

# Wind chill equivalente temperatuur (WCET)

KNMI-implementatie JAG/TI-methode voor  
de gevoelstemperatuur in de winter

*Geert Groen*

**KNMI technical report = technisch rapport; TR-309**

De Bilt, 2009

PO Box 201  
3730 AE De Bilt  
Wilhelminalaan 10  
De Bilt  
The Netherlands  
<http://www.knmi.nl>  
Telephone +31(0)30-220 69 11  
Telefax +31(0)30-221 04 07

Auteur: Groen, G.



Wind chill equivalente temperatuur (WCET)  
KNMI-implementatie JAG/TI-methode voor de  
gevoelstemperatuur in de winter

Geert Groen,  
Klimaatdata en -advies KNMI

Technisch rapport TR-309

## Samenvatting

Bij koud, vriezend winterweer voelt het als het waait, kouder aan dan de thermometer aangeeft; de wind zorgt voor meer warmteverlies. De windchill equivalente temperatuur (hierna te noemen gevoelstemperatuur) geeft aan welke temperatuurervaring een volwassen mens lopend ondervindt. Bij langere blootstelling en gevoelstemperatuur onder nul graden kan koudeletsel optreden. Onder -20 graden kunnen de eerste bevroeringsverschijnselen optreden.

In dit rapport wordt de achtergrond van de gevoelstemperatuur in hoofdstuk 1 beschreven. Voor de berekening van de gevoelstemperatuur bestaan verschillende methoden, drie methoden (Siple-Passel, Steadman en JAG/TI) worden in hoofdstuk 2 en 3 besproken en vergeleken. De klimatologie over de periode 1971-2000 van de gevoelstemperatuur op basis van de JAG/TI-methode en de mogelijke veranderingen in de 21<sup>e</sup> eeuw worden beschreven in hoofdstuk 4.

In de Verenigde Staten en Canada werd tot 2001 de methode van Siple en Passel gebruikt. In 2001 is door de Joint Action Group on Temperature Indices (JAG/TI) een nieuwe methode ontwikkeld. Deze methode is goed onderbouwd en getest en wordt in toenemende mate gebruikt, o.a. in Canada, in de Verenigde Staten en in het Verenigd Koninkrijk.

In Nederland wordt door het KNMI voor de gevoelstemperatuur sinds 1992 de Steadman-methode gehanteerd, in mei 2009 is het besluit genomen om hiervoor de JAG/TI-methode in te voeren. Dit besluit wordt onderbouwd door de wetenschappelijke basis van JAG/TI, het internationale gebruik en de aansluiting bij nationale richtlijnen voor gezondheid en arbeidsomstandigheden.

De afwegingen voor de mogelijke drempelwaarden voor weersverwachtingen en waarschuwingen vormen met te nemen maatregelen de afsluiting van het rapport.

## Summary

This report presents the background and history of the windchill equivalent temperature (WCET). The WCET is required in forecasts and warnings during cold winter events. KNMI based WCET since 1992 on the method of Steadman from 1971. KNMI will start using the new method, established in 2000/2001 in Joint Action Group on Temperature Indices (JAG/TI). Arguments for this decision are the scientific development of the new method, the widespread use in the UK, USA and in Canada. Furthermore, recent research (TNO) and consistency with upcoming guidelines on health and comfort justifies use of JAG/TI-methodology for WCET.

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Berekeningsmethoden</b>	<b>3</b>
2.1	Siple en Passel . . . . .	3
2.2	Steadman . . . . .	4
2.3	JAG/TI . . . . .	5
2.4	Zonnestraling . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Vergelijking drie methoden</b>	<b>6</b>
3.1	Tabel methode Siple-Passel . . . . .	6
3.2	Tabel methode Steadman . . . . .	7
3.3	Tabel methode JAG/TI . . . . .	8
3.4	Verschil Siple-Passel en JAG/TI . . . . .	9
3.5	Verschil Steadman en JAG/TI . . . . .	10
3.6	Methode Siple-Passel, Steadman en JAG/TI bij -15°C . . . . .	11
<b>4</b>	<b>Klimatologie en scenario's</b>	<b>12</b>
4.1	Klimatologie van de gevoelstemperatuur . . . . .	12
4.2	Klimaat scenario's . . . . .	13
4.3	Scenario's gevoelstemperatuur . . . . .	14
<b>5</b>	<b>Inventarisatie drempelwaarden</b>	<b>17</b>
5.1	Advisering in Canada . . . . .	17
5.2	Onderzoek TNO naar handelingsbekwaamheid . . . . .	19
5.3	Advisering vanuit gezondheid, GGD-richtlijn . . . . .	20
5.4	KNMI-drempelwaarden (Steadman methode) . . . . .	21
5.5	Invoergegevens windsnelheid en temperatuur . . . . .	21

<b>6 Invoering JAG/TI-methode in Nederland</b>	<b>22</b>
6.1 Onderbouwing van het invoeringsbesluit . . . . .	22
6.2 Overlegvoorstel voor criteria, berichtgeving en maatregelen . . . . .	22

# Hoofdstuk 1

## Inleiding

Bij koud weer voelt het op een winderige dag, met meer warmteverlies door die wind, kouder aan dan op een dag met weinig wind. De Engelse uitdrukking voor deze koude-ervaring is "windchill". De windchill equivalente temperatuur (hierna: gevoelstemperatuur) geeft aan welke temperatuurervaring een volwassen mens lopend ondervindt, ofwel een maat voor een vergelijkbaar warmteverlies op een koudere dag met weinig wind. Het verschil tussen de (gemeten) luchttemperatuur en de (berekende) gevoelstemperatuur geeft het effect van de wind op warmteverlies weer. Het vermelden van de gevoelstemperatuur door de meteorologische diensten in weerberichten en waarschuwingen tijdens koud winterweer is gewenst om koudeletsel te voorkomen.

De gevoelstemperatuur is niet van toepassing op objecten zoals machines, antivries of kwik. Objecten ervaren geen kou en worden niet kouder dan de luchttemperatuur. Wind zorgt wel voor snellere afkoeling en daarom kunnen waterleidingen bij vorst eerder bevroren als het waait of tocht.

De bepaling van de gevoelstemperatuur is gebaseerd op het evenwicht tussen het warmteverlies en de warmteproductie van een gezonde, volwassen persoon van gemiddelde lengte. De individuele verschillen tussen mensen geven ook verschillende gevoeligheden voor koudeletsel. Kwetsbaarder zijn bijvoorbeeld langere mensen en kinderen (relatief groter huidoppervlak), oudere mensen en hart- en vaatpatiënten (minder goede temperatuurcontrole), gebruikers van bepaalde genotmiddelen en medicijnen (verminderd bewustzijn).

De gevoelstemperatuur kan worden berekend uit een combinatie van luchttemperatuur en windsnelheid. Maar naast wind en temperatuur kunnen ook zonnestraling en luchtvochtigheid een rol spelen bij de gevoelswaarde van de kou. Bij zonnig en koud weer kan de ervaren temperatuur wel 5 tot 10 graden hoger zijn dan op basis de berekende gevoelstemperatuur wordt verwacht. Hier wordt in de berekening echter geen rekening mee gehouden. De luchtvochtigheid speelt voor de berekening van de gevoelstemperatuur in de winter nauwelijks een rol, want de maximale dampspanning is laag en er is weinig verdamping. Bij hoge gevoelstemperatuur in de zomer, hittestress, speelt luchtvochtigheid wel een belangrijke rol. Als de huid nat is wordt de warmteafgifte door betere geleiding en verdamping versneld en dat kan eerder leiden tot koudeletsel.



De term “windchill” werd voor het eerst door Siple in 1939 gebruikt in een niet gepubliceerde thesis. Er is geen universele standaard voor de “windchill” berekening. In 1945 verschenen twee publicaties over dit onderwerp van hem (Siple, 1945) en samen met Passel (Siple en Passel, 1945). Rond 1970 koos de Amerikaanse textiel-fabrikant Steadman voor een andere benadering (Steadman, 1971) met herziening in latere jaren (Quale, 1998). Bij het KNMI wordt sinds 1992 voor de gevoels-temperatuur de berekeningsmethode volgens Steadmann uit 1971 gebruikt (Zwart, 1992).

