I})^{r-B} \cdot \left\{ 1 - (1 - R_o(U_{II})) (1 - \delta_{oB}) \right\} \right\} \right]$$

Waarbij $k^x = \frac{U_{I,II}}{U_I - U_{I,II}}$; $i^x = \frac{U_{II}}{U_{II,I} - U_{II}}$, k het grootste gehele getal kleiner dan k^x en i het grootste gehele getal kleiner dan i^x .

Geval 10.

Dit is hetzelfde als geval 9 alleen wordt hier weer I en II verwisseld.

Doorlatendheid van directe straling door nok en goot.

Bij deze berekening wordt de schaduw van de nok geprojecteerd op het horizontale vlak waarin de goot ligt en dan wordt van de som van de schaduw van nok en goot samen het gemeenschappelijk deel afgetrokken.

Dit gebeurt als volgt:

Eerst moeten drie mogelijkheden onderscheiden worden opdat een bepaalde z-waarde berekent kan worden.

Mogelijkheid 1.

Als $U(\alpha, \varphi, 0, j) > 0$ en $U(\alpha, \varphi, \psi, j) \geq 0$ en $U(\alpha, \varphi, -\psi, j) \geq 0$ dan is $k^* = \frac{U(\alpha, \varphi, \psi, j)}{U(\alpha, \varphi, \psi, j) + U(\alpha, \varphi, -\psi, j)}$ en $z = k^* - k \pm 0,5$ (zo dat $0 < t \leq 1$) waarbij k het grootste gehele getal kleiner dan k^* is.

Mogelijkheid 2.

Als $U(\alpha, \varphi, 0, j) > 0$ en $U(\alpha, \varphi, \psi, j) < 0$ en $U(\alpha, \varphi, -\psi, j) \geq 0$ dan is $k^* = \frac{U(\alpha, \varphi, -\psi, j)}{U(\alpha, \varphi, \psi, j) + U(\alpha, \varphi, -\psi, j)}$ en

$z = k^* - k \pm 0,5$ (zodat $0 < t \leq 1$) waarbij k het grootste gehele getal kleiner dan k^* is.

Mogelijkheid 3.

Als $U(\alpha, \varphi, 0, j) > 0$ en $U(\alpha, \varphi, \psi, j) \geq 0$ en $U(\alpha, \varphi, -\psi, j) \geq 0$

dan is $z = \frac{U(\alpha, \varphi, -\psi)}{2 \cdot U(\alpha, \varphi, 0, j) \cdot \cos \psi} \pm 0,5$ (zo dat $0 < t \leq 1$)

Als dus z bekend is kunnen l_1, l_2, l_3 en l_4 berekend worden.

$$l_1 = \left\{ 1 - \frac{\sqrt{1 - U^2(90 - \alpha - \psi, 90, j)}}{U^2(\alpha, \varphi, 0, j)} \cdot \frac{D_n}{B} \right\}$$

$$l_2 = \left\{ 1 - \frac{\sqrt{1 - U^2(90 - \alpha - \psi, 90, j)}}{U^2(\alpha, \varphi, 0, j)} \cdot \frac{D_g}{B} \right\}$$

$$l_3 = \frac{l_1 + l_2}{2} + \sqrt{(z - 0,5)^2 - 1}$$

$$l_4 = \frac{l_1 + l_2}{2} - \sqrt{(z - 0,5)^2 - 1}$$

De uiteindelijke doorlatendheid τ is dan bepaald door onderstaand schema:

Doorlatendheid van directe straling door roeden.

Bij de berekening van de doorlatendheid van nok en goot is de wederzijdse beschaduwing exact in rekening gebracht, hier had men oneindig lange zich in een vlak oneindig vaak herhalende cilindres.

Omdat de roeden zich in oneindig veel vlakken oneindig vaak herhalen is het niet altijd mogelijk de onderlinge beschaduwing van de roeden in rekening te brengen. Alleen de onderlinge beschaduwing van de roeden die in het vlak I of in vlak II liggen wordt beschouwd.

