

Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden – Korrigenda C1 zur Norm SIA 180:2014

SIA 180-C1:2015

Die vorliegende Korrigenda SIA 180-C1:2015 zur Norm SIA 180:2014 wurde von der SIA-Kommission für Hochbaunormen am 19. Februar 2015 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. März 2015.

Sie steht unter www.sia.ch/korrigenda > SIA 180 zur Verfügung.

Korrigenda C1 zur Norm SIA 180:2014 de (1. Auflage 2014-05)

Seite	Ziffer	bisher Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert	Korrektur Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert
3	Inhaltsverzeichnis	5.3 Nachweis durch Messung	5.3 <i>Überprüfung</i> durch Messung
5	0.2.1	Norm SIA 416/1 — Kennzahlen für die Gebäudetechnik	<i>Norm SIA 380</i> Grundlagen für energetische Berechnungen von Gebäuden
8	1.1.2.5	$\theta_{r,i} = \frac{\sum A_j \cdot \theta_{si}}{\sum A_j}$	$\theta_{r,i} = \frac{\sum A_j \cdot \theta_{si,j}}{\sum A_j}$
10	1.1.2.17	Mittelwert der stündlichen Aussenlufttemperaturen der vorangehenden Stunden $\theta_{rm} = \frac{1}{N} \sum_{H-N}^H \theta_{e,Hj}$ θ_{rm} gleitender Mittelwert der Aussentemperatur für die Stunde H $\theta_{e,Hj}$ Aussenlufttemperatur der Stunde H_j N Anzahl in den Mittelwert einbezogener Stunden In dieser Norm werden für den Mittelwert die 48 vorangehenden Stunden betrachtet.	Mittelwert der stündlichen Aussentemperaturen <i>über eine Zeitreihe von N Stunden</i> $\theta_{rm}(t) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{j=0}^{N-1} \theta_e(t-j)$ $\theta_{rm}(t)$ gleitender Mittelwert der Aussentemperatur für die Stunde <i>t</i> $\theta_e(t-j)$ Aussentemperatur der Stunde <i>t-j</i> N Anzahl in den Mittelwert einbezogener Stunden In dieser Norm werden für den Mittelwert 48 Stunden betrachtet.
11	1.1.3.5	Der Leckagekoeffizient C_L wird bei Standardbedingungen 20 ± 1 °C und $101'300$ -Pa ermittelt.	Der Leckagekoeffizient C_L wird bei Standardbedingungen 20 ± 1 °C und $101'325$ Pa ermittelt.
14	1.1.4.9	$\cancel{R_t} = \cancel{R_{si}} = \sum R_j + \cancel{R_{se}}$	$R_t = R_{si} + \sum R_j + R_{se}$
16	1.1.8.3	$M_e = 0,01801628$ kg/mol Molekularmasse von Wasser p_a Luftdruck ($101'300$ Pa auf Meereshöhe)	$M_e = 0,01801528$ kg/mol, Molekularmasse von Wasser p_a Luftdruck ($101'325$ Pa auf Meereshöhe)
18	1.2.1	Stunde H h	Stunde <i>t</i> h
19	1.2.2	H Stunde h	<i>t</i> Stunde h