In april 2000 is in Toronto door de Joint Action Group on Temperature Indices (JAG/TI) een “Internet Workshop on Windchill” gehouden. Op voorstel van Randall Osczevski and Maurice Bluestein (Osczevski en Bluestein, 2005) werd in 2001 een nieuwe methode overeengekomen. Deze methode is in Canada en US in de winter van 2001-2002 ingevoerd (CWCP, 2009). De methode (hierna te noemen: JAG/TI-methode) wordt gebruikt voor de berekening van de gevoelstemperatuur o.a. in de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk, IJsland en in Canada.

In Nederland wordt door het KNMI sinds 1992 voor de gevoelstemperatuur de Steadman-methode (uit 1971) gehanteerd. In mei 2009 heeft het KNMI besloten om de JAG/TI-methode in te voeren. De belangrijkste argumenten voor het besluit zijn het internationale gebruik, het brede draagvlak en de nationale aansluiting bij richtlijnen voor gezondheid en arbeidsomstandigheden.

In hoofdstuk 2 en 3 worden ter vergelijking drie methoden (Siple-Passel, Steadman en JAG/TI) besproken. In hoofdstuk 4 worden de klimatologie van de gevoelstemperatuur op basis van de JAG/TI-methode en vier scenario's voor 2050 op basis van de KNMI'06 klimaatscenario's gepresenteerd. De afwegingen en voorstellen voor verwachtingen en waarschuwingen met betrekking tot gevoelstemperatuur vormen de afsluiting van het rapport.

## Hoofdstuk 2

# Berekeningsmethoden

Voor de berekening van de gevoelstemperatuur bestaan meerdere methoden. De belangrijkste drie worden in dit hoofdstuk in beschouwing genomen, waarbij gebruik is gemaakt van de beschrijving van de methoden van Siple-Passel en Steadman door Floor (Floor, 1991) en Zwart (Zwart, 1992) en voor de JAG/TI-methode door Canada Environment (CWCP, 2009).

### 2.1 Siple en Passel

De oudste methode is van de Amerikaanse onderzoekers Paul Siple en Charles Passel, ontwikkeld uit experimenten in 1939 tijdens de derde Poolexpeditie van Admiraal Byrd (Siple, 1945). Siple was majoor van de landmacht, gelegerd in Antarctica en geïnteresseerd in het bijtend effect van de kou op de manschappen ter plaatse. Hij bestudeerde daartoe de snelheid waarmee een cilinder, gevuld met water, afkoelde. De tijd die nodig was om het geheel af te koelen van  $+10^{\circ}\text{C}$  tot de temperatuur van de omgeving werd gehanteerd als maat.

De formule voor de berekening van de gevoelstemperatuur volgens Siple en Passel luidt:

$$G(SP) = 33 + (T - 33) * (0,474 + 0,454 * W^{0,5} - 0,0454 * W) \quad (2.1)$$

met temperatuur  $T$  in  $^{\circ}\text{C}$  op 1,50 meter hoogte en windsnelheid  $W$  in m/s op 10 meter hoogte.

Het bezwaar tegen de manier waarop Siple en Passel het windeffect hadden bepaald, was met name de vergelijking van een afkoelende cilinder met water, met de afkoeling van een tegen de kou geklede mens. Een mens die ook warmte kan verliezen door uitademen, verdamping en uitstraling of warmte kan winnen door in de zon te gaan staan. De totale afkoeling zal dan anders verlopen dan de afkoeling van een cilinder met water.

Siple en Passel hielden geen rekening met de luchtvochtigheid; de maximale hoeveelheid waterdamp is gering bij lage temperatuur en verdamping is daardoor niet zo van belang. Ook de invloed van zon werd buiten beschouwing gelaten. Op Siple's basis in Antarctica kwam gedurende de wintermaanden de zon niet boven de

horizon. Naast het ontbreken van dit effect was het belangrijkste bezwaar tegen deze methode de “naakte” opstelling. De invloed van beschermende kleding was niet in beschouwing genomen.

De formule van Siple en Passel werd tot eind 2001 met name in de Verenigde Staten en Canada gebruikt. Er werd in toenemende mate wetenschappelijke en maatschappelijke kritiek op geleverd. Vooral bij lagere temperaturen en veel wind gaf de berekening van Siple-Passel een zeer lage gevoelstemperatuur. In 2001 is in de V.S. en Canada een nieuwe methode ingevoerd. De formule van Siple en Passel is bij het KNMI niet toegepast maar tot 2008 wel gebruikt in ISO 11079: “Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects”.

## 2.2 Steadman

Robert G. Steadman koos in 1971 voor een andere benadering. Hij wilde weten hoeveel kleding er nodig was om mensen te kunnen beschermen tegen bittere kou. Hij bepaalde het evenwicht tussen het warmteverlies door de koude wind en de warmteproductie van een gezond, volwassen en lopende persoon (gemiddelde lengte 1,70 meter, huidoppervlak van 1,7 m<sup>2</sup> en wandelsnelheid van 4,7 km/uur, warmteproductie van 188 W/m<sup>2</sup>).

In zijn methode werd het warmteverlies opgebouwd uit een vijftal factoren: doordat koude lucht wordt ingeademd en verwarmd wordt uitgedemd, door verdamping, door warmteafgifte van blote huid, warmteverlies door dunner geklede handen en voeten en warmteverlies van de dikker geklede lichaamsdelen. In de laatste drie factoren zit een relatie met de wind, waardoor indirect de gevoelstemperatuur kan worden bepaald. De som van alle termen moet gelijk zijn aan 188 W/m<sup>2</sup>. Ook bij Steadman was, net als bij Siple en Passel, de relatieve vochtigheid minder van belang. De invloed van de relatieve vochtigheid werd alleen meegenomen voor omstandigheden waaronder mensen door de hitte kunnen worden bevangen. (Steadman, 1984).

Steadman's doel was de berekening van de noodzakelijke dikte van kleding onder warme en koude omstandigheden. Hij heeft zijn methode diverse malen aangepast. Quale geeft in een artikel in 1998 een directe berekening van de gevoelstemperatuur volgens de laatste aanpassing van Steadman in 1997 (Quale, 1998):

$$G(S) = 1,41 - 1,162 * W + 0,98 * T + 0,0124 * W^2 + 0,0185 * W * T \quad (2.2)$$

*met temperatuur T in °C op 1,50 meter hoogte en windsnelheid W in m/s op 10 meter hoogte.*

In het Verenigd Koninkrijk werd tot 2002 na de strenge winter van 1986 de tabel van Steadman uit 1984 gebruikt (Dixons en Prayer, 1987).

Het KNMI hanteert sinds 1992 een tabel voor de gevoelstemperatuur op basis van het werk van Steadman uit 1971 (Zwart, 1992). Het verschil tussen deze tabel en de latere formule van Quale (1998) is gering en komt voort uit latere revisies.

## 2.3 JAG/TI

In april 2000 organiseerde Environment Canada de Joint Action Group on Temperature Indices (JAG/TI) onder leiding van de US National Weather Service en Meteorological Service of Canada. Aan deze eerste "Global International workshop on Windchill" namen meer dan 400 deelnemers uit 35 landen deel (JAG/TI, 2003). Vrijwel iedereen was het erover eens om tot een internationale standaard voor de "windchill equivalent temperature" te komen.

Op voorstel van Randall Oszcewski en Maurice Bluestein werd door JAG/TI een wetenschappelijk onderbouwde methode vastgesteld. Het gemodelleerde warmte-transport van het lichaam naar de huid werd door later onderzoek bevestigd. Hierbij liepen twaalf vrijwilligers enkele malen op een loopband in een koeltunnel bij verschillende temperatuur- en windcondities. Met sensoren op voorhoofd, wangen, kin, neus en in de mond werd het warmteverlies uit lichaams- en huidtemperatuur gemeten (Oszcewski en Bluestein, 2005).

Door de wetenschappelijke en fysiologische onderbouwing komt de op deze manier berekende "windchill equivalente temperatuur" dicht bij de menselijke ervaring van het warmteverlies onder winterse omstandigheden. In tegenstelling tot beide eerder genoemde methoden hield JAG/TI rekening met dalend warmteverlies bij een lagere huidtemperatuur.