Daar waar de doorlatendheid niet exact te bepalen is d.i. als $U_I < 0$ of $U_{II} < 0$ zijn de uitersten grenswaarden berekend. In onderstaand schema worden 10 gevallen onderscheiden:

$U(\alpha, \psi, 0, j)$	$U(\alpha, \psi, \psi, j)$	$U(\alpha, \psi, -\psi, j)$	l_1	l_2	Geval
> 0	> 0	> 0	< 1	< 1	1
> 0	> 0	> 0	≥ 1	> 1	2
> 0	> 0	> 0	< 1	≥ 1	3
> 0	> 0	> 0	≥ 1	< 1	4
> 0	> 0	< 0	≥ 1		5
> 0	> 0	< 0	< 1	< 1	6
> 0	< 0	≥ 0		≥ 1	7
> 0	< 0	≥ 0	< 1	< 1	8
> 0	< 0	≥ 0	≥ 1	< 1	9
> 0	< 0	< 0	< 1	≥ 1	10

Hier is $l_1 = \frac{D_r}{A} \sqrt{\frac{1 - U^2(\alpha, \psi, \psi - 90, j)}{U^2(\alpha, \psi, \psi, j)}}$ en

$$l_2 = \frac{D_r}{A} \sqrt{\frac{1 - U^2(\alpha, \psi, 90 - \psi, j)}{U^2(\alpha, \psi, -\psi, j)}}$$

De uiteindelijke doorlatendheid is dan in

$$\text{Geval 1: } \tau = \frac{U(\alpha, \varphi, \Psi, j) \{1-l_1\} + U(\alpha, \varphi, -\Psi, j) \{1-l_2\}}{U(\alpha, \varphi, \Psi, j) + U(\alpha, \varphi, -\Psi, j)}$$

$$\text{Geval 2: } \tau = 0$$

$$\text{Geval 3: } \tau = \frac{U(\alpha, \varphi, \Psi, j) \{1-l_1\}}{U(\alpha, \varphi, \Psi, j) + U(\alpha, \varphi, -\Psi, j)}$$

$$\text{Geval 4: } \tau = \frac{U(\alpha, \varphi, -\Psi, j) \{1-l_2\}}{U(\alpha, \varphi, \Psi, j) + U(\alpha, \varphi, -\Psi, j)}$$

$$\text{Geval 5: } \tau = 0$$

Geval 6:

Hier worden verschillende grenswaarden berekend.

$$\tau_1 = (k^x - k) \cdot (1-l_1)^{k+1} (1-l_2)^k + (1-k^x + k) \cdot (1-l_1)^k \cdot (1-l_2)^{k-1}$$

$$\tau_4 = (1-l_1)$$

Waarbij $k^x = \frac{U(\alpha, \varphi, \Psi, j)}{U(\alpha, \varphi, \Psi, j) + U(\alpha, \varphi, -\Psi, j)}$ en k het grootste gehele getal kleiner dan k^x is.

$$\text{Geval 7: } \tau = 0$$

Geval 8: Dit is hetzelfde als geval 6 alleen wordt 1 en 2 (+ Ψ , - Ψ) verwisseld.

Diffuse straling.

De bestralingssterkte van ideale diffuse straling op het horizontale vlak wordt meestal in kogel-coördinaten weergegeven met

$\int_0^{\frac{\pi}{2}} \int_0^{2\pi} \sin \vartheta \cdot \cos \vartheta d\vartheta d\varphi$ waarbij i de van richting onafhankelijke radiantie is.

Voor deze berekeningen is het gunstiger een ander coördinaten-systeem te kiezen (zie fig. 5) omdat de snijlijnen van de vlakken van het warenhuis evenwijdig lopen.

