

Opleiding
Duurzaam Gebouw :

**Renovatie met een hoge
energie-efficiëntie :
technische details**

Leefmilieu Brussel

DE THERM-TOOL

Kasper DERKINDEREN

CENERGIE



LEEFMILIEU BRUSSEL
BIM - BRUSSELS INSTITUUT VOOR MILIEUBEHEER

Doelstelling(en) van de presentatie

- Introductie van het softwarepakket Therm
- Basisfunctionaliteiten
- Regelgeving
- Oefening



Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Tekenen
- Materialen
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



Wat is Therm

- “THERM’s two-dimensional conduction heat-transfer analysis is based on the finite-element method, which can model the complicated geometries of building products.”
(<http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>)
- Gratis software
- Gevalideerde software
→ Information Paper P198 van het Europese project ASIEPI – (www.asiepi.eu)

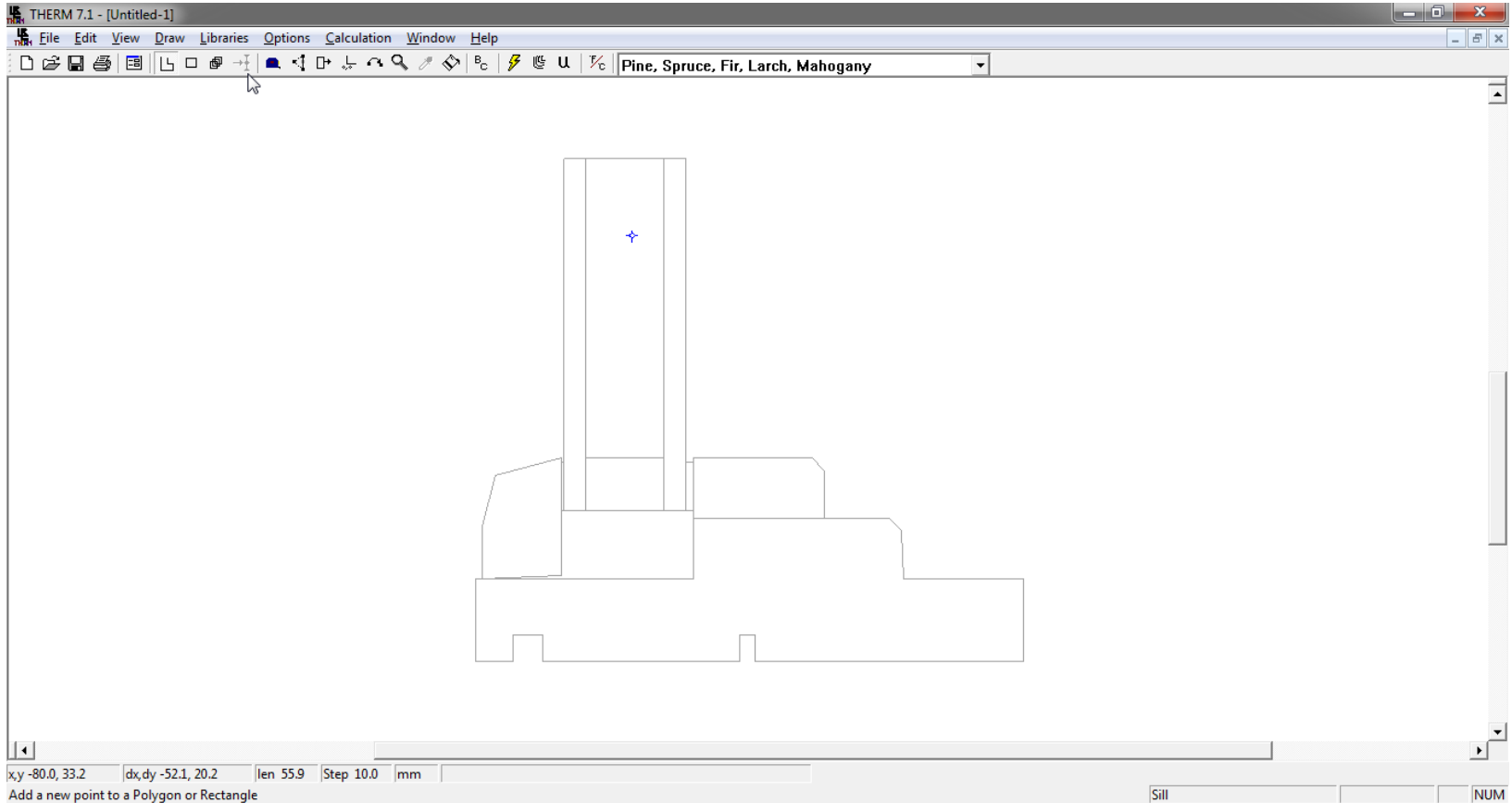


Algemeen schema van de presentatie

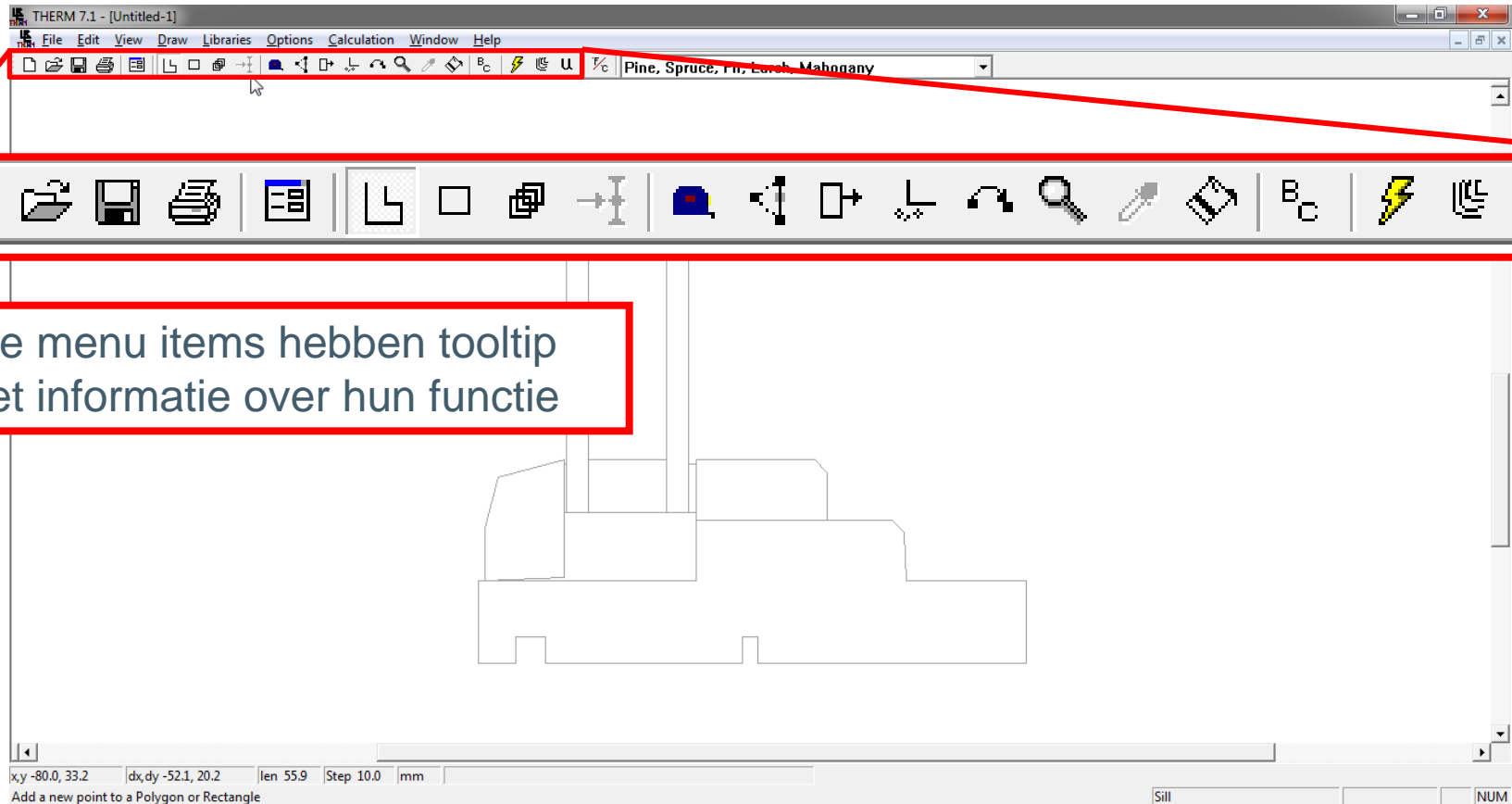
- Wat is Therm
- **Overzicht functies**
- Tekenen
- Materialen
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