De formule voor de gevoelstemperatuur op basis van JAG/TI luidt:

$$G(J) = 13,12 + 0,6215 * T - 11,37 * (W * 3,6)^{0,16} + 0,3965 * T * (W * 3,6)^{0,16} \quad (2.3)$$

met temperatuur  $T$  in °C op 1,50 meter hoogte en windsnelheid  $W$  in m/s op 10 meter hoogte.

De methode is ontwikkeld voor een luchttemperatuur tussen -46 en +10°C en voor windsnelheden gemeten op standaard meethoogte (10 meter) tussen 1,3 en 49,0 m/s. De windsnelheid wordt met de machtsfunctie (0,16) herleid van de windmeting op 10 meter hoogte naar de wind op 1,50 meter hoogte.

De nieuwe methode werd al in de winter van 2001-2002 door de initiatiefnemers ingevoerd.

## 2.4 Zonnestraling

De JAG/TI-methode is ontwikkeld voor het warmteverlies van een lopend mens (snelheid 4,8 km/uur), gekleed op de kou en met weinig of geen zon. Bij directe zonneschijn op de huid kan de gevoelstemperatuur wel 5 tot 10 graden hoger zijn, maar hiermee wordt in de methode geen rekening gehouden. Wel is aangekondigd hieraan te zullen werken (CWCP, 2009).

## Hoofdstuk 3

# Vergelijking drie methoden

De drie methoden worden in dit hoofdstuk in tabelvorm weergegeven en met elkaar vergeleken.

### 3.1 Tabel methode Siple-Passel

Siple-Passel:

$$G(SP) = 33 + (T - 33) * (0,474 + 0,454 * W^{0,5} - 0,0454 * W)$$

Siple-Passel		+5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C	-30 °C
5 km/u	1,4 m/s	6	2	-3	-8	-12	-17	-22	-27
10 km/u	2,8 m/s	2	-4	-9	-15	-20	-26	-31	-37
15 km/u	4,2 m/s	-1	-7	-13	-19	-25	-31	-37	-43
20 km/u	5,6 m/s	-3	-10	-16	-23	-29	-36	-42	-49
25 km/u	7,0 m/s	-5	-12	-19	-25	-32	-39	-46	-53
30 km/u	8,3 m/s	-6	-13	-20	-27	-34	-41	-48	-56
35 km/u	9,7 m/s	-8	-15	-22	-29	-36	-44	-51	-58
40 km/u	11,1 m/s	-9	-16	-23	-31	-38	-46	-53	-60
45 km/u	12,5 m/s	-9	-17	-24	-32	-40	-47	-55	-62
50 km/u	13,9 m/s	-10	-18	-25	-33	-41	-48	-56	-64
55 km/u	15,3 m/s	-11	-18	-26	-34	-42	-49	-57	-65
60 km/u	16,7 m/s	-11	-19	-27	-35	-42	-50	-58	-66
65 km/u	18,1 m/s	-11	-19	-27	-35	-43	-51	-59	-67
70 km/u	19,5 m/s	-12	-20	-28	-36	-43	-51	-59	-67
75 km/u	20,8 m/s	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68
80 km/u	22,2 m/s	-12	-20	-28	-36	-44	-52	-60	-68

Tabel 1: Gevoelstemperatuur op basis van methode Siple-Passel

### 3.2 Tabel methode Steadman

Steadman (Quale):

$$G(S) = 1,41 - 1,162 * W + 0,98 * T + 0,0124 * W^2 + 0,0185 * W * T$$

Steadman		+5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C	-30 °C
5 km/u	1,4 m/s	5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
10 km/u	2,8 m/s	3	-2	-7	-12	-17	-22	-28	-33
15 km/u	4,2 m/s	2	-3	-9	-14	-19	-24	-30	-35
20 km/u	5,6 m/s	1	-5	-10	-15	-21	-26	-32	-37
25 km/u	7,0 m/s	-1	-6	-12	-17	-23	-28	-34	-39
30 km/u	8,3 m/s	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41
35 km/u	9,7 m/s	-3	-9	-15	-20	-26	-32	-38	-44
40 km/u	11,1 m/s	-4	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
45 km/u	12,5 m/s	-5	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48
50 km/u	13,9 m/s	-6	-12	-19	-25	-31	-37	-43	-49
55 km/u	15,3 m/s	-7	-13	-20	-26	-32	-39	-45	-51
60 km/u	16,7 m/s	-8	-15	-21	-27	-34	-40	-47	-53
65 km/u	18,1 m/s	-9	-16	-22	-29	-35	-42	-48	-55
70 km/u	19,5 m/s	-10	-16	-23	-30	-37	-43	-50	-57
75 km/u	20,8 m/s	-11	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-58
80 km/u	22,2 m/s	-11	-18	-25	-32	-39	-46	-53	-60

Tabel 2: Gevoelstemperatuur op basis van methode Steadman

### 3.3 Tabel methode JAG/TI

JAG/TI:

$$G(J) = 13,12 + 0,6215 * T - 11,37 * (W * 3,6)^{0,16} + 0,3965 * T * (W * 3,6)^{0,16}$$

JAG/TI		+5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C	-30 °C
5 km/u	1,4 m/s	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36
10 km/u	2,8 m/s	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39
15 km/u	4,2 m/s	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41
20 km/u	5,6 m/s	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43
25 km/u	7,0 m/s	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44
30 km/u	8,3 m/s	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46
35 km/u	9,7 m/s	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47
40 km/u	11,1 m/s	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48
45 km/u	12,5 m/s	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48
50 km/u	13,9 m/s	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49
55 km/u	15,3 m/s	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50
60 km/u	16,7 m/s	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50
65 km/u	18,1 m/s	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51
70 km/u	19,5 m/s	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51
75 km/u	20,8 m/s	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52
80 km/u	22,2 m/s	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52

Tabel 3: Gevoelstemperatuur op basis van JAG/TI

### 3.4 Verschil Siple-Passel en JAG/TI

SiplePassel-JAG/TI	+5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C	-30 °C
5 km/uur	2	3	4	5	6	7	8	9
10 km/uur	-1	0	0	1	1	2	2	2
15 km/uur	-3	-3	-3	-2	-2	-2	-2	-2
20 km/uur	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5	-5
25 km/uur	-6	-6	-6	-7	-7	-7	-8	-8
30 km/uur	-6	-7	-7	-8	-8	-9	-9	-10
35 km/uur	-7	-8	-8	-9	-10	-10	-11	-12
40 km/uur	-8	-9	-9	-10	-11	-11	-12	-13
45 km/uur	-8	-9	-10	-11	-12	-12	-13	-14
50 km/uur	-9	-10	-10	-11	-12	-13	-14	-15
55 km/uur	-9	-10	-11	-12	-13	-13	-14	-15
60 km/uur	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
65 km/uur	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
70 km/uur	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
75 km/uur	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
80 km/uur	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16

*Tabel 4: Het verschil tussen de gevoelstemperatuur methode Siple-Passel (tabel 1) en JAG/TI (tabel 3)*

Aan de verschiltabel is te zien dat:

- voor windsnelheden onder 15 km/uur de vroeger in de Verenigde Staten en Canada gebruikte methode van Siple en Passel hogere gevoelstemperatuur geeft dan de JAG/TI-methode
- bij toenemende windsnelheden de oudere methode tot veel lagere gevoelstemperaturen leidt.