De bestralingssterkte bedraagt dan:

$$\int_{\beta=0}^{\frac{\pi}{2}} \int_{\vartheta=0}^{\frac{\pi}{2}} i \cdot \sin^2 \beta \cdot \cos \vartheta d\vartheta d\beta$$

Nu is $U_I = \sin \beta \cdot \cos (\vartheta - \psi)$

$U_{II} = \sin \beta \cdot \cos (\vartheta + \psi)$

$U_{I,II} = -\sin \beta \cdot \cos (\vartheta - \psi) \cos 2\psi - \sin \beta \cdot \sin (\vartheta - \psi) \cdot \sin 2\psi$

$U_{II,I} = -\sin \beta \cdot \cos (\vartheta + \psi) \cos 2\psi + \sin \beta \cdot \sin (\vartheta + \psi) \sin 2\psi$

De berekening van de doorlatendheid voor straling uit die richting die met ϑ en β bepaald is, wordt $\tau_{\vartheta, \beta}$ genoemd en is precies hetzelfde als de berekening bij de directe straling. De totale doorlatendheid wordt dan:

$$i \cdot \frac{4}{\pi} \int_{\beta=0}^{\frac{\pi}{2}} \int_{\vartheta=0}^{\frac{\pi}{2}} \tau_{\vartheta, \beta} \cdot \sin^2 \beta \cos \vartheta d\vartheta d\beta.$$