Overzicht functies



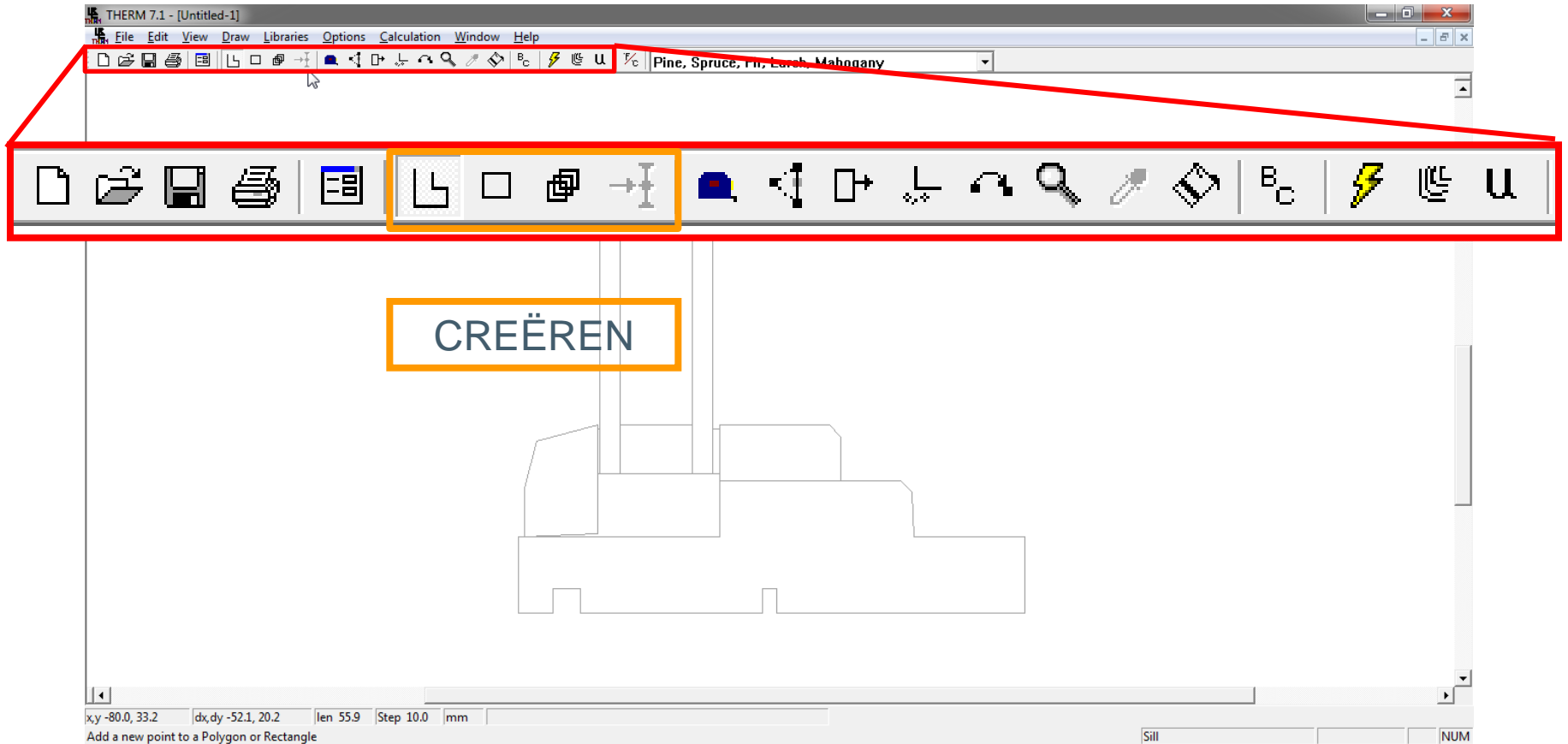
Overzicht functies



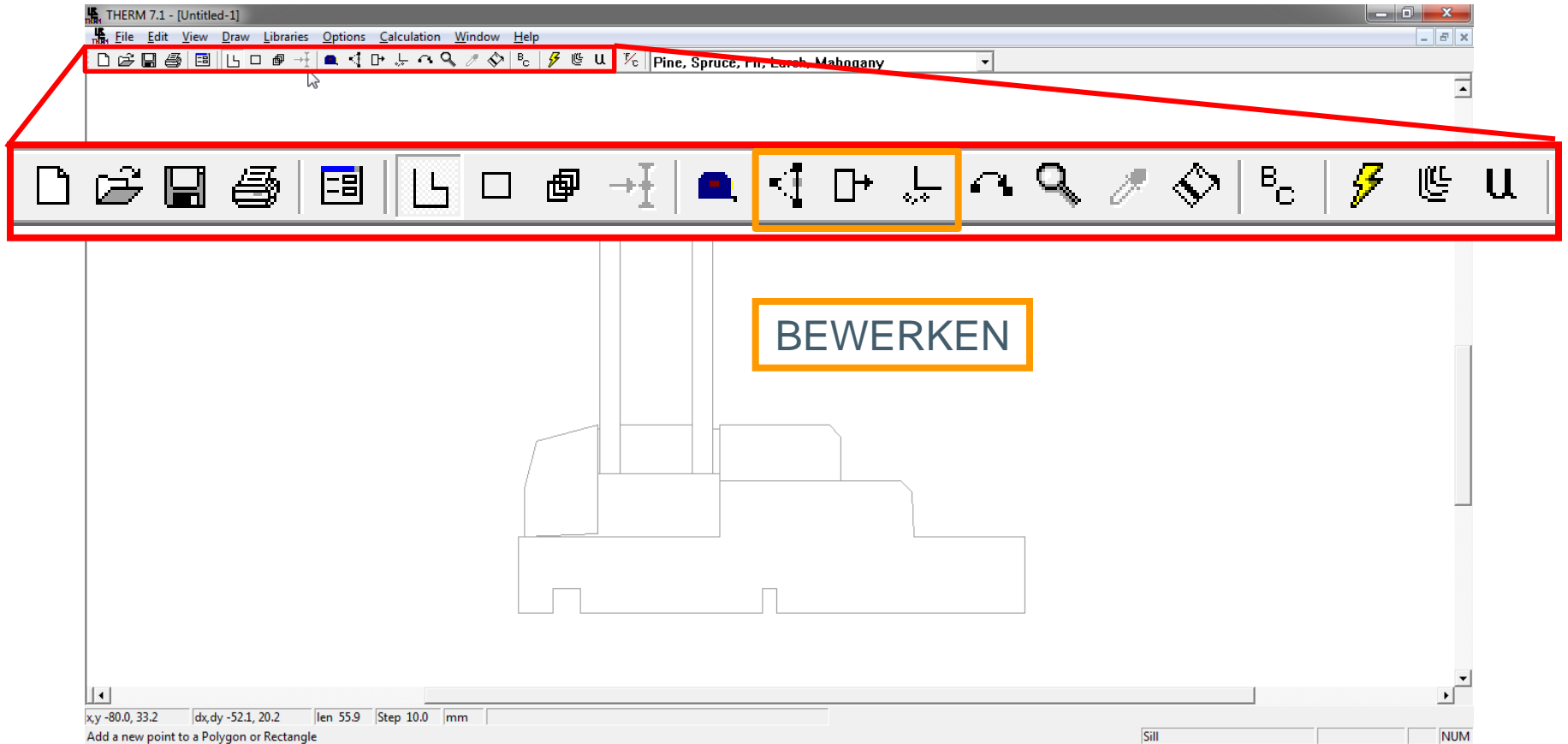
Alle menu items hebben tooltip met informatie over hun functie