Seite	Ziffer	bisher	Korrektur
		Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert	Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert
20	1.2.2	V_i Innenvolumen m^3	—
21	1.3	(neu)	<i>l lokal local local</i>
21	1.3	(neu)	<i>DP Taupunkt dewpoint point de rosée</i>
21	1.3	<i>E</i> energy reference area	<i>E</i> energy reference
29	2.5	<p>Die vorliegende Norm erlaubt drei Möglichkeiten für den Nachweis, dass die Anforderungen gemäss 2.1 erfüllt sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> — durch die Nachweise des winterlichen und sommerlichen Wärmeschutzes nach 4.2 und 5.2, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen; — für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, durch die Bestimmung der notwendigen Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden; — bei bestehenden Gebäuden durch Messungen gemäss 2.6. <p>Die Nachweise für Räume, während diese beheizt, gekühlt oder mechanisch belüftet sind, sind in SIA 382/1 zu finden.</p>	<p>Zur Überprüfung der Anforderungen an die thermische Behaglichkeit enthält diese Norm folgende Nachweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> – für beheizte Räume den Nachweis des winterlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 4, unter Annahme von Heizungs- und Klimaanlage, welche die Einhaltung der zulässigen empfundenen Temperatur sicherstellen; – für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind, den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes nach Kapitel 5; – für Räume mit natürlicher Lüftung, während diese weder beheizt noch gekühlt sind und interne Wärmelasten pro Tag von über 120 Wh/m^2 aufweisen, die Berechnung der resultierenden Temperaturen (empfundene Temperatur, Temperatur der Oberflächen, Lufttemperatur) mittels Simulationen gemäss Anhang C.2 und Verifizierung, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden. <p><i>Bei bestehenden Gebäuden kann die Einhaltung der Anforderungen durch Messungen gemäss 2.6 und 5.3 überprüft werden. Dabei sind die Randbedingungen während der Messperiode zu erfassen und mit den Vorgaben für die rechnerischen Nachweise zu vergleichen.</i></p> <p><i>Für die Beurteilung der Notwendigkeit einer Kühlung ist der Nachweis nach SIA 382/1 zu führen.</i></p>
29	2.6.3	PPD und PMV können mit thermischen Behaglichkeitsmessgeräten gemessen werden. Alternativ können auch die Temperaturen der Raumluft und der Oberflächen, die Geschwindigkeit und Feuchte der Raumluft sowie die mittlere Strahlungstemperatur $\theta_{r,m}$ nach SN EN ISO 7726 gemessen und dann PPD oder PMV für einen konditionierten Raum mit der Fanger-Gleichung berechnet werden (Anhang B und SN EN ISO 7730). Die Messwertaufnehmer sind nach Tabelle 2 anzuordnen.	PPD und PMV können mit thermischen Behaglichkeitsmessgeräten gemessen werden. Alternativ können auch die Temperaturen der Raumluft und der Oberflächen, die Geschwindigkeit und Feuchte der Raumluft sowie die mittlere Strahlungstemperatur $\theta_{r,i}$ nach SN EN ISO 7726 gemessen und dann PPD oder PMV für einen konditionierten Raum mit der Fanger-Gleichung berechnet werden (Anhang B und SN EN ISO 7730). Die Messwertaufnehmer sind nach Tabelle 2 anzuordnen.

Seite	Ziffer	bisher	Korrektur
		Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert	Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert
37	4.1.1.2	Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 416/4 , Ziffer 2.2.1).	Alle beheizten Räume müssen innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen (siehe SIA 380 , Ziffer 2.2.1).
37	4.1.2.1	Tabelle 7 Rollladenkasten 2,0 2,0 –	Tabelle 7 Rollladenkasten 1,0 1,0 –
40	5.2.2.1	– Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse 6 gemäss SIA 342, Anhang B-2 , vorhanden.	– Bei allen Fenstern ist ein aussen liegender beweglicher Sonnenschutz mit Windwiderstandsklasse 6 gemäss SIA 342, Anhang B.1.1 , vorhanden.
41	5.2.3.1	Eine effiziente Nachtauskühlung der Gebäudemasse durch natürliche Lüftung braucht einen Aussenluft-Volumenstrom pro Nettogeschossfläche von mindestens $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Dieser Wert kann mit den Massnahmen gemäss 5.2.3.2 bis 5.2.3.4 oder einer entsprechend dimensionierten mechanischen Lüftung erreicht werden.	Eine effiziente Nachtauskühlung der Gebäudemasse durch natürliche Lüftung braucht einen Aussenluft-Volumenstrom pro Nettogeschossfläche von mindestens $10 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$. Dieser Wert kann mit den Massnahmen gemäss 5.2.3.2 bis 5.2.3.4 erreicht werden.
44	5.2.4.10	Bei klimatisierten Gebäuden wird der Sonnenschutz automatisch gesteuert, unter Berücksichtigung von 2.1.4.	Bei aktiv gekühlten Räumen wird der Sonnenschutz automatisch gesteuert, unter Berücksichtigung von 2.1.4.
44	5.3	Nachweis durch Messung	Überprüfung durch Messung
44	5.3.1	Durch Messungen ist die Erreichung der Behaglichkeitsanforderungen gemäss 5.1 nachzuweisen .	Mit Messungen kann die Einhaltung der Behaglichkeitsanforderungen gemäss 5.1 überprüft werden.
45	6.2.1.3	Um das Schimmelpilzrisiko zu vermeiden, darf die Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht) den Wert von 80 % nicht während mehr als zweier aufeinander folgender Wochen pro Jahr übersteigen	Die Anforderung in Bezug auf das Schimmelpilzrisiko ist erfüllt wenn die Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht) den Wert von 80% nicht übersteigt. Eine Überschreitung von kurzer Dauer ist möglich je nach Temperatur, Feuchte und Art des Schimmelpilzes und bedarf einer detaillierten Risikoanalyse.¹
45	6.2.1.4	Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die relative Luftfeuchte in den Räumen mit Personenbelegung die Grenzen gemäss Figur 14 oder Tabelle 10 im Tagesmittel nicht überschreiten. Die Gleichung zu dieser Figur und Tabelle ist unter 6.2.1.5 angegeben; der Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} wurde auf 0,75 festgelegt und $p_{v,e} = (0,75 - 0,0025 \cdot \theta_{ef}) \cdot p_{sat}(\theta_{ef})$.	Um Feuchteschäden zu vermeiden, darf die relative Luftfeuchte in den Räumen mit Personenbelegung die Grenzen gemäss Figur 14 oder Tabelle 10 im Tagesmittel nicht überschreiten. Die Gleichung zu dieser Figur und Tabelle ist unter 6.2.1.5 angegeben; der Oberflächentemperaturfaktor f_{Rsi} wurde auf 0,70 festgelegt und $p_{v,e} = (0,75 - 0,0025 \cdot \theta_{a,e}) \cdot p_{sat}(\theta_{a,e})$.

