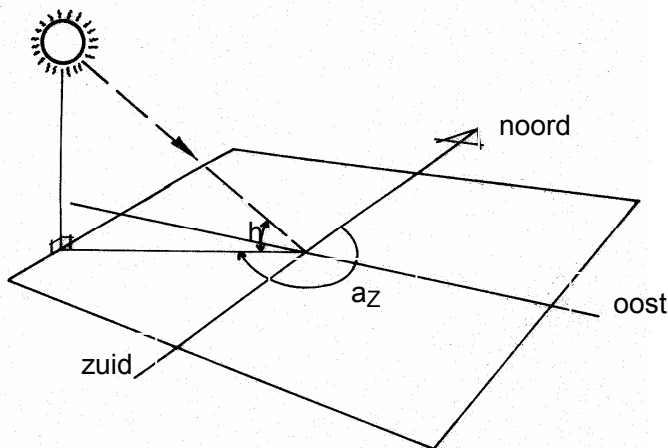


Zonnestraling en zonstralingsgegevens

Kennisbank Bouwfysica
Auteur: ir. A.C. van der Linden

1 Inleiding

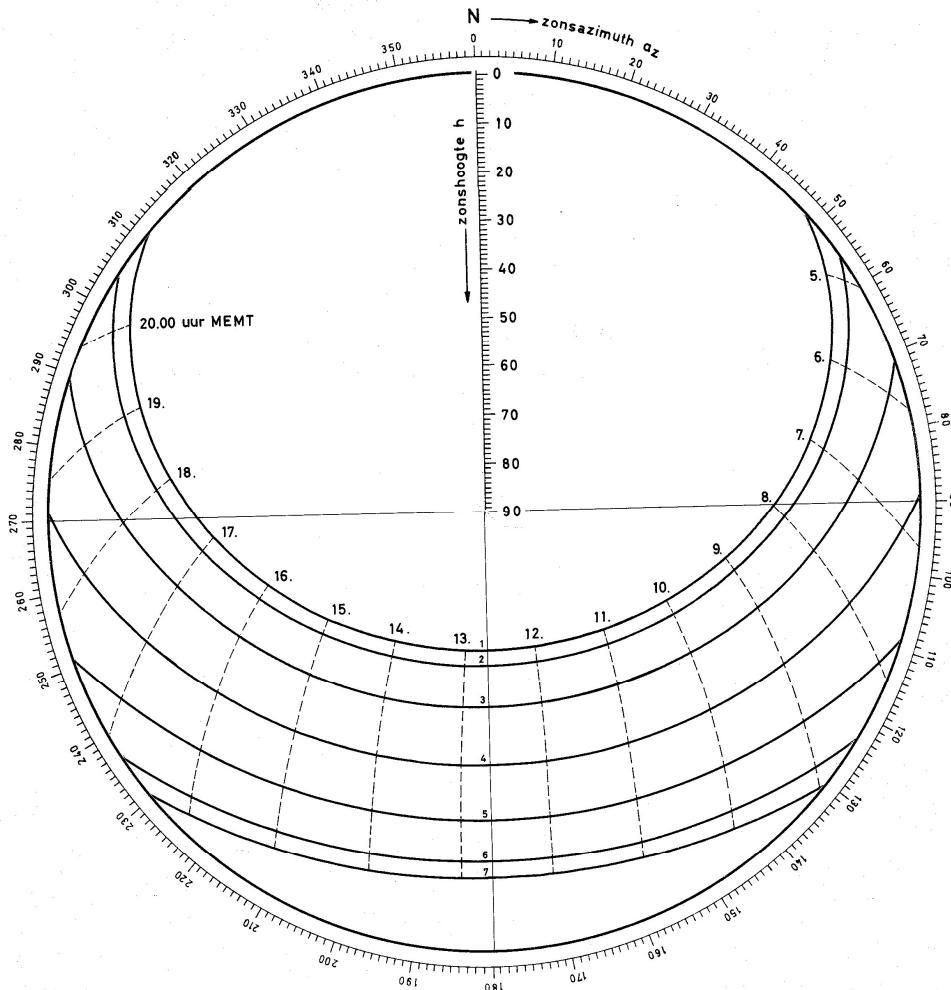
De sterkte van de zonnestraling die op een gevel valt, kan in totaal wel 900 W/M^2 bedragen. Wanneer deze straling ongehinderd binnen kan komen, betekent dit een zeer grote warmtetoevoer tot het vertrek. 's Winters kan dit een welkome positieve post op de warmtebalans betekenen (passieve zonne-energie); zomers kan dit tot onaantvaardbaar hoog oplopende binnentemperaturen leiden. In het voor- en najaar kan een en ander zowel positief, als negatief uitpakken. Hierbij speelt de massa van het gebouw (warmteaccumulatie) een belangrijke rol. De hoeveelheid opvallende zonnewarmte wordt onder andere bepaald door de oriëntatie van de gevel, beschaduwing door andere gebouwen of door delen van het eigen gebouw (luifels en dergelijke). Het gedeelte van deze energie dat het vertrek binnendringt, hangt af van het percentage glas in de gevel, het soort glas en de toegepaste zonwering. Verder kunnen fel door de zon beschenen vlakken grote helderheidsverschillen binnen het gezichtsveld veroorzaken, waardoor het kijken niet altijd even eenvoudig is. Niettemin wordt toetreding van zon in vertrekken onder normale omstandigheden als prettig ervaren. Door de Studiecommissie Grondslagen Woningwaardering zijn in de uitgave Blauwe Reeks nummer 34 (1962) van de Vereniging van Nederlandse Gemeenten aanbevelingen gedaan voor de gewenste zonlichttoetreding bij woningen. Als op 20 januari (en 22 november) tussen 9.00 en 15.00 uur het "normpunt" minstens 3 uur door de zon wordt