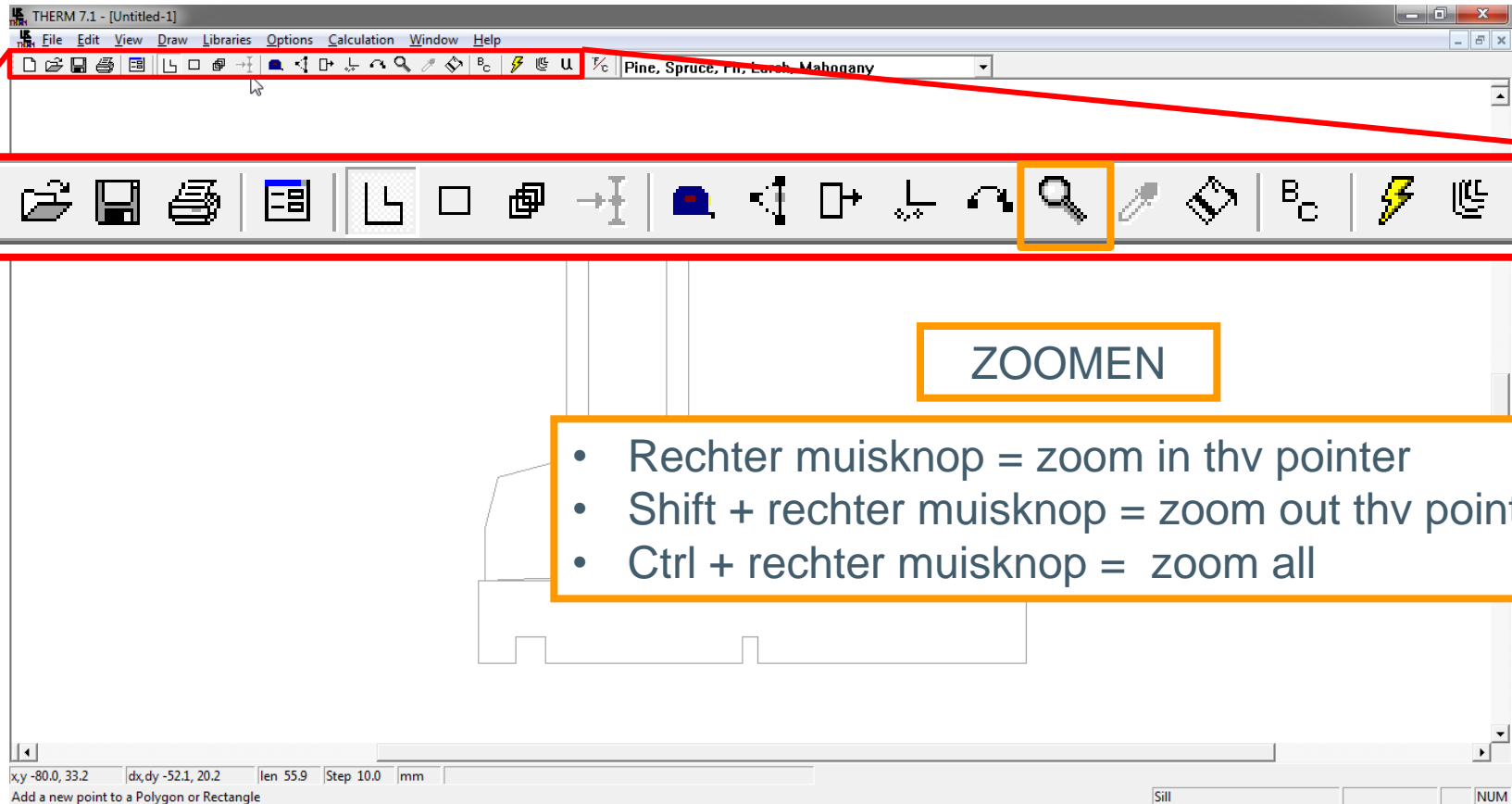
Overzicht functies



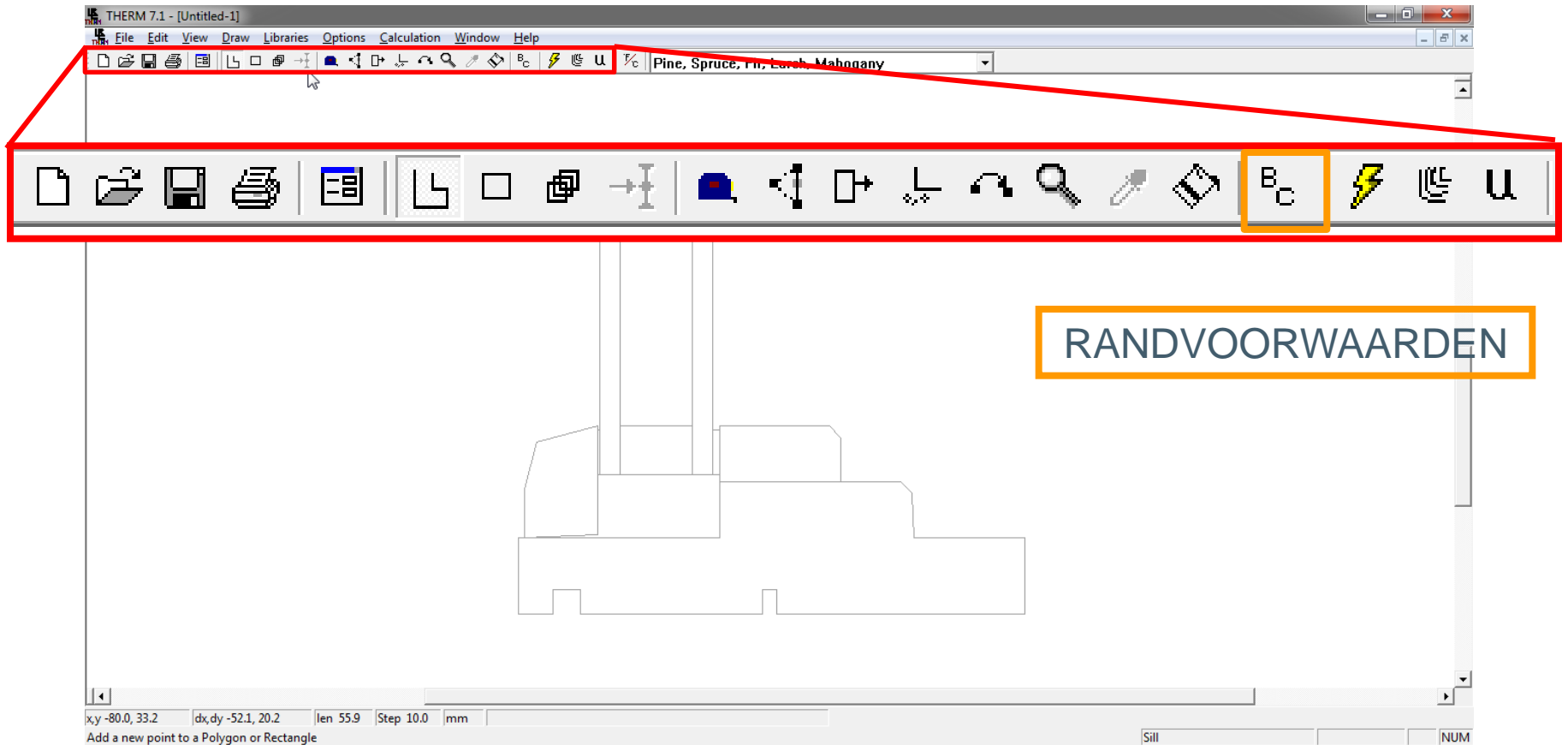
Overzicht functies



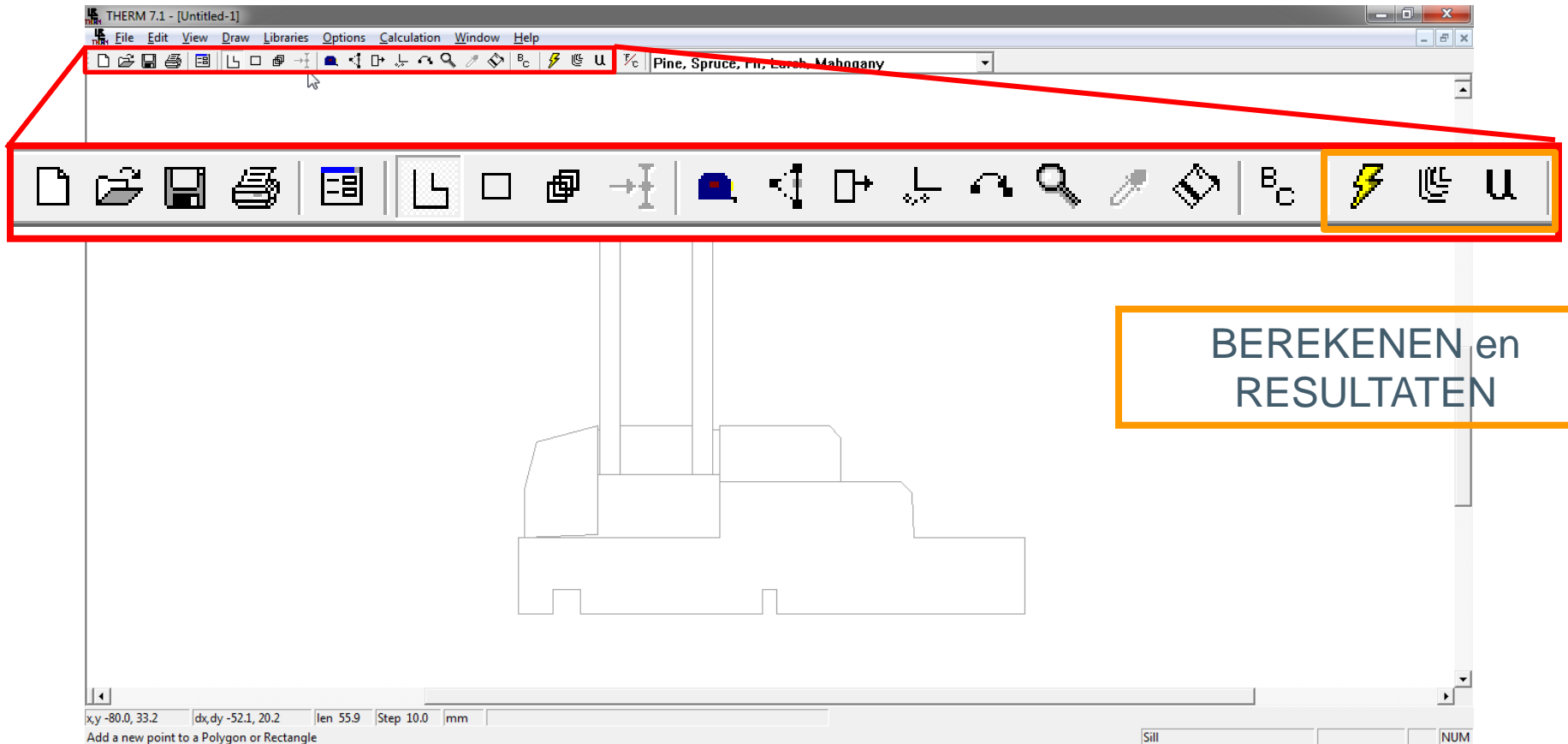
Overzicht functies



Overzicht functies



Overzicht functies





Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Tekenen
- Materialen
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