¹ Die Dauer der Sporenauskeimung allgemeiner und besonders kritischer Pilze kann mit dem IBP-Merkblatt 401 ermittelt werden (<http://www.ibp.fraunhofer.de/de/publikationen/IBP-Mitteilungen.html>)

Seite	Ziffer	bisher Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert	Korrektur Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert
46	6.2.1.4	Tabelle 10 Taupunkt $\theta_{i,DP,max}$, in °C	Tabelle 10 Taupunkt $\theta_{i,DP,max}$, in °C
46	6.2.1.5	Bei abweichenden Nutzungsbedingungen (Raumlufttemperaturen $\neq 20^\circ\text{C}$) und in Räumen mit unvermeidbaren Wärmebrücken mit einem Oberflächentemperaturfaktor unter 0,75 ist eine Berechnung der maximal zulässigen relative Raumluftfeuchte $\varphi_{i,max}$ mit folgender Gleichung notwendig: $\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_i)} \text{ in \%}$	Bei abweichenden Nutzungsbedingungen (Raumlufttemperaturen $\neq 20^\circ\text{C}$) und in Räumen mit unvermeidbaren Wärmebrücken mit einem Oberflächentemperaturfaktor unter 0,70 ist eine Berechnung der maximal zulässigen relative Raumluftfeuchte $\varphi_{i,max}$ mit folgender Gleichung notwendig: $\varphi_{i,max} = \frac{p_{v,i,max}}{p_{v,sat}(\theta_{a,i})} \text{ in \%}$
47	6.2.3.1	Ein rechnerischer Nachweis ist insbesondere notwendig, wenn auf Grund spezieller Nutzungsbedingungen die maximal zulässigen Raumluftfeuchten gemäss 6.1.2.4 überschritten werden. Ein rechnerischer Nachweis ist auch bei erheblichen Wärmebrücken ($f_{Rsi} < \del{0,75}) erforderlich, selbst wenn die effektiven Raumluftfeuchten nachweislich wesentlich tiefer sind als die maximal zulässigen. Bei Simulationsrechnungen sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden.$	Ein rechnerischer Nachweis ist insbesondere notwendig, wenn auf Grund spezieller Nutzungsbedingungen die maximal zulässigen Raumluftfeuchten gemäss 6.1.2.4 überschritten werden. Ein rechnerischer Nachweis ist auch bei erheblichen Wärmebrücken ($f_{Rsi} < \textbf{Grenzwert gemäss Anhang F}$) erforderlich, selbst wenn die effektiven Raumluftfeuchten nachweislich wesentlich tiefer sind als die maximal zulässigen. Bei Simulationsrechnungen sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden.
52	A.2	$M_a = 0,0289645 \text{ kg}$ und $M_e = 0,01801\del{628} \text{ kg}$ sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser	$M_a = 0,0289645 \text{ kg}$ und $M_e = 0,01801\del{628} \text{ kg}$ sind die molaren Massen von Luft bzw. Wasser
60	C.3	Fehlende Zeile in der Tabelle einfügen (nach Berechnungsmodell, Zeitschritt)	Klimadaten wie C.1
64	E.1	Der Nachweis erfolgt in den folgenden Schritten separat für die Oberflächenkondensatfreiheit und für die Schimmelpilzfreiheit. Bei Simulationsrechnungen zum effektiven Raumklima sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden.	Der monatliche Nachweis erfolgt in den folgenden Schritten separat für die Oberflächenkondensatfreiheit und für die Schimmelpilzfreiheit. Bei stündlichen Simulationsrechnungen zum effektiven Raumklima sind die Randbedingungen gemäss C.4 zu verwenden.
64	E.1.1	Wahl des zutreffenden Aussenklimas (siehe SIA 2028) Aussenlufttemperatur: – für die Oberflächenkondensatfreiheit: tiefste Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,min}$ – für die Schimmelpilzfreiheit: monatliche Mittelwerte der Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,m}$	Wahl des zutreffenden Aussenklimas (siehe SIA 2028) Aussenlufttemperatur: – für die Oberflächenkondensatfreiheit: tiefste Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,min}$ – für die Schimmelpilzfreiheit: monatliche Mittelwerte der Aussenlufttemperatur $\theta_{a,e,m}$ für die Monate Oktober bis April