### 3.5 Verschil Steadman en JAG/TI

Steadman-JAG/TI	+5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C	-30 °C
5 km/uur	1	1	2	3	3	4	5	5
10 km/uur	1	2	2	3	4	5	6	6
15 km/uur	0	1	2	3	4	5	6	6
20 km/uur	0	1	1	2	3	4	5	6
25 km/uur	-1	0	1	2	2	3	4	5
30 km/uur	-2	-1	0	1	2	2	3	4
35 km/uur	-3	-2	-1	0	1	1	2	3
40 km/uur	-3	-3	-2	-1	0	0	1	2
45 km/uur	-4	-3	-3	-2	-1	-1	0	1
50 km/uur	-5	-4	-4	-3	-2	-2	-1	0
55 km/uur	-6	-5	-4	-4	-3	-3	-2	-2
60 km/uur	-6	-6	-5	-5	-4	-4	-3	-3
65 km/uur	-7	-6	-6	-6	-5	-5	-4	-4
70 km/uur	-8	-7	-7	-7	-6	-6	-6	-5
75 km/uur	-8	-8	-8	-7	-7	-7	-7	-6
80 km/uur	-9	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8

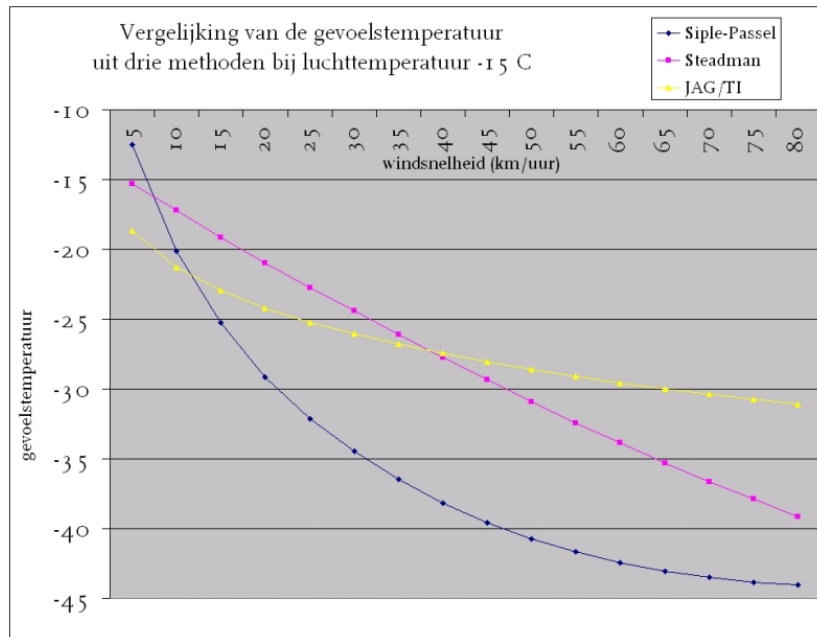
*Tabel 5: Het verschil tussen de gevoelstemperatuur methode Steadman (tabel 2) en JAG/TI (tabel 3)*

De verschillen tussen de momenteel bij het KNMI gebruikte rekenmethode volgens Steadman en JAG-TI methode geven het volgende beeld:

- de verschillen zijn klein langs de diagonaal van +5°C in combinatie met weinig wind tot -30°C en windkracht 7 (ondergrens 50 km/uur)
- voor heel lage temperaturen (onder -20°C) en zwakke wind zijn de gevoelstemperaturen volgens de Steadman methode aanmerkelijk hoger dan die volgens de JAG/TI methode
- bij harde wind (boven 50 km/uur, kracht 7 Beaufort of meer) geeft de Steadman methode veel lagere gevoelstemperatuur in vergelijking met de JAG/TI methode.

### 3.6 Methode Siple-Passel, Steadman en JAG/TI bij -15°C

Ter illustratie is voor een luchttemperatuur van -15°C (drempelwaarde voor “zeer strenge vorst”) een vergelijking van de drie methoden bij oplopende windsnelheid weergegeven.



*Figuur 1: Vergelijking van de gevoelstemperatuur volgens Siple-Passel, Steadman en JAG/TI bij een luchttemperatuur van -15°C en toenemende windsnelheid tot 80 km/uur. Opvallend is het afwijkende karakter van Siple-Passel.*

De methoden van Steadman en JAG/TI geven voor deze luchttemperatuur bij windsnelheden van 40 km/uur geen verschil. Bij lagere windsnelheden geeft de JAG/TI methode een lagere gevoelstemperatuur. Bij hogere windsnelheden wordt hiermee een minder extreme gevoelstemperatuur dan bij de beide andere methoden berekend. De verschillen komen voort uit de afwijkende factoren, die worden toegekend aan wind en temperatuur in de methoden.

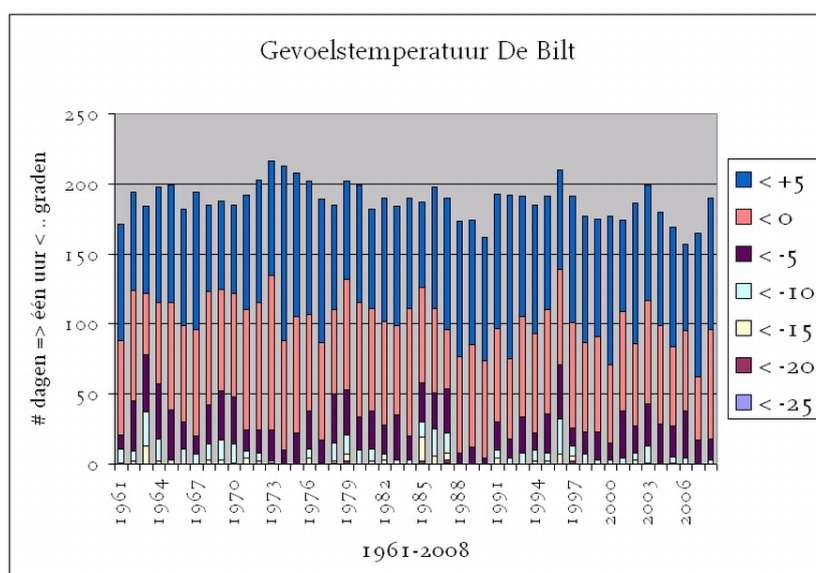
Opvallend is dat methode van Siple-Passel, in tegenstelling tot de beide andere methoden, bij toenemende windsnelheid tot een snel dalende gevoelstemperatuur komt. Hierop was kritiek in de Verenigde Staten en Canada en die gaf aanleiding voor het in gang zetten van de Joint Action Group on Temperature Indices (JAG/TI) om een nieuwe methode te ontwikkelen. Deze nieuwe methode geeft in vergelijking met de methode van Steadman bij minder wind (tot ongeveer 40 km/uur) lagere en bij meer wind hogere gevoelstemperatuur. De onderbouwing en het internationale draagvlak geeft aanleiding tot voorkeur voor de JAG/TI methode.

## Hoofdstuk 4

# Klimatologie en scenario's

### 4.1 Klimatologie van de gevoelstemperatuur

Sinds mei 2009 zijn op de website van het Klimatologische Dienst van het KNMI uurgegevens beschikbaar (KNMI, uurgegevens). Uit de uurlijkse waarden van temperatuur en wind (laatste 10-minuten gemiddelde) is de gevoelstemperatuur volgens de JAG/TI methode berekend. In figuur 2 wordt het aantal dagen per jaar in De Bilt weergegeven met minste één uur een gevoelstemperatuur onder bepaalde drempelwaarden.



*Figuur 2: Gevoelstemperatuur in De Bilt, 1961-2008. Het gemiddeld aantal dagen per jaar met minstens één uur <+5 graden is 188, <0 graden 103, <-5 graden 33, <-10 graden 10, <-15 graden 2, <-20 graden 0,2 en <-25 graden 0,02.*

De laagste gevoelstemperatuur sinds 1961 was in het noorden en midden van het land op 14 januari 1987. In Eelde en Twenthe werd de gevoelstemperatuur afgerond -28 graden, in De Kooy, Leeuwarden, Schiphol en De Bilt -26 graden. In Vlissingen was de laagste gevoelstemperatuur -23 graden op 18 januari 1963, in Eindhoven en Maastricht op 31 december 1978 met -25, resp. -26 graden.

In tabel 6 wordt het gemiddeld aantal dagen per jaar met onderschreiding van een bepaalde drempelwaarde voor de gevoelstemperatuur van de waarnemstations Eelde, De Bilt, De Kooy, Vlissingen en Beek weergegeven.