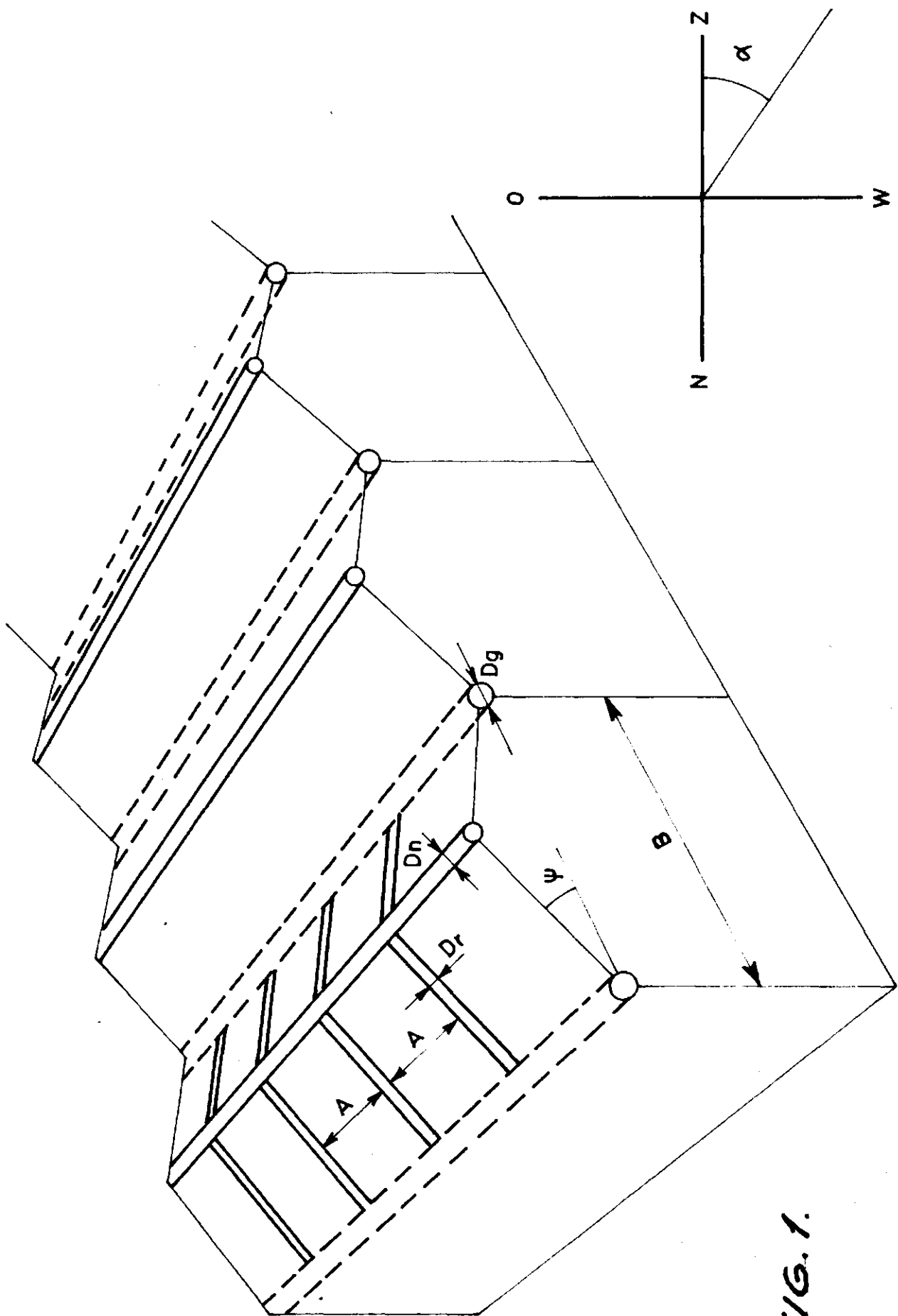