beschenen, spreekt men van de kwalificatie "goed". Een zonbestraling van minstens 2 uur van het "normpunt" op 19 februari (en 23 oktober) is goed voor de kwalificatie "matig". Het "normpunt" bevindt zich op het midden van de vensterbank, in het binnenvlak van de gevel. Voor fabrieken, werkplaatsen en de bijbehorende kantoren en dergelijke moet - volgens het Veiligheidsbesluit van 1938 - direct zonlicht op de werkplaats worden vermeden. Echter, een nieuwe versie van het Veiligheidsbesluit valt binnen niet al te lange tijd te verwachten. Over dit onderwerp zijn verder geen gedetailleerde en algemeen aanvaarde richtlijnen aanwezig, zodat vaak het persoonlijk inzicht van de ontwerper maatgevend wordt. Hierop én op de manier waarop bezonning (en beschaduwing) kan worden berekend, wordt nader ingegaan in module W-10; "Bezonnning en beschaduwing". Module W-11; "Zonwering" behandelt de eigenschappen van diverse soorten zonwering. De module "Het benutten van zontoetreding door het raam" ten slotte geeft een methode om het nuttig effect van zontoetreding ten aanzien van de verwarming te kwantificeren. Echter, eerst worden algemene gegevens over zonnestraling behandeld.



figuur 1. zonnehoogte (h) en azimut (a)

ZONNEBAAN-DIAGRAM voor 52° N.B.

1. 22 juni
2. 23 juli en 21 mei
3. 23 augustus en 20 april
4. 23 september en 21 maart
5. 23 oktober en 19 februari
6. 22 november en 20 januari
7. 22 december



figuur 2. zonshoogte en zonsazimut voor 52° N.B. voor de kenmerkende data

2 Zonstralingsgegevens

Het lijkt logisch een module over zonnestraling en zonstralingsgegevens te beginnen met enkele basisgegevens over de zonnestand, sterkte van de straling, etc.