Seite	Ziffer	bisher	Korrektur
		Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert	Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert
64	E.1.2	Wahl des zutreffenden Raumklimas (θ_b , $p_{v,i,max}$ oder φ_i) Raumlufftemperatur $\theta_{a,i}$ für Wohnräume, Büros, Schulen, Hotels und ähnliche Räume gemäss: $\theta_{a,i} = \min(\theta_{i,b}; \theta_{i,0} + 0,33 \theta_{e,m})$ wobei die Temperaturen $\theta_{i,b}$ 20°C und $\theta_{i,0}$ 15,8°C sind. Für andere Räume gemäss den speziellen Nutzungsbedingungen.	Wahl des zutreffenden Raumklimas ($\theta_{a,b}$, $p_{v,i,max}$ oder φ_i) Raumlufftemperatur $\theta_{a,i} = 20 \text{ °C}$ für Wohnräume, Büros, Schulen, Hotels und ähnliche Räume. Für andere Räume gemäss den speziellen Nutzungsbedingungen.
65	E.1.4	Bestimmung des minimal zulässigen Oberflächentemperaturfaktors $f_{Rsi,min}$ $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,min}}{\theta_i - \theta_{a,e,min}}$ für Kondensationsfreiheit und $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_i - \theta_{a,e,m}}$ für Schimmelpilzfreiheit	Bestimmung des minimal zulässigen Oberflächentemperaturfaktors $f_{Rsi,min}$ $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,min}}{\theta_{a,i} - \theta_{a,e,min}}$ für Kondensationsfreiheit und $f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_{a,e,m}}{\theta_{a,i} - \theta_{a,e,m}}$ für Schimmelpilzfreiheit
65	E.2.3	Für konditionierte Räume die Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchte.	Für Räume mit geregelter Temperatur und Raumlufffeuchte : Sollwerte für Temperatur und Luftfeuchte.
66	Anhang F	Tabelle im Anhang F	Neue Tabelle im Anhang F, siehe Seite 7
67	Anhang F	Voraussetzungen: – Referenzzeitraum: ganzes Jahr, 12 Monate – Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht): für Schimmelpilzrisiko 80%, für Oberflächenkondensat 100% – Sicherheitszuschlag: – Unkontrollierte Raumlufffeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit 1,25 multipliziert. – Kontrollierte Raumlufffeuchte: Zuschlag von 5% auf Raumlufffeuchte. – –Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_i = 20 \text{ °C}$ ist; wenn $\theta_e > 12,7 \text{ °C}$, dann: $\theta_i = 0,33 \theta_e + 15,8 \text{ °C}$ (Raumlufftemperatur nach SN-EN 15251:2007, Anhang A, Kategorie II, untere Grenze)	Voraussetzungen: – Referenzzeitraum: Wintermonate Oktober bis April – Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht): für Schimmelpilzrisiko 80%, für Oberflächenkondensat 100% – Sicherheitszuschlag: – Unkontrollierte Raumlufffeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit Faktor 1,25 multipliziert. – Kontrollierte Raumlufffeuchte: Zuschlag von 5% auf Raumlufffeuchte. – Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_{a,i} = 20 \text{ °C}$

Anhang F (informativ) Oberflächentemperaturfaktoren

Die in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Oberflächentemperaturfaktoren sind nach Anhang E so berechnet worden, dass beim Klima der genannten Station in keinem Zeitpunkt die Gefahr von Schimmelpilzbefall oder Oberflächenkondensat auftritt – unter der Bedingung, dass die relative Luftfeuchte im Raum die in 6.2.1.4 angegebenen Werte im Tagesmittel nicht übersteigt.