Tekenen

- 3 manieren:

1. Vrij tekenen: kies  en klik met de muis
2. Onderlegger: File > Underlay... > dwg/dxf selecteren en overtekenen zoals hierboven
3. Coördinaten: kies 
 - › Selecteer startpunt (muisklik of Enter)
 - › Getal typen, richting kiezen en Enter: “100 → Enter” of “15 ↑ Enter”



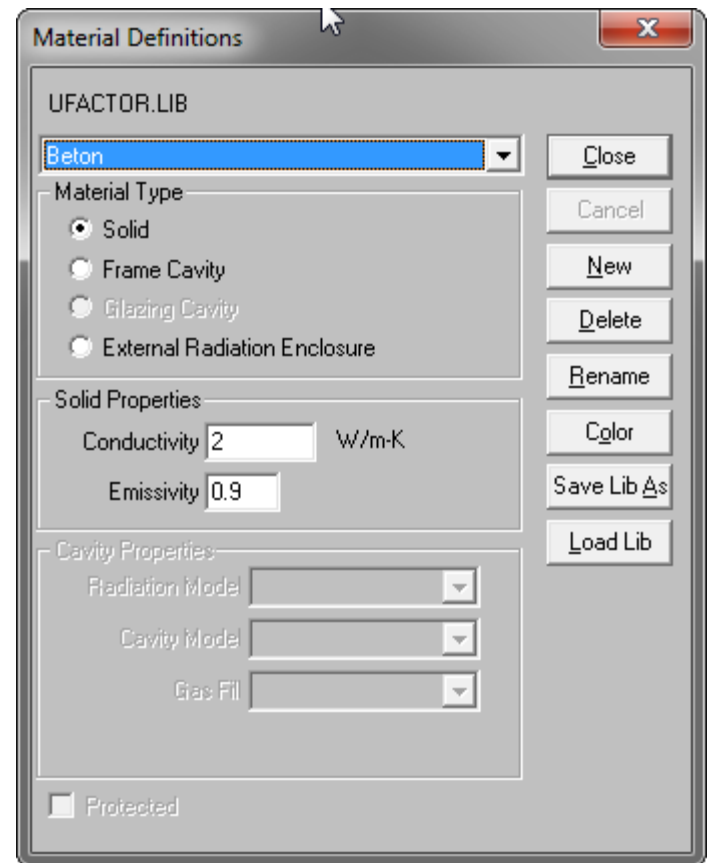
Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Tekenen
- **Materialen**
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



Materialen

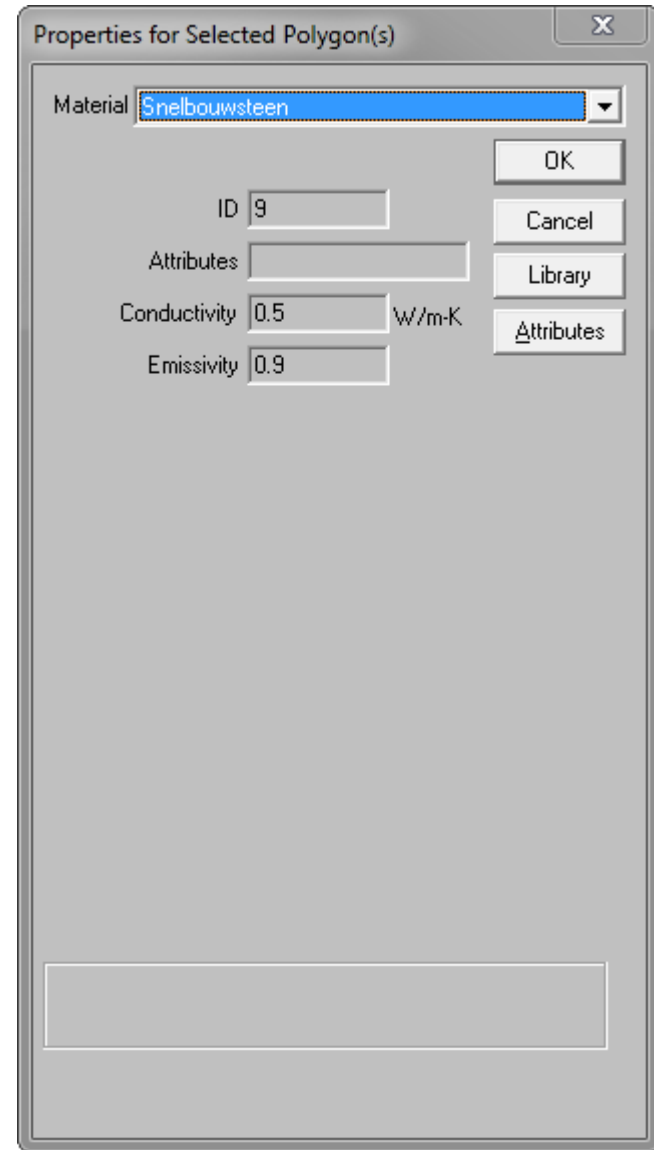
- Materialen ingeven
 - ▶ Libraries → Material Library
 - ▶ Naam geven
 - ▶ Warmtegeleidingscoëfficiënt invullen
 - ▶ Stralingsvermogen: 0,9 is ok voor bouwmaterialen
 - ▶ Kleur kiezen