2.1 Zonshoogte en azimut

In figuur 1 is aangegeven hoe de stand van de zon op een punt op aarde wordt vastgelegd met behulp van zonshoogte en azimut.

De zonshoogte volgt uit:

$$h = \arcsin (\sin \gamma \cdot \sin d - \cos \gamma \cdot \cos d \cdot \cos u) \quad (1)$$

Hierin is:

- h zonshoogte in graden
- γ breedtegraad van de betreffende plaats op aarde voor Nederland 52° NB
- d declinatie van de zon, dat is de hoek tussen de stralingsrichting en het vlak door de evenaar
- u uurhoek waarin het tijdstip op de dag is verwerkt in graden.

De declinatie d wordt via een goede benadering gevonden uit:

$$d = 23,44^\circ \cdot \sin(360^\circ \cdot (283 + n)/365) \quad (2)$$

Hierin is de n de n-de dag van het jaar.

De uurhoek u is om middernacht 0° ; daarna neemt hij ieder uur $360/24 = 15^\circ$ toe.

$u = t \cdot 15^\circ$, waarin t de tijd is, uitgedrukt in uren zonnetijd.

Het azimut ten slotte volgt uit:

$$a_z = \arcsin(\cos d \cdot \sin u / \cos h) \text{ als } \cos u > \frac{-\operatorname{tg} d}{\operatorname{tg} \gamma}$$

$$a_z = 180 - \arcsin(\cos d \cdot \sin u / \cos h) \text{ als } \cos u < \frac{-\operatorname{tg} d}{\operatorname{tg} \gamma} \quad (3)$$

In figuur 2 is een zonnebaandiagram gegeven waarin voor iedere maand op de aangegeven datum, voor ieder uur zonshoogte en azimut zijn af te lezen.

In het diagram is de tijd aangegeven in uren MEMT in plaats van in zonnetijd of werkelijke tijd. In Nederland geldt als wettige tijd de Middel-Europese-Middelbare-Tijd (MEMT). Deze komt overeen met de gemiddelde zonnetijd voor een geografische lengte van 15° OL (oosterlengte). Aangezien Nederland tussen 3° OL en 7° OL ligt, vindt men de zonnetijd (ZT) door van de kloktijd (MEMT) 48 tot 32 minuten af te trekken.

Immers, iedere 15° lengteverschil betekent een tijdsverschil (ZT) van 1 uur. Echter, gemiddeld kan men uitgaan van 40 minuten voor het gehele land. Tijdens de zomerperiode wordt de klok een uur verschoven, zodat dan het verschil tussen kloktijd en zonnetijd 1 uur en 40 minuten bedraagt.

- Winter kloktijd (MEMT) = ZT + 40 min.
- Zomer kloktijd (zomertijd) = ZT + 100 min.

datum	d	zonsopgang en zonsondergang					
		zonnetijd		MEMT		zomertijd	
		Op	onder	op	onder	op	onder
22 december	-23,44°	8.15	15.45	8.55	16.25	-	-
20 jan. / 22 nov.	-20,15°	7.52	16.08	8.32	16.48	-	-
19 feb. / 23 okt.	-11,47°	7.00	17.00	7.40	17.40	-	-
21 mrt / 23 sept.	0,00°	6.00	18.00	6.40	18.40	7.40	19.40
20 april / 23 aug.	11,47°	5.00	19.00	5.40	19.40	6.40	20.40
21 mei / 23 juli	20,15°	4.08	19.52	4.48	20.32	5.48	21.32
22 juni	23,44°	3.45	20.15	4.25	20.55	5.25	21.55

tabel 1. declinatie (d) en tijdstip van zonsopgang en zonsondergang voor een aantal data