1971-2000	< -25	< -20	< -15	< -10	< -5	< 0	< +5
De Kooy	0.03	0.3	3	10	35	109	196
Eelde	0.03	0.7	4	14	47	137	217
De Bilt	0.03	0.3	3	9	31	102	190
Vlissingen	0.00	0.2	2	6	28	95	183
Beek	0.07	0.9	3	11	42	121	201

*Tabel 6: Klimatologie van het gemiddeld aantal dagen met minstens één uur de gevoelstemperatuur onder een bepaalde waarde in de periode 1971-2000, JAG/TI methode.*

Het aantal dagen met minstens één uur een gevoelstemperatuur ligt gemiddeld voor de vijf hoofdstations:

- onder 0 graden op 113 dagen per jaar
- onder -5 graden op 37 dagen per jaar
- onder -10 graden op 10 dagen per jaar
- onder -15 graden op 3 dagen per jaar
- onder -20 op één per 2 jaar
- onder -25 graden op één in 33 jaar.

## 4.2 Klimaat scenario's

Eind mei 2006 heeft het KNMI vier klimaatscenario's voor Nederland gepresenteerd (KNMI'06 scenario's, 2006). In 2009 zijn hierop aanvullingen gepresenteerd en is geconstateerd dat de KNMI'06 klimaatscenario's robuust zijn voor recente wetenschappelijke ontwikkelingen (Klein Tank en Lenderink, 2009). De scenario's zijn samengesteld op basis van resultaten van klimaatonderzoek. In de KNMI klimaatscenario's komen als kenmerken van de klimaatverandering in Nederland en omgeving naar voren:

- de opwarming zet door, hierdoor komen zachte winters en warme zomers vaker voor

- de winters worden gemiddeld natter en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe
- de hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal regendagen wordt juist minder
- de berekende veranderingen in het windklimaat zijn klein ten opzichte van de natuurlijke grilligheid
- de zeespiegel blijft stijgen

Voor onderzoek naar het effect van de klimaatveranderingen op dagelijkse neerslagen en temperatuurreksen is op de website van het KNMI een transformatie programma beschikbaar (KNMI'06 tijdreekstransformatie, 2009). Voor de windsnelheid is geen transformatie beschikbaar omdat de natuurlijke variabiliteit groter is dan het veranderingssignaal in de KNMI'06 scenario's. De transformatie voor de temperatuur is ontworpen voor de veranderingen van de daggemiddelde temperatuur. Aangenomen wordt in dit rapport dat de verandering van de daggemiddelde temperatuur in de winter gelijk is aan de verandering van de temperatuur per uur.

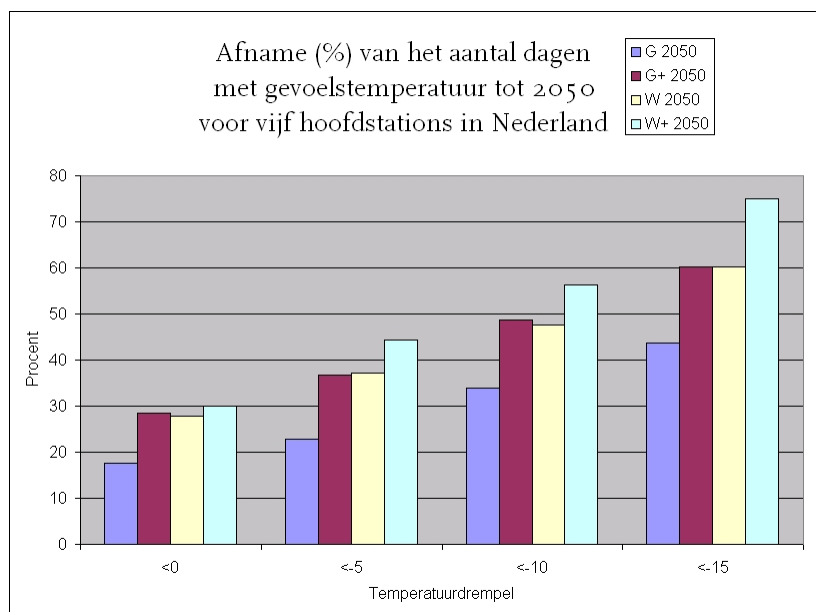
### 4.3 Scenario's gevoelstemperatuur

Met de toepassing van het transformatieprogramma zijn tijdreeksen met daggemiddelde temperatuur gemaakt voor de vier scenario's G, G+, W, W+ voor 2050. Dit is gedaan voor de vijf hoofdstations Den Helder (De Kooy), Groningen (Eelde), De Bilt, Vlissingen en Maastricht (Beek). Voor de verandering van de temperatuur per uur worden dezelfde veranderingen gehanteerd als voor de daggemiddelde temperatuur. Voor de windsnelheid wordt uitgegaan van de klimatologische reeks.

Met deze temperatuur- en windsnelheidsreeksen zijn gevoelstemperatuurreksen op uurbasis met de JAG/TI-methode berekend. Daarna is het aantal dagen met (op één of meer uren) overschreiding van een drempelwaarde voor de gevoelstemperatuur berekend.

In figuur 3 wordt de procentuele afname voor de vier scenario's voor het aantal dagen onder 0, -5, -10 en -15 graden voor de periode rond 1990 naar de periode rond 2050 weergegeven. De grootste afname van het gemiddelde aantal dagen per jaar onder een bepaalde drempel van de gevoelstemperatuur vindt plaats in het W+ scenario, de kleinste afname in het G scenario.

In het G scenario neemt het aantal dagen gemiddeld af met ca. 25%, in het G+ scenario met ca. 32%, onder het W scenario met ca. 44% en onder het W+ scenario met ca. 55%. Het valt op dat de kans op de laagste gevoelstemperatuur sterker afneemt dan de kans op minder lage gevoelstemperaturen. Dit is te verklaren door het feit dat de lage temperatuurextremen in de KNMI'06 klimaatscenario's voor de winter sneller stijgen dan de gemiddelde temperatuur.



Figuur 3: Procentuele afname (gemiddeld over de vijf stations Eelde, De Bilt, De Kooy, Vlissingen en Beek) voor de vier scenario's G, G+, W en W+ voor 2050 ten opzichte van 1976-2005.

In tabel 7 worden per hoofdstation de veranderingen tussen de periode 1976-2005 en de periode rond 2050 voor de vier scenario's G, G+, W en W+ weergegeven. Hieruit volgt voor 2050 ten opzichte van 1990 gemiddeld over de vijf stations:

- het aantal dagen met minstens één uur onder 0 graden daalt van 113 per jaar naar 62 (W+) tot 91 (G) per jaar
- onder -5 van 37 naar 15 tot 27 dagen per jaar
- onder -10 van 10 naar 4 tot 8 dagen per jaar
- onder -15 graden van 3 naar 1 tot 2 dagen per jaar
- onder -20 van één per 2 jaar naar één per 4 tot één per 25 jaar
- onder -25 graden komt nog uiterst zelden voor.

Rond het jaar 2100 (niet in tabel weergegeven) komen dagen met gevoelstemperatuur onder -15 graden nog maar één per 10 jaar voor, dagen onder -20 graden worden dan uiterst zeldzaam.

De Kooy	1976-2005	G 2050	G+ 2050	W 2050	W+ 2050
< 5 graden	192	175	170	158	146
< 0	106	85	79	67	57
<-5	36	25	22	18	14
<-10	10	7	6	5	4
<-15	3	2	1	1	0,5
<-20	0,3	0,1	0,1	0,1	0,0
<-25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Eelde	1976-2005	G 2050	G+ 2050	W 2050	W+ 2050
< 5 graden	213	196	190	178	167
< 0	133	112	107	93	81
<-5	48	34	30	25	20
<-10	14	11	10	8	6
<-15	4	3	2	2	1
<-20	0,7	0,2	0,1	0,1	0,1
<-25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

De Bilt	1976-2005	G 2050	G+ 2050	W 2050	W+ 2050
< 5 graden	188	170	164	153	143
< 0	101	83	78	67	56
<-5	32	23	21	17	14
<-10	10	7	6	5	4
<-15	3	2	2	1	1
<-20	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
<-25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Vlissingen	1976-2005	G 2050	G+ 2050	W 2050	W+ 2050
< 5 graden	179	163	157	143	132
< 0	93	72	66	54	46
<-5	28	20	17	14	10
<-10	7	4	4	3	2
<-15	2	1	0,7	0,7	0,3
<-20	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
<-25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Beek	1976-2005	G 2050	G+ 2050	W 2050	W+ 2050
< 5 graden	195	179	173	162	152
< 0	118	101	95	82	70
<-5	44	32	28	22	18
<-10	12	8	7	6	5
<-15	3	2	2	2	1
<-20	0,9	0,6	0,4	0,3	0,1
<-25	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

*Tabel 7: Gemiddeld aantal dagen per jaar voor vijf hoofdstations met minstens één uur een gevoelstemperatuur onder een bepaalde waarde voor de periode 1976-2005 en voor de vier scenario's G, G+, W en W+ rond 2050*

## Hoofdstuk 5

# Inventarisatie drempelwaarden

In Nederland hebben we de laatste dertig jaar nauwelijks strenge winterkou gehad en de huidige kennis van de klimaatverandering wijst op een afnemende kans op strenge winters, maar situaties met een lage gevoelstemperatuur blijven mogelijk. Voor zulke situaties wordt het nemen van voorzorgsmaatregelen belangrijker omdat voor deze bedreigende situaties ons collectieve geheugen beperkt wordt door gebrek aan ervaring.