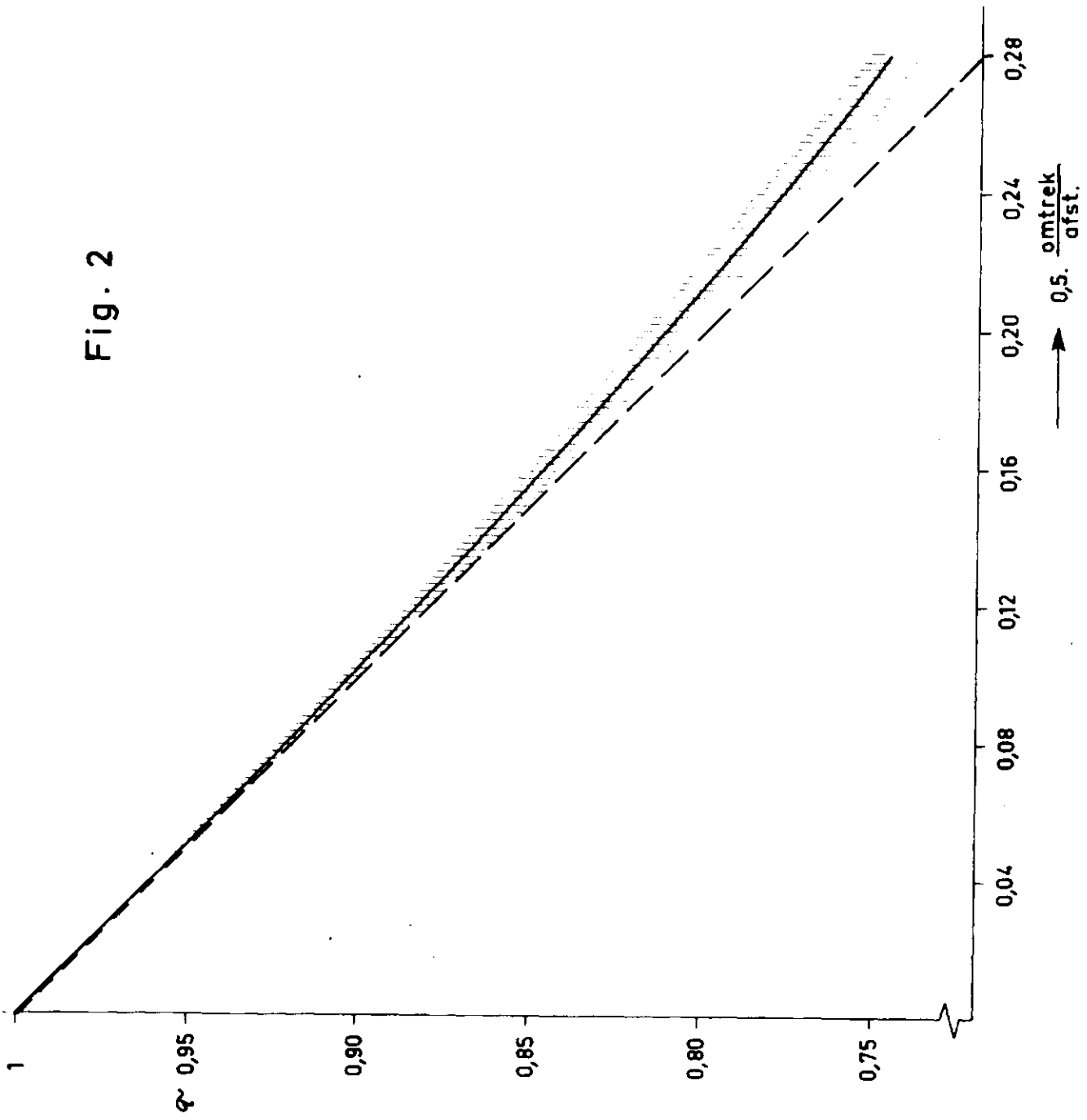


FIG. 1.