	q _{dir,n} in W/m ² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	-	87	407	571	641	650	603	474	214	-	-	-	-
feb	-	-	-	45	432	639	737	777	783	755	680	519	194	-	-	-
mrt	-	-	19	420	650	761	818	844	847	830	785	697	517	163	-	-
apr	-	25	412	648	766	831	867	884	887	875	846	792	696	509	162	-
mei	1	329	582	721	800	846	873	887	889	879	857	818	752	639	423	88
juni	129	327	624	732	798	838	862	874	876	867	848	813	758	665	506	239
juli	68	386	599	716	786	828	853	865	867	858	838	802	743	646	472	186
aug	-	180	488	660	753	807	838	853	855	844	819	775	697	559	298	-
sept	-	-	218	532	691	773	817	838	841	826	791	724	598	344	-	-
okt	-	-	-	227	535	687	759	792	796	774	717	598	353	-	-	-
nov	-	-	-	-	219	489	623	679	687	648	546	328	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	10	324	507	587	597	544	401	117	-	-	-	-

tabel 2. voor Nederland representatief te achten waarden voor de maximale sterkte van de zonnestraling loodrecht op de stralingsrichting voor de 15^e van iedere maand [1]

maand	a	B	c
januari	900	1129	5,25
februari	958	1104	4,35
maart	968	1067	3,76
april	976	1038	3,34
mei	966	1010	3,09
juni	949	988	2,97
juli	942	983	2,99
augustus	937	991	3,15
september	943	1019	3,49
oktober	939	1063	4,07
november	915	1093	4,68
december	857	1142	5,84

tabel 3. factoren voor het bepalen van de maximale normaalstraling van de zon voor Nederlandse omstandigheden [1]

In de winter staat de zon om 12.40 uur (MEMT) op zijn hoogste punt; in de zomer om 13.40 uur (zomertijd).

De invloed die de verschuiving van de kloktijd ten opzichte van de zonnetijd heeft op de uren dat de zon op is, is weergegeven in tabel 1. Het tijdstip van zonsopgang en zonsondergang is eenvoudig te bepalen door in de formule voor de berekening van de zonshoogte, deze op 0 te stellen. In tabel 1 is tevens aangegeven welke declinatie bij de verschillende data hoort [2].

De gegeven formules geven niet de exacte situatie weer. Immers een jaar is niet precies 365 dagen en de baan van de zon is niet zuiver cirkelvormig. Dit laatste aspect bij voorbeeld zorgt ervoor dat de maximale zonshoogte niet altijd om precies 12.00 uur ZT wordt bereikt. Echter, dit tijdsverschil (tijdvereffening) bedraagt maximaal slechts circa 15 minuten (plus of min). Echter, voor gebruik in de bouwfysische praktijk is de nauwkeurigheid van de gegeven formules groot genoeg.

2.2 Sterkte van de directe zonnestraling

De straling van de zon zoals die de dampkring van de aarde binnendringt, komt niet ongehinderd op het aardoppervlak terecht. Er kan onderscheid worden gemaakt in de vermindering van de straling (absorptie en verstrooiing) door:

- luchtmoleculen (inclusief de ozonabsorptie);
- waterdamp in de atmosfeer;
- zwevende deeltjes (aerosolen, "stof").

In tabel 2 zijn voor Nederland representatief te achten waarden voor de maximale sterkte van de zonnestraling loodrecht op de stralingsrichting gegeven. Deze zijn overgenomen uit [1], waarin ook de aangehouden waarden voor de hierboven genoemde effecten zijn weergegeven.

Voor zonshoogten boven 10° kan de waarde voor deze normaalstraling worden benaderd met de volgende formule:

$$q_{dir,n} = a - b \cdot e^{-c \cdot \sin h} \quad (4)$$

Hierin is:

$q_{dir,n}$	intensiteit normaalstraling in W/m^2
a, b, c	factor te ontleen aan tabel 6.3
h	zonshoogte in graden

Het omrekenen van de normaalstraling naar de straling op het horizontale vlak $q_{dir,h}$ gebeurt met de formule:

$$q_{dir,h} = q_{dir,n} \cdot \sin h \quad (5)$$

Voor een verticaal vlak geldt de formule:

$$q_{dir,v} = q_{dir,n} \cdot \cos h \cdot \cos(a_z - a_v) \quad (6)$$

Hierin is:

$q_{dir,v}$	intensiteit normaalstraling op verticaal vlak in W/m^2
a_z	azimut van de zon in graden
a_v	azimut van het beschouwde vlak in graden

Voor hellende vlakken geldt:

$$q_{dir} = q_{dir.h} \cdot \cos \alpha + q_{dir.v} \cdot \sin \alpha \quad (7)$$

Hierin is:

- α hoek die het vlak maakt met het horizontale vlak in graden
- $q_{dir.v}$ straling op een verticaal vlak met dezelfde oriëntatie als het hellende vlak in W/m^2

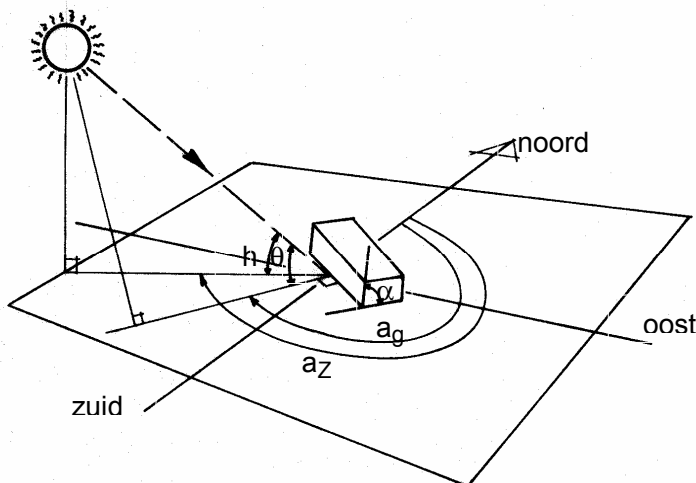
Voor alle vlakken kan men de stralingssterkte berekenen met de formule:

$$q_{dir} = q_{dir.n} \cdot \cos \theta$$

waarin voor de hoek θ = de hoek tussen de stralingsrichting en de normaal op het te beschouwen vlak geldt:

$$\cos \theta = \sin h \cdot \cos \alpha + \cos h \cdot \sin \alpha \cdot \cos(a_z - a_g) \quad (8)$$

Voor de verklaring van de verschillende hoeken (zie figuur 3).



In deze figuur is:

- h zonshoogte
- θ invalshoek van de zon op de gevel (eventuele) helling van de gevel
- α azimuth van de zon
- a_z azimuth van de gevel

figuur 3. aanduiding van de verschillende hoeken die van belang zijn bij het berekenen van de sterkte van de zonnestraling op een bepaald vlak

2.3 Sterkte van de diffuse zonnestraling

Volgens [1] kan de sterkte van de diffusie zonnestraling (hemelstraling) op het horizontale vlak worden berekend uit:

$$q_{diff.h} = 1/3 \cdot (q_{dir.o} - q_{dir.n}) \cdot \sin h \quad (9)$$

Hierin is:

$q_{diff.h}$	diffuse zonnestraling (hemelstraling) op het horizontale vlak in W/m^2
$q_{dir.o}$	directe zonnestraling loodrecht op de stralingsrichting zoals die aan de buitenkant van de dampkring van de aarde bestaat in W/m^2
$q_{dir.n}$	directe zonnestraling loodrecht op de stralingsrichting aan het aardoppervlak in W/m^2

Deze formule geeft slechts een redelijke benadering. Echter, een betere is niet eenvoudig te vinden. Het aangegeven verband tussen de diverse factoren is wel goed; de waarde 1/3 blijkt in de praktijk nogal te kunnen variëren.

Uit (9) blijkt - wat men ook in de praktijk waarneemt - dat bij toenemende bedekking van de hemel de directe zonnestraling afneemt maar de diffuse straling daarentegen toeneemt. Immers, er wordt meer straling door de atmosfeer verstrooid. Daarnaast wordt er ook meer straling geabsorbeerd, zodat het totaal aan straling dat het aardoppervlak bereikt wel vermindert.