Raumluftfeuchte		Unkontrollierte Raumluftfeuchte Sicherheitsfaktor 1,25			Konstante Raumluftfeuchte 50 % Sicherheitszuschlag 5 %		
Vermeidung von		Schimmelpilzbefall		Oberflächen- kondensat	Schimmelpilzbefall		Oberflächen- kondensat
Stationsname	Höhe m ü.M.	$f_{Rsi,min}$	Kritischer Monat	$f_{Rsi,min}$	$f_{Rsi,min}$	Kritischer Monat	$f_{Rsi,min}$
Adelboden	1320	0,70	März	0,61	0,72	Januar	0,74
Aigle	381	0,70	April	0,60	0,69	Januar	0,72
Altdorf	449	0,72	April	0,60	0,69	Januar	0,70
Basel-Binningen	316	0,71	April	0,60	0,68	Januar	0,73
Bern-Liebefeld	565	0,71	April	0,60	0,71	Januar	0,73
Buchs-Aarau	387	0,70	April	0,61	0,70	Januar	0,73
Chur	555	0,73	April	0,61	0,70	Januar	0,74
Davos	1590	0,70	April	0,62	0,76	Januar	0,76
Disentis	1190	0,71	April	0,61	0,72	Januar	0,75
Engelberg	1035	0,70	April	0,62	0,73	Januar	0,76
Genève-Cointrin	420	0,72	April	0,59	0,68	Januar	0,70
Glarus	515	0,72	April	0,61	0,71	Januar	0,73
Grand-St-Bernard	2472	0,70	Januar	0,62	0,78	Februar	0,78
Güttingen	440	0,70	April	0,60	0,70	Januar	0,73
Interlaken	580	0,71	April	0,60	0,71	Januar	0,72
La Chaux-de-Fonds	1019	0,70	April	0,61	0,72	Januar	0,75
La Frétaz	1202	0,70	Februar	0,61	0,72	Januar	0,75
Locarno-Monti	366	0,76	April	0,58	0,65	Januar	0,64
Lugano	273	0,73	März	0,58	0,65	Januar	0,63
Luzern	456	0,71	April	0,60	0,70	Januar	0,73
Magadino	197	0,73	April	0,58	0,69	Januar	0,66
Montana	1508	0,71	April	0,61	0,73	Januar	0,74
Neuchâtel	485	0,72	April	0,59	0,68	Januar	0,70
Payerne	490	0,70	April	0,60	0,70	Januar	0,71
Piotta	1007	0,72	April	0,61	0,72	Januar	0,72
Pully	461	0,72	April	0,59	0,67	Januar	0,69
Robbia	1078	0,72	April	0,60	0,73	Januar	0,72
Rünenberg	610	0,71	April	0,61	0,70	Januar	0,74
Samedan	1705	0,71	April	0,63	0,80	Januar	0,78
San Bernardino	1639	0,71	März	0,62	0,75	Januar	0,76
St. Gallen	779	0,71	April	0,61	0,71	Januar	0,74
Schaffhausen	437	0,71	April	0,61	0,70	Januar	0,74
Scuol	1298	0,72	April	0,61	0,76	Januar	0,76
Sion	482	0,74	April	0,60	0,71	Januar	0,71
Ulrichen	1345	0,71	April	0,62	0,78	Januar	0,78
Vaduz	460	0,73	April	0,61	0,69	Januar	0,73
Wynau	422	0,70	April	0,61	0,70	Januar	0,74
Zermatt	1638	0,72	April	0,62	0,75	Januar	0,75
Zürich-Kloten	425	0,71	April	0,61	0,70	Januar	0,74
Zürich-MeteoSchweiz	556	0,71	April	0,60	0,70	Januar	0,73
Grösster Wert		0,76		0,63	0,80		0,78

Voraussetzungen:

- Referenzzeitraum: Wintermonate Oktober bis April
- Grenzwert Oberflächenfeuchte (relative Feuchte der oberflächennahen Luftschicht): für Schimmelpilzrisiko 80%, für Oberflächenkondensat 100%
- Sicherheitszuschlag:
 - Unkontrollierte Raumluftfeuchte: Die Feuchtedifferenz zwischen Raum und aussen ist mit Faktor 1,25 multipliziert.
 - Kontrollierte Raumluftfeuchte: Zuschlag von 5% auf Raumluftfeuchte.
- Raumklima: nach 6.2.1.4, Tabelle 10, wobei $\theta_{a,i} = 20 \text{ °C}$