In dit hoofdstuk wordt bepaald welke criteria voor verwachtingen en waarschuwingen zinvol zijn.

### 5.1 Advisering in Canada

In Canada sterven jaarlijks tientallen mensen als gevolg van directe blootstelling aan kou. Er wordt regelmatig gewezen op het belang van de anticipatie door de mens op extreem winterweer en bevroeringsverschijnselen (frostbite), o.a. in een nieuwsbrief van Canada Safety Council. In de uitgave van januari 2009 worden feiten en adviezen gegeven, zoals:

- goed isolerende en droge winterkleding en schoeisel beperken het risico op koudeletsel
- in de zon, in beweging en droog blijven beperkt afkoeling
- het risico is groter voor jonge kinderen en oudere mensen.
- het gebruik van bewustzijnsverminderende genees- en genotmiddelen bij extreem winterweer kan leiden tot een hoger risico
- let op de weerberichten en de waarschuwingen bij extreme wintersituaties
- koudeletsel verschilt van mens tot mens



- de kans op bevroeringsverschijnselen begint bij -20 graden en lange blootstelling
- de kans op bevroering neemt toe bij nog lagere gevoelstemperatuur en kortere blootstelling
- snelle bevroering kan in enkele minuten optreden vanaf -35 graden
- in de luwte wordt de extra afkoeling door de wind beperkt, maar lage temperatuur vormt toch een risico.

In Canada en de VS wordt actief aandacht besteed aan windchill in de voorlichting, verwachtingen en waarschuwingen. Op de website van het Wind Chill Program van Canada Environment worden de gevaren van een lage gevoelstemperatuur beschreven (CWCP, 2009).



Figuur 4: Chilling facts, poster Environment Canada.

Bron: <http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/>

Voor de kans op bevroeringsverschijnselen, de gezondheidsrisico's en effectieve maatregelen wordt een variatie weergegeven tussen:

- "Bij gevoelstemperatuur boven -9 bestaat er een kleine kans op bevroeringsverschijnselen met kleine toename van onbehaaglijkheid en het advies om warm te kleden"
- "Bij -55 en lager is er een groot risico dat onbedekte huid binnen 2 minuten bevroert, het is buiten gevaarlijk koud en men moet binnen blijven".

In een toelichting van de Windchill Chart wordt het volgende aangegeven (CWCP, 2009):

- de kans op bevriezing van de huid (frostbite) is minder dan 5% bij een gevoelstemperatuur tussen 0 en -24 bij beperkte duur van de blootstelling.
- er is een toenemende kans op frostbite (5-95%) bij een blootstelling aan een gevoelstemperatuur van tussen -25 tot en -44 bij blootstelling van een half uur of langer.
- de kans op frostbite binnen enkele minuten is groot, meer dan 95%, onder -45.

De drempelwaarden voor de berichtgeving zijn in Canada aangepast aan de klimatologisch verschillende gebieden, want in noordelijker streken zijn de inwoners meer kou gewend. In Nederland zijn de klimatologische verschillen klein en is regionalisering van drempelwaarden niet nodig.

In Canada wordt de luchttemperatuur in graden Celsius en de gevoelstemperatuur zonder toevoeging gemeld. In Nederland is het gebruikelijk om “graden Celsius” of “graden” te gebruiken. Voorbeeld: Canada: “Today the temperature is -10°C and the windchill -20”. In dit rapport wordt luchttemperatuur in °C en gevoelstemperatuur in “graden” vermeld. Voorbeeld: “De temperatuur is vandaag -10°C, maar het voelt door de wind aan als -20 graden”.

## 5.2 Onderzoek TNO naar handelingsbekwaamheid

In Nederland heeft TNO onderzoek gedaan naar het verlies van handvaardigheid (werken met blote vingers) bij toenemende windchill (Daanen, 2008). Bij dat onderzoek werd een groep van 12 militairen, mannen tussen 30 en 37 jaar op winterse kou gekleed, aan een aantal testen onder winterse condities onderworpen.

Uit het onderzoek komt voort dat:

- de handvaardigheid afneemt bij een lagere gevoelstemperatuur en langere blootstelling
- warmere kleding wel helpt om de lichaamstemperatuur langer vast te houden, maar niet om de handvaardigheid op peil te houden. Vingers worden op den duur te koud en verliezen de handvaardigheid onder een huidtemperatuur van 14°C

Om vingertoppen minimaal op een temperatuur van 14°C te houden moet de blootstellingsduur beperkt blijven, zodanig dat geldt:  
 $gevoelstemperatuur * (duur)^{0,48} = -113,07$ .

Dit impliceert dat handelingsbekwaamheid afneemt na een bepaalde tijd bij een bepaalde gevoelstemperatuur:

- bij -10 graden na ongeveer 2,5 uur

- bij -20 graden na zo'n 37 minuten
- bij -30 graden na 16 minuten
- bij -40 graden na slechts 9 minuten
- en bij -50 na hooguit 5 minuten.

### 5.3 Advisering vanuit gezondheid, GGD-richtlijn

Het RIVM heeft in 2009 een GGD-richtlijn opgesteld ten aanzien van de gezondheidsrisico's van winterse omstandigheden (Noorda, 2009). In de richtlijn staat ook: "Er is in Nederland geen wet- en regelgeving met blootstellingslimieten die beschermen bij extreem koude situaties".

In de richtlijn worden koudestress (mate van warmteverlies) en thermoregulatie (het lichaam streeft naar een stabiele kerntemperatuur van ca. 37°C) beschreven. De gezondheidseffecten door koude worden beschreven voor temperaturen boven nul (non-freezing injuries) en onder nul (freezing injuries). Bij langdurige blootstelling aan kou kan de kerntemperatuur dalen onder 35°C en treedt onderkoeling (hypothermie) op. Bij toenemende hypothermie wordt het beoordelingsvermogen negatief beïnvloed. Ook worden cardiovasculaire gevolgen (vaatvernauwing) en respiratoire gevolgen (ademhalingsproblemen) bij aanhoudende en toenemende blootstelling bij koudestress vermeld.

Vanuit de Wet Publieke Gezondheidszorg heeft de medische milieukunde zorg van de GGD een signalerings- en adviesfunctie. Ten aanzien van gezondheidsbedreigende winterse weersomstandigheden zijn specifieke risicogroepen per categorie schematisch weergegeven.

- categorie 1, lichte impact. Bij een maximumtemperatuur boven 0°C en een minimumtemperatuur tussen 0 en -5°C. Van belang voor mensen die 's nachts buiten slapen.
- categorie 2, matige impact. Bij een maximumtemperatuur onder 0°C en een minimumtemperatuur tot -10°C. Van belang voor buitenslapers, kinderen, ouderen en chronisch zieken, zoals hart- en longpatienten.
- categorie 3, grote impact. Bij een maximumtemperatuur onder 0°C en een minimumtemperatuur onder -10°C. Van belang voor de gehele bevolking, extra aandacht voor buitenslapers, kinderen, ouderen en chronisch zieken.

Het KNMI (o.l.v. RB&C en met KS-KA) overlegt met RIVM en GGD over de verdere ontwikkeling van richtlijnen voor de berichtgeving van gevoelstemperatuur bij koud weer.