De extra-terrestrische straling $q_{dir.o}$ die buiten op de dampkring valt, varieert voornamelijk met de variatie in de afstand tussen zon en aarde.

$$q_{dir.o} = 1355 \cdot \left[1 - 0,033 \cdot \sin\left(\frac{n-93}{365} \cdot 360\right) \right] \quad (10)$$

Hierin is:

n de n-de dag van het jaar

Voor de diffuse straling op een verticaal vlak is het volgende verband met de diffuse straling op het horizontale vlak afgeleid.

Voor $\cos \theta \leq -0,3$:

$$q_{diff.v} = (-0,473 + 0,043 \cdot \cos \theta) \cdot q_{diff.h} \quad (11)$$

Voor $\cos \theta > -0,3$:

$$q_{diff.v} = (0,560 + 0,436 \cdot \cos \theta + -0,35 \cdot \cos^2 \theta) \cdot q_{diff.h} \quad (12)$$

Voor hellende vlakken wordt bij benadering gevonden naar analogie van de directe straling:

$$q_{diff} = q_{diff.h} \cdot \cos \alpha + q_{diff.v} \cdot \sin \alpha \quad (13)$$

	Q_{dir,h} in W/m² op tijdstip MEMT														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	4	63	134	180	186	153	88	18	-	-	-	-
feb	-	-	1	73	182	272	324	332	294	216	110	15	-	-	-
mrt	-	-	75	208	334	429	483	491	452	369	253	117	12	-	-
apr	1	75	219	366	495	590	644	652	613	531	412	269	120	13	-
mei	50	177	326	470	592	682	733	741	704	626	513	375	226	85	5
juni	91	224	369	507	624	710	758	765	730	656	548	416	272	132	28
juli	74	204	348	486	-603	690	739	746	711	636	528	396	252	113	18
aug	16	120	262	404	525	615	666	673	637	559	447	311	166	42	-
sept.	-	22	136	275	399	492	545	553	515	434	319	182	52	-	-
okt.	-	-	22	126	242	333	385	393	355	276	166	51	-	-	-
nov	-	-	-	19	98	176	223	230	196	126	42	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	40	103	145	151	120	61	6	-	-	-	-

tabel 4. voor Nederland representatieve waarden voor de maximale directe zonnestraling in W/m², op het horizontale vlak voor de 15^e van iedere maand [1]

	Q_{diff,h} in W/m² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	-	19	51	65	71	72	68	57	33	-	-	-	-
feb	-	-	-	32	54	71	80	85	85	82	75	61	32	-	-	-
mrt	-	-	9	56	77	89	96	100	101	98	92	81	65	30	-	-
apr	-	11	57	79	93	102	109	112	113	110	105	96	84	66	30	-
mei	3	50	75	91	103	112	118	121	121	119	114	106	95	81	61	22
juni	28	63	83	97	109	118	124	127	127	125	120	112	102	88	70	42
juli	20	59	81	96	108	117	124	127	127	125	120	112	101	86	67	35
aug	-	34	68	88	102	112	119	122	123	120	114	105	93	76	48	-
sept	-	-	37	69	86	98	105	109	110	107	101	91	76	51	-	-
okt	-	-	-	36	65	80	89	93	94	90	83	71	49	-	-	-
nov	-	-	-	-	34	60	72	77	78	74	65	45	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	7	44	60	67	68	63	51	23	-	-	-	-

tabel 5. voor Nederland representatieve waarden voor de diffuse zonnestraling (hemelstraling) in W/m², op het horizontale vlak, bij helder weer, voor de 15^e van iedere maand [1]