Materialen

- Materialen toekennen
 - ▶ Dubbelklik* een vlak van de bouwknoop
 - ▶ Kies het materiaal

* Enkele klik kan ook en keuze via snelmenu



Properties for Selected Polygon(s)

Material: Snelbouwsteen

ID: 9

Attributes:

Conductivity: 0.5 W/m-K

Emissivity: 0.9

Buttons: OK, Cancel, Library, Attributes



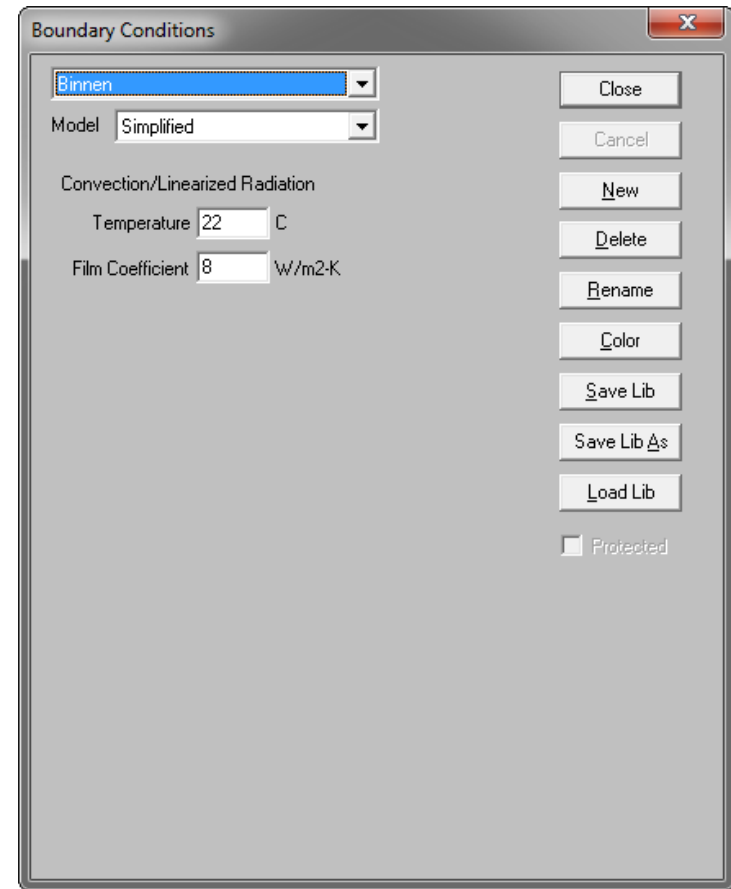
Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Teken
- Materialen
- **Randvoorwaarden**
- U-factor
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



Randvoorwaarden

- Randvoorwaarden aanmaken:
 - ▶ Libraries → Boundary Condition Library
 - ▶ Naam geven
 - ▶ Temperatuur ingeven
 - ▶ Film Coëfficiënt ingeven
= Overgangscoefficiënt $^{-1}$
 - ▶ Kleur kiezen



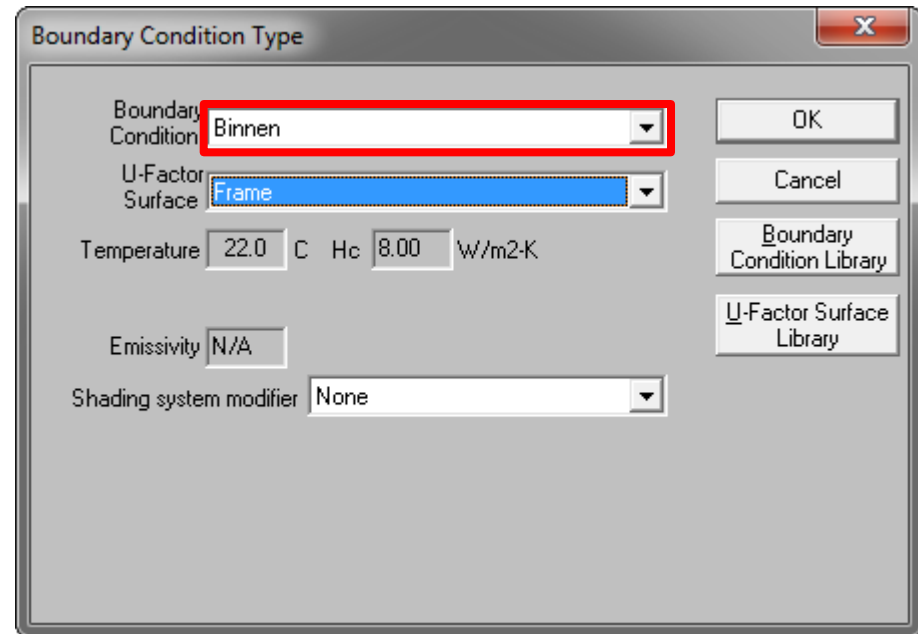
Randvoorwaarde	Temperatuur [°C]	Film coëfficiënt [W/m ² K]
Binnen	20	8
Buiten	-10	25



Randvoorwaarden

- Randvoorwaarden toekennen

- ▶ Klik 
- ▶ Dubbelklik* een rand van de bouwknop
- ▶ Kies Boundary Condition en eventueel U-Factor



* Enkele klik kan ook en keuze via snelmenu



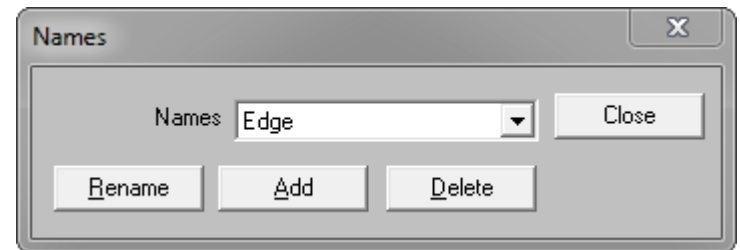
Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Tekenen
- Materialen
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