Op Wikipedia staat over onderkoeling: "Hypothermie is een toestand waarbij de centrale lichaamstemperatuur (de hoogste temperatuur midden in de romp) van een persoon zover is gedaald dat de normale stofwisseling in gevaar komt. De lichaamstemperatuur varieert bij normale gezonde mensen tussen ongeveer 37,5 (soms hoger bij inspanning) tot 35,5 graden Celsius, of nog wel eens wat lager, vroeg

in de morgen tijdens de slaap. Onderkoeling begint als de lichaamstemperatuur zakt tot onder de 35°C. Als de lichaamstemperatuur onder de 32°C zakt, wordt de situatie kritiek en kan uiteindelijk dodelijk verlopen. Lichaamstemperaturen onder de 27°C zijn zonder medisch ingrijpen bijna altijd dodelijk, hoewel er gevallen bekend zijn waarbij een lichaamstemperatuur van 14°C werd overleefd”.

## 5.4 KNMI-drempelwaarden (Steadman methode)

Het KNMI meldt een gevoelstemperatuur bij een waarde van -15 graden of lager. Klimatologisch komt dit op ongeveer 3 dagen per jaar voor. Voor waarschuwingen wordt -20 graden aangehouden, deze situatie komt gemiddeld één keer per twee jaar voor.

Ook voor gevoelstemperatuur onder -10 graden is inmiddels een signaleringsfunctie (doelgroepwaarschuwing) toegekend. In de “Winterregeling Maatschappelijke Opvang Gemeente Groningen” is afgesproken dat een “daklozen-alert” voor de kou wordt uitgegeven als in de komende 48 uur minstens drie uur de gevoelstemperatuur -10 graden of lager wordt. In de regeling wordt vermeld dat voor een gevoelstemperatuur onder -15 graden, afhankelijk van de persoonlijke conditie, in de buitenlucht gevaar voor bevriezing van de blote huid bestaat. Bij een gevoelstemperatuur onder -20 graden kan men ook met goede winterkleding gemakkelijk door de kou worden bevangen (van Dorp, 2009). Gelet op de koppeling naar blootstellingstijd in de advisering in Canada, het onderzoek van TNO en de GGD-richtlijn kunnen de richtlijnen voor verwachtingen en waarschuwingen worden uitgebreid voor een grotere range van de gevoelstemperatuur met koppeling aan blootstellingstijd en mogelijke impact.

## 5.5 Invoergegevens windsnelheid en temperatuur

Het is niet altijd duidelijk welke windsnelheid gebruikt worden: daggemiddelde, uurgemiddelde, tien-minuut gemiddelde, momentane (drie-seconden) windsnelheid of maximale windstoot. Voor het warmteverlies en de berekening van de gevoelstemperatuur is duidelijk dat de blootstellingstijd een belangrijke factor is. Bij extreem lage gevoelstemperatuur, met toenemende kans op bevroeringsverschijnselen, gaat het om minder dan een half uur tot minder dan 10 minuten.

In de operationele meteorologie wordt voor de windsnelheid meestal een periode van tien minuten gehanteerd, deze middelingsperiode sluit dus goed aan op de berekening van de gevoelstemperatuur. De tien-minuten gemiddelde windsnelheid, gemeten op tien meter hoogte door de officiële waarnemstations van het KNMI en Defensie, is daarom uitgangspunt voor de berichtgeving over de gevoelstemperatuur. Voor de temperatuur wordt uitgegaan van de één minuut gemiddelde waarde op 1,50 meter hoogte conform de huidige temperatuurmeldingen van de Nederlandse waarnemstations van het KNMI en Defensie. Met de beschreven wind- en temperatuurinformatie zijn ook de berekeningen in dit rapport uitgevoerd.

Achtergrondinformatie over de waarnemvoorschriften zijn te vinden in het Handboek Waarnemingen in Nederland (Handboek Waarnemingen, 2009).

## Hoofdstuk 6

# Invoering JAG/TI-methode in Nederland

### 6.1 Onderbouwing van het invoeringsbesluit

In mei 2009 is het KNMI-besluit geformuleerd om eind 2009 in Nederland over te gaan op de JAG/TI methode voor de berekening van de gevoelstemperatuur (Sluiter, 2009). Dit besluit wordt onderbouwd door:

- de wetenschappelijke onderbouwing van de JAG/TI-methode en het internationale draagvlak,
- de vergelijking van de drie belangrijkste methoden
- overleg met RIVM voor richtlijnen bij hitte- en koudestress
- de aansluiting op GGD-koude richtlijn en overleg met dr. Noorda (2009)
- de aansluiting op normen in NEN-EN-ISO-11079:2008, "Ergonomics of the thermal environment. Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects"
- het onderzoek van TNO (2008) en overleg met prof. Daanen (2006 en 2009)
- het positieve overleg met enkele weer providers (WNI 2006, MC 2009).

### 6.2 Overlegvoorstel voor criteria, berichtgeving en maatregelen

Op basis van de onderbouwing wordt voorgesteld voor het overleg tussen KNMI(o.l.v. RB&C en met KS-KA), RIVM, GGD en andere belanghebbenden om:

- de gevoelstemperatuur te baseren op de JAG/TI-methode
- in de berichtgeving gezamenlijke criteria en handelingsperspectief te hanteren

## Criteria

Voorgesteld wordt om de volgende criteria en impact te hanteren:

- voor eerste signalering aan betrokken instanties: gevoelstemperatuur gedurende het etmaal minstens één uur  $\leq 0$  graden maar  $\geq -10$  graden. Matige impact voor buitenslapers, kinderen, ouderen en chronisch zieken.
- voor de algemene weersverwachting en doelgroepwaarschuwing: gevoelstemperatuur minstens één uur  $\leq 0$  graden en minimum gevoelstemperatuur  $\leq -10$  graden gedurende het etmaal. Grote impact voor buitenslapers, kinderen, ouderen en chronisch zieken.
- waarschuwing voor doelgroepen (momenteel GGD-Groningen): bij gevoelstemperatuur  $\leq -10$  graden gedurende  $\geq 3$  uur in de komende 48 uur. Kans op koudeletsel (“daklozen-alert”).

Voor weersverwachting en waarschuwing voor lagere gevoelstemperatuur met duur en impact:

- $\leq -15$  graden, bij blootstelling  $\geq 1$  uur, kans op koudeletsel
- $\leq -20$  graden, bij blootstelling  $\geq 0,5$  uur, koudeletsel en kleine kans op bevroeringsverschijnselen
- $\leq -25$  graden, bij blootstelling  $< 0,5$  uur, koudeletsel met toenemende kans op bevroeringsverschijnselen
- $\leq -30$  graden binnen  $< 15$  minuten, grote kans op bevroeringsverschijnselen
- $\leq -40$  graden in 5 tot 10 minuten zeer grote kans op bevroeringsverschijnselen.

In de berichtgeving naast melding van de grootte van de gevoelstemperatuur ook de verwachte duur in dagen of uren en vanzelfsprekend de regionale verschillen in de berekende en verwachte gevoelstemperatuur.

Qua temperatuurterminologie wordt geadviseerd om luchttemperatuur in °C te melden en gevoelstemperatuur in “graden”. Voorbeeld: “De temperatuur is vandaag  $-10^{\circ}\text{C}$ , maar het voelt door de wind aan als  $-20$  graden”.

Aanvullende opmerkingen: bij zonnig weer kan de ervaren temperatuur 5 tot 10 graden hoger (minder koud) zijn dan de berekening aangeeft. Hiermee wordt in de genoemde methode geen rekening gehouden. Daarnaast zijn kansen lastig te kwantificeren: kleine kans wordt vaak beschreven bij  $< 5\%$ , grote kans bij  $> 95\%$ , maar de kans is gebaseerd op een gezonde persoon en de verschillen in individuele fysiologie, gevoeligheid voor koudeletsel, kunnen groot zijn.