Fig. 2



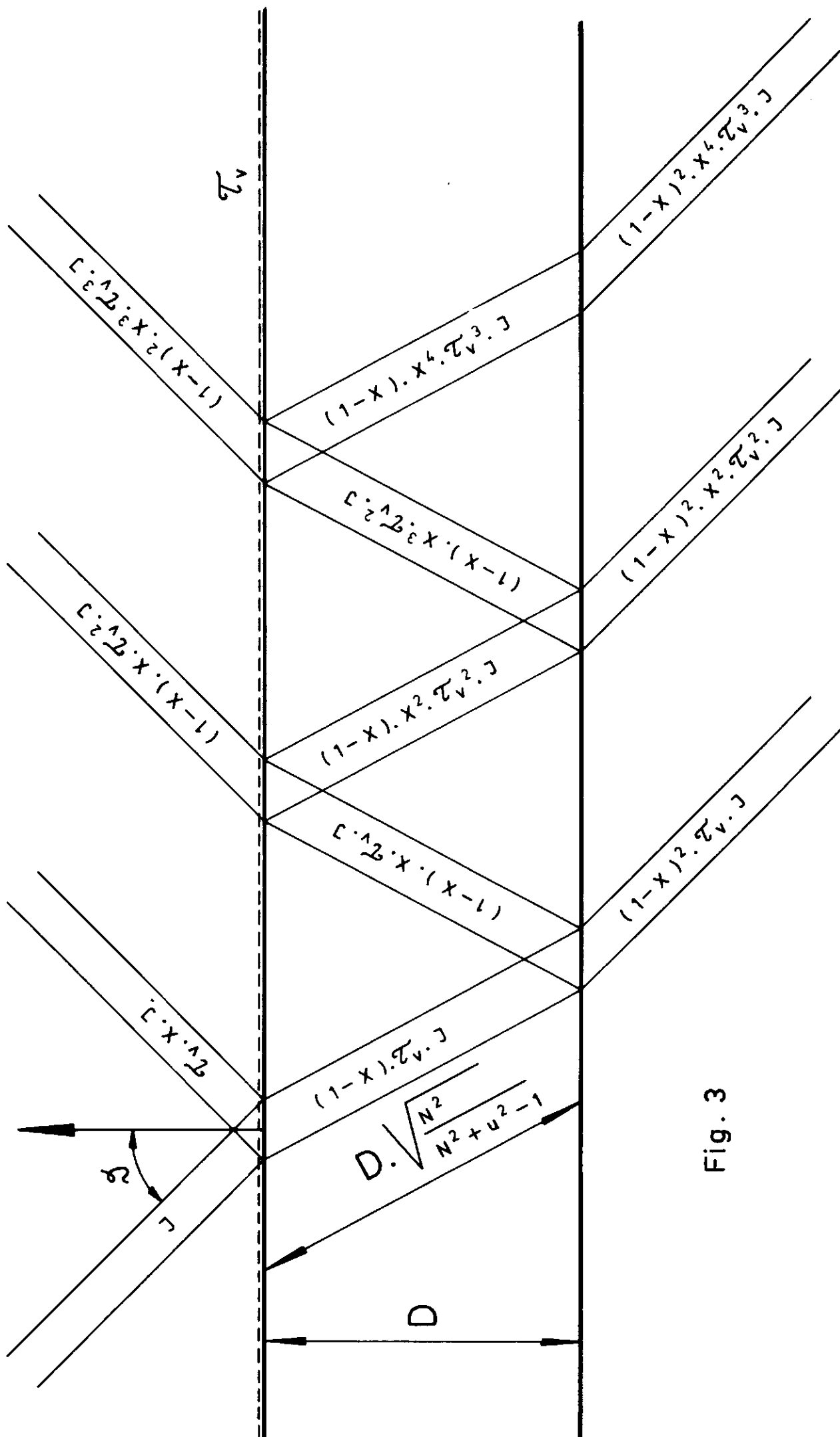


Fig. 3