U-factoren

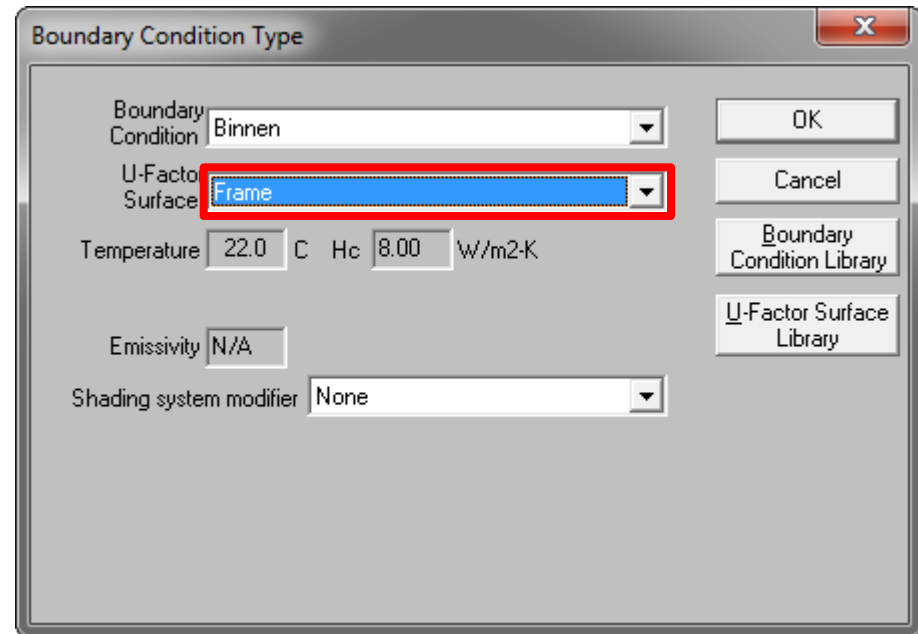
- Bepaalt het vlak waarover het warmteverlies wordt berekend
- U-factoren aanmaken
 - ▶ Libraries → U-factor Names
 - ▶ Add → Naam geven



U-factoren

- U-factoren toekennen
 - ▶ Dubbelklik* een rand van de bouwknop
 - ▶ Kies U-Factor Surface

* Enkele klik kan ook en keuze via snelmenu

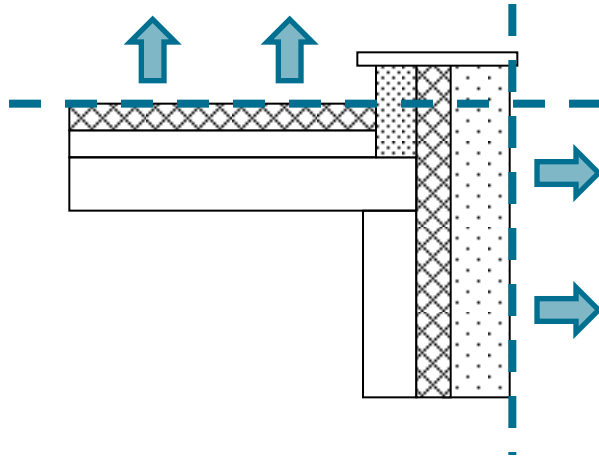


Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Tekenen
- Materialen
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening

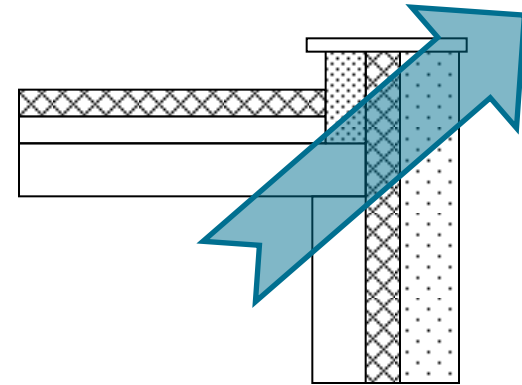


Psi-waarde berekenen



Warmteverliezen
scheidingsconstructies
(1D)

Excel / EPB / PHPP



Warmteverliezen
bouwknoep
(2D of 3D)

THERM



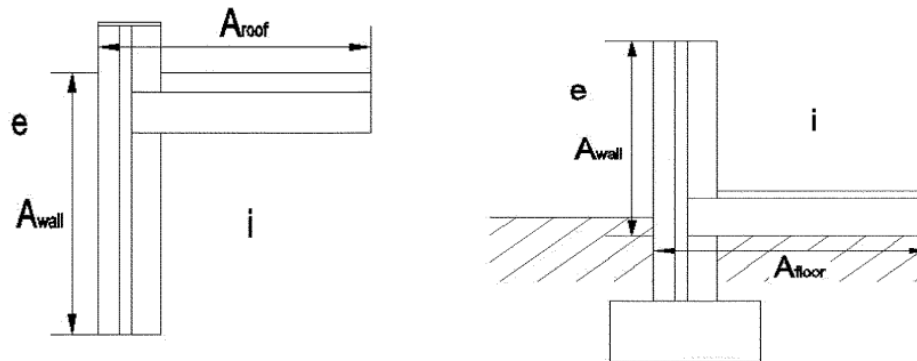
Psi-waarde berekenen

De Ψ_e -waarde is dan gedefinieerd als (verduidelijking van de termen in Figuur 7.1):

$$\Psi_e = \frac{\Phi_{2D}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} - \frac{U_1 A_1}{L} - \frac{U_2 A_2}{L} \quad \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

met

- Φ_{2D} [W]: de totale tweedimensionale stationaire warmtestroom die de binnenomgeving verlaat, berekend met gevalideerde numerieke software;
- L [m]: lengte waarover de lineaire bouwknoop gemodelleerd wordt;
- $\theta_i - \theta_e$ [K]: temperatuurverschil tussen de binnen- en buitenomgeving;
- U_1 [W/m²K]: warmtedoorgangscoefficiënt van de scheidingsconstructie tussen binnen- en buitenomgeving;
- A_1 [m²]: oppervlakte van de scheidingsconstructie tussen binnen- en buitenomgeving, op basis van buitenafmetingen;



Bron: MB van 1 december Bijlage 4 Bijlage 5: Gevalideerde numerieke berekeningen



Psi-waarde berekenen

Opbouw schildeel 1			
	dikte [m]	lambda [W/mK]	R [m²K/W]
Buiten			0,040
metselwerk	0,100	1,000	0,100
isolatie	0,080	0,025	3,200
snelbouwsteen	0,200	0,500	0,400
Binnen			0,130
R schildeel 1			3,870
U schildeel 1 (= 1/R)	0,258	W/m ² K	
lengte schildeel 1 (model Therm)	1,450	m	
U schildeel 1 x lengte schildeel 1	0,375	W/mK	