## Maatregelen

Naar aanleiding van de invoering van de nieuwe methode zijn een aantal maatregelen gewenst:

- vaststellen criteria en berichtgevingssystematiek met belanghebbenden (RB&C, KS-KA, RIVM, GGD)
- voorlichtingsbrochure (S-OS, KS-KA),
- informeren van weerproviders (RB&W, KS-KA)
- aanpassing van de berekening en presentatie in temperatuur grafieken op intranet (I-ICT),
- KNMI-internet nieuwsitem, nader verklaard, rekschrift (S-OS) (KS-KA),
- publiceren van een nieuwsbericht bij de eerst voorkomende wintersituatie (S-OS),
- aanpassen van het Wikipedia-onderwerp Gevoelstemperatuur (S-OS),
- informeren van de buitenlandse partners (S-EZ)

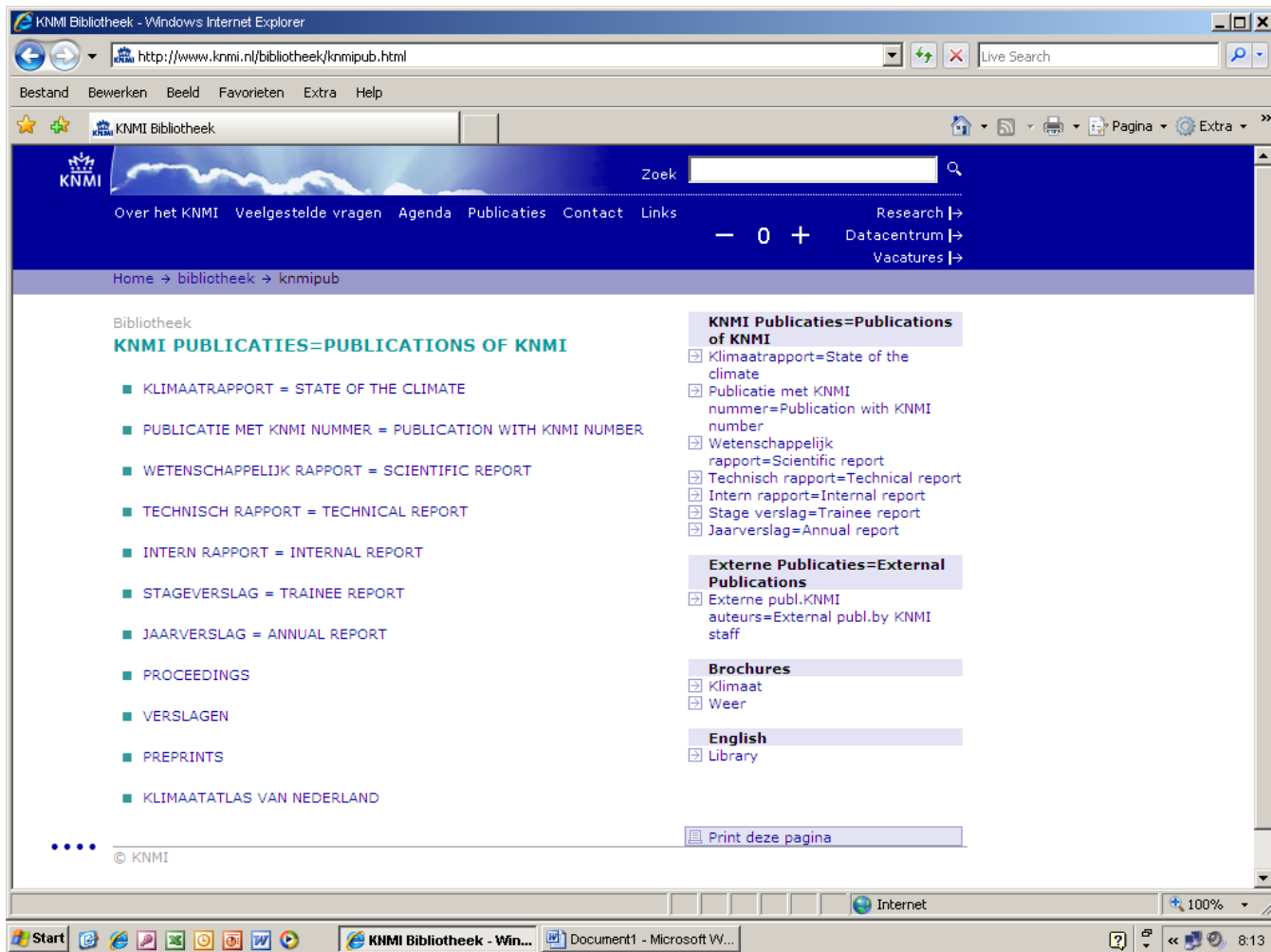
Dankwoord: Speciaal aan prof. Hein Daanen en dr. Jantien Noorda voor hun medewerking. Ook dank aan enkele collega's voor review, advies en gegevens (Janette Bessembinder, Robert Leander, Mieke Reijmerink, Rob Sluijter, Nander Wever en Dirk Wolters). Tot slot aan diverse andere medewerkers van het KNMI voor hun bijgedragen aan operationele invoering en communicatie.



# Bibliografie

- Canada's Wind Chill Program,  
Internet: [http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/windchill/index\\_e.cfm](http://www.msc-smc.ec.gc.ca/education/windchill/index_e.cfm)
- Daanen, H.A.M. (2008): "Manual performance deterioration in the cold estimated using the wind-chill equivalent temperature", *Industrial Health*, 47, blz. 274-282
- Dixons, J.C. and Prior, M.J. (1987): "Wind chill indices: a review", *Met.Mag.*116, blz. 1-17
- van Dorp, H. (2009): "Winterregeling Maatschappelijke Opvang Gemeente Groningen", Interne documentatie RB&C, KNMI
- Drefbo, KNMI-intranet, instructie terminologie temperatuur
- Floor, K. (1991): "Beleving kou moeilijk te meten", *de Volkskrant*, 9 februari.
- Handboek waarnemingen, KNMI.  
Internet: <http://www.knmi.nl/samenw/hawa/download.html>
- Noorda, J. (1990): "GGD-richtlijn medische milieukunde, Gezondheidsrisico's van winterse omstandigheden", rapport 609330009/2009, RIVM, Bilthoven
- OCFM (2003): "Report on Wind Chill Temperature and Extreme Heat Indices: Evaluation and Improvement Projects",  
Internet: [http://www.ofcm.gov/jagti/r19-ti-plan/pdf/entire\\_r19\\_ti.pdf](http://www.ofcm.gov/jagti/r19-ti-plan/pdf/entire_r19_ti.pdf)
- Klein Tank, A.M.G. en Landerink, G. (red.) (2009): "Klimaatverandering in Nederland; Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's", KNMI, De Bilt
- KNMI'06 klimaatscenario's, v.d.Hurk, B., et al (2006): "KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands", WR2006-1, KNMI, De Bilt.  
Internet: <http://www.knmi.nl/klimaatscenarios/>
- KNMI'06: transformatie tijdreeksen,  
Internet: [http://climexp.knmi.nl/Scenarios\\_monthly/](http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/)
- KNMI: Uurgegevens van het weer in Nederland,  
Internet: <http://www.knmi.nl/klimatologie/uurgegevens/>
- Osczevski, R. and Bluestein, M. (2005): "The new wind chill equivalent temperature chart", *BAMS* 86, issue 10, blz. 1453-1458
- Quale, R.G. (1998): "The Steadman Wind Chill: An Improvement over Present Scales", *Weather and Forecasting*, blz. 1187-1193.

- Siple, P.A. (1945): "General principles governing selection of clothing for cold climates", Proc. Am. Phil. Soc. 89, blz. 200-234
- Siple, P.A. and Passel, C.F. (1945): "Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures", Proc. Am. Phil. Soc. 89 , blz. 177-199.
- Sluijter, R. (2009): Implementatie Canadese wind chill methodiek, KNMI, 6 mei 2009, interne nota.
- Steadman, R. G. (1971): "Indices of wind chill for clothed persons", J. Appl. Met. 10, blz. 674-683.
- Steadman R. G. (1984): "A universal scale of apparent temperature", J. Clim. and Appl. Met. 23, blz 1674-1687.
- Zwart, B. (1992): "Wind chill, de door de windsnelheid veroorzaakte temperatuur gewaarwording", KNMI TR-103a, De Bilt.



All titles of KNMI-publications (and a full text PDF for the most recent ones) can be found on

<http://www.knmi.nl/bibliotheek/knmipub.html>

*If you have any questions, please contact us: [bibliotheek@knmi.nl](mailto:bibliotheek@knmi.nl)*