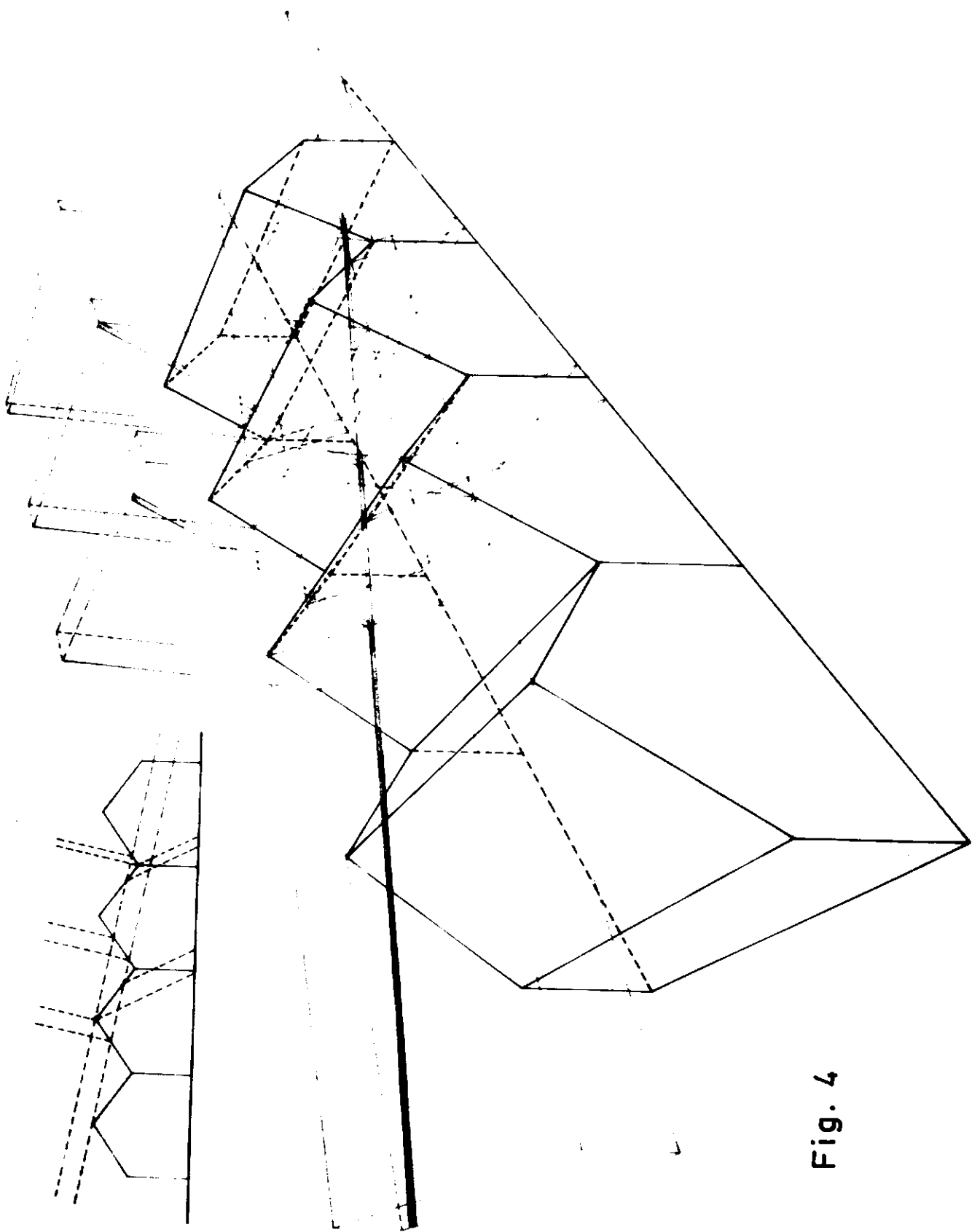


Fig. 4

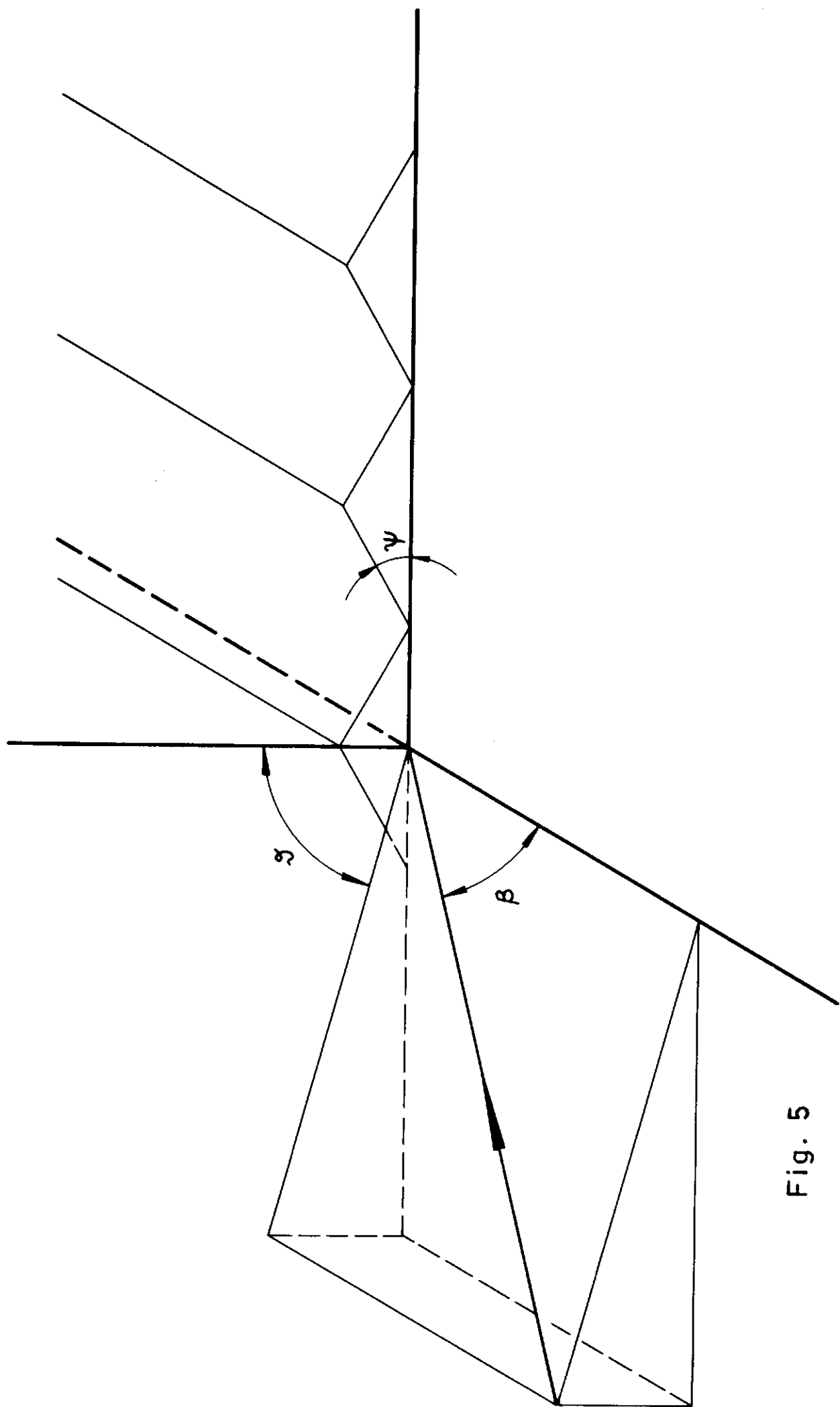


Fig. 5