Psi-waarde berekenen – vloer op volle grond

De lijnwarmtedoorgangcoëfficiënt is dan gelijk aan:

$$\psi_e = \frac{\Phi_{2D}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} - \frac{A_1 U_1}{L} - \frac{\Phi_{2D,a}}{L \cdot (\theta_i - \theta_e)} \quad \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

met

Φ_{2D} [W]: de totale tweedimensionale stationaire warmtestroom die de binnenomgeving verlaat, berekend met gevalideerde numerieke software;

L [m]: lengte waarover de lineaire bouwknop gemodelleerd wordt;

$\theta_i - \theta_e$ [K]: temperatuurverschil tussen de binnen- en buitenomgeving;

A_1 [m]: oppervlakte van de muur tussen binnen- en buitenomgeving, op basis van buitenafmetingen;

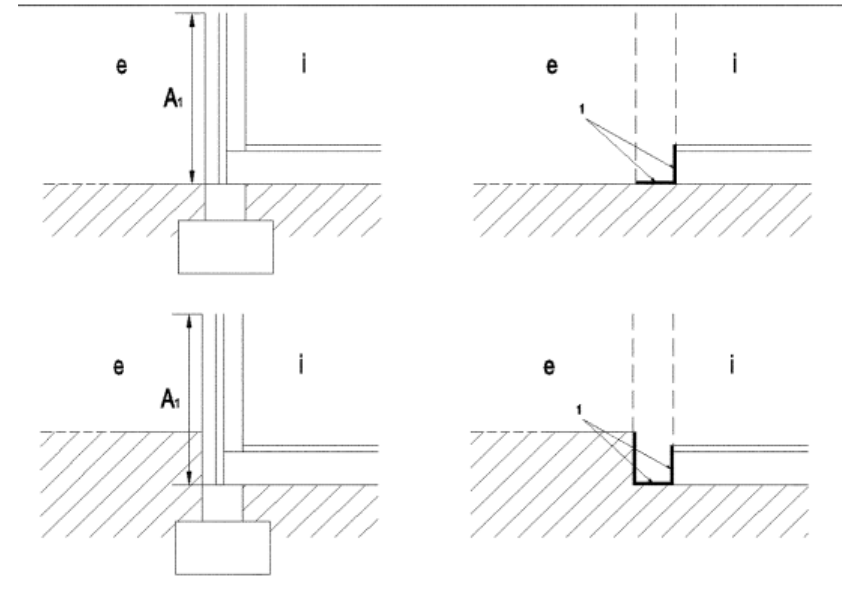
U_1 [W/m²K]: warmtedoorgangcoëfficiënt van de muur;

$\Phi_{2D,a}$ [W]: de totale tweedimensionale stationaire warmtestroom die de binnenomgeving verlaat, berekend met gevalideerde numerieke software, op basis van het model dat als volgt moet worden aangepast:

- ✓ verwaarlozing van alle funderingsmassieven en/of randisolatie door deze te vervangen door grond met een warmtegeleidbaarheid van 2 W/mK;
- ✓ opleggen van adiabatische randvoorwaarden waar de muur (die principieel loopt tot onderkant vloerplaat, inclusief vloerisolatie) in contact is met de vloer op volle grond of de grond.

Figuur 7.2 verduidelijkt de manier waarop het model moet aangepast worden.

2 MODELLEN!

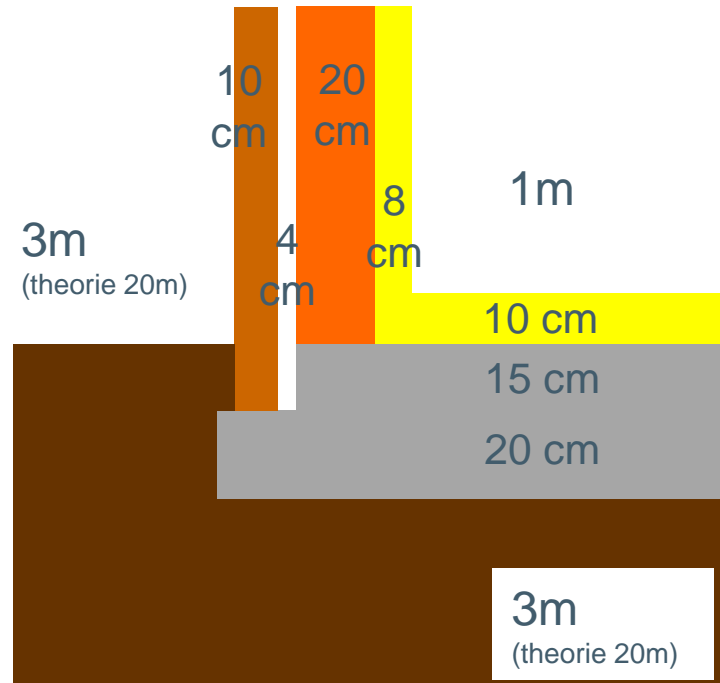
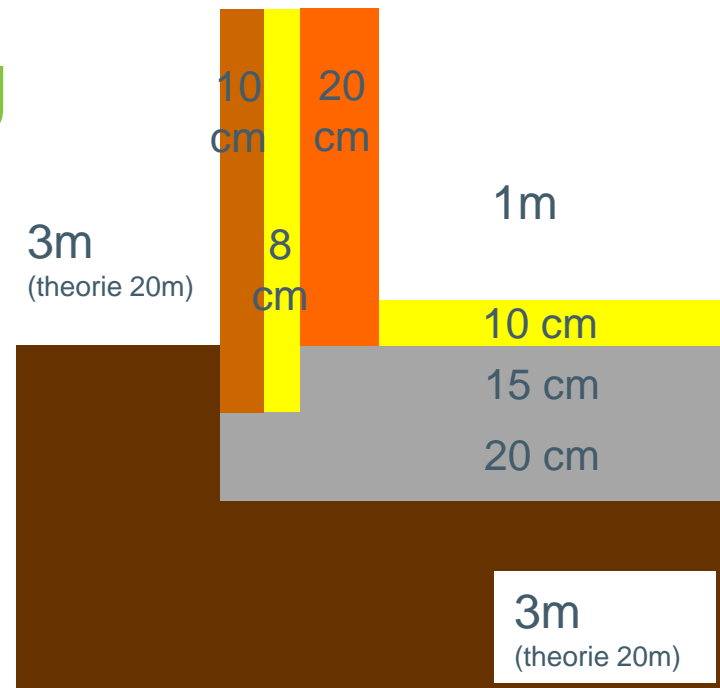