noord	Q_{tot} in W/m² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	-	11	33	48	56	57	51	40	20	-	-	-	-
feb	-	-	-	8	37	56	70	78	79	74	62	44	19	-	-	-
mrt	-	-	6	39	64	82	95	102	103	98	87	70	47	19	-	-
apr	-	14	60	69	88	106	119	126	126	121	113	95	75	55	51	-
mei	2	155	149	91	106	121	133	139	141	136	126	111	96	122	168	61
juni	100	220	197	101	116	128	139	146	147	143	133	120	106	168	226	160
juli	57	195	178	97	112	126	137	144	144	141	131	117	103	150	203	124
aug	-	80	101	80	98	115	126	134	135	130	119	103	86	77	106	-
sept	-	-	26	54	75	94	107	113	114	109	99	82	61	36	-	-
okt	-	-	-	22	48	67	81	88	90	85	73	56	32	-	-	-
nov	-	-	-	-	20	42	56	63	65	59	47	29	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	4	27	42	50	51	45	33	13	-	-	-	-

tabel 6. voor Nederland representatieve waarden voor de totale zonnestraling (q_{dir} + q_{diff} + q_{gr}) op een verticaal vlak georiënteerd op het noorden, voor de 15^e van iedere maand [1]

2.4 Reflectie via het aardoppervlak

Van de op het aardoppervlak vallende straling wordt ook een deel gereflecteerd; dit kan aldus indirect op gevels en dergelijke terecht komen. Uitgaande van een diffuse reflectie van het grondoppervlak volgt voor de grondreflectie:

$$q_{gr} = \gamma \cdot r \cdot (q_{dir,h} + q_{diff,h}) \quad (14)$$

Hierin is:

q_{gr}	intensiteit grondreflectie in W/m^2
γ	geometrische factor voor het ontvangende vlak ten opzichte van het reflecterende vlak
r	reflectiecoëfficiënt van het oppervlak

Voor een verticaal vlak, uitkijkend op een zich oneindig uitstrekkend horizontaal vlak is $\gamma = 0,5$. Ook voor een gevel liggend aan een vrij groot terrein geldt dit bij benadering.

Voor hellende vlakken kan deze geometrische factor worden vermenigvuldigd met $(1 - \cos \alpha)$ waarbij α de helling van het beschouwde vlak ten opzichte van het horizontale vlak is. Als gemiddelde reflectiecoëfficiënt van het aardoppervlak kan men $r = 0,2$ aanhouden.

Met het invullen van deze waarden verandert de formule in:

$$q_{gr,\alpha} = 0,1 \cdot (1 - \cos \alpha) \cdot (q_{dir,h} + q_{diff,h}) \quad (15)$$

Hierin is:

$q_{gr,\alpha}$	intensiteit grondreflectie op een hellend vlak in W/m^2
α	hoek die het ontvangende vlak maakt met het horizontale vlak in graden.

Uiteraard kan men met behulp van de zichtfactoren zoals behandeld in het hoofdstuk "Warmteoverdracht door straling tussen bouwdelen" en eventueel andere waarden voor de reflectiecoëfficiënt zelf de juiste waarde van q_{gr} bepalen.

2.5 Overzicht maximale directe en diffuse straling op horizontale en verticale vlakken

In enkele tabellen zijn voor alle maanden (berekend voor de 15e) waarden gegeven voor de zonnestraling, namelijk:

tabel 4.	maximale waarden voor de directe zonnestraling op het horizontale vlak bij helder weer.
tabel 5.	diffuse zonnestraling (hemelstraling) bij helder weer.
tabel 6.	totale zonnestraling (direct, diffuus en gereflecteerd via de grond) voor verticale
t/m 9,	vlakken bij helder weer voor de oriëntaties noord, oost, zuid en west.

oost	Q _{tot} in W/m ² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	-	89	303	296	174	64	53	41	20	-	-	-	-
feb	-	-	-	60	419	495	403	228	87	76	63	44	19	-	-	-
mrt	-	-	32	479	649	618	476	269	112	100	87	69	46	17	-	-
apr	-	39	494	729	771	687	518	299	135	122	111	93	71	47	17	-
mei	4	381	671	796	791	692	523	309	150	137	125	109	89	66	41	13
juni	144	479	705	796	781	679	515	309	156	143	132	116	96	74	50	25
juli	84	441	685	786	776	678	513	308	154	141	130	113	94	71	47	20
aug	-	221	579	750	763	675	511	278	145	131	118	101	80	57	30	-
sept	-	-	273	608	700	642	490	281	124	111	99	81	59	32	-	-
okt	-	-	-	263	527	547	430	244	98	86	73	55	31	-	-	-
nov	-	-	-	-	213	371	332	192	72	61	48	29	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	16	241	260	158	58	47	34	13	-	-	-	-

tabel 7. voor Nederland representatieve waarden voor de totale zonnestraling ($q_{dir} + q_{diff} + q_{gr}$) bij helder weer op een verticaal vlak georiënteerd op het oosten, voor de 15^e van iedere maand [1]

zuid	Q _{tot} in W/m ² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	-	77	388	607	722	739	656	471	187	-	-	-	-
feb	-	-	-	31	312	563	742	839	854	784	632	404	120	-	-	-
mrt	-	-	9	177	404	607	761	848	861	798	665	476	252	49	-	-
apr	-	6	44	186	380	558	696	776	786	729	610	442	250	74	19	-
mei	1	33	63	137	312	473	598	670	681	628	520	368	195	74	44	13
juni	17	44	72	106	270	422	539	607	616	568	466	323	160	81	52	26
juli	11	40	68	116	282	436	555	624	634	585	481	337	172	79	49	21
aug	-	21	55	162	340	505	633	708	718	666	553	397	220	66	32	-
sept	-	-	34	192	392	579	721	801	814	755	632	457	259	76	-	-
okt	-	-	-	114	364	585	746	838	850	785	646	444	197	-	-	-
nov	-	-	-	-	174	456	655	760	776	699	533	276	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	15	317	546	669	685	600	406	110	-	-	-	-

tabel 8. voor Nederland representatieve waarden voor de totale zonnestraling ($q_{dir} + q_{diff} + q_{gr}$) bij helder weer op een verticaal vlak georiënteerd op het zuiden, voor de 15^e van iedere maand [1].

west	Q _{tot} in W/m ² op tijdstip MEMT															
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
jan	-	-	-	-	11	34	50	60	122	264	319	193	-	-	-	-
feb	-	-	-	8	37	57	71	83	160	351	477	471	214	-	-	-
mrt	-	-	5	37	63	82	97	108	194	412	581	655	566	203	-	-
apr	-	6	38	64	87	106	119	132	220	449	638	754	760	600	203	-
mei	1	32	57	82	102	120	134	145	232	455	643	768	807	730	492	108
juni	16	42	67	89	110	127	139	152	235	450	631	756	801	747	571	263
juli	11	38	63	86	107	124	137	150	233	449	630	752	795	733	540	211
aug	-	20	48	73	96	114	127	140	226	445	627	743	766	655	359	-
sept	-	-	22	51	74	94	108	119	205	424	600	695	661	416	-	-
okt	-	-	-	22	48	68	82	94	174	375	520	555	386	-	-	-
nov	-	-	-	-	20	43	58	68	135	292	374	296	-	-	-	-
dec	-	-	-	-	4	28	43	54	110	235	267	109	-	-	-	-

tabel 9. voor Nederland representatieve waarden voor de totale zonnestraling ($q_{dir} + q_{diff} + q_{gr}$) bij helder weer op een verticaal vlak georiënteerd op het westen, voor de 15^e van iedere maand [1]

LITERATUUR

1. "Zonstralingstabellen, ISSO, publicatie nr. 3, Rotterdam, oktober 1976.
2. "Bezonning", ir. M. van der Voorden, Technische Hogeschool Delft, afdeling Civiele Techniek, Vakgroep Bouwfysica, collegedictaat gc49.I, maart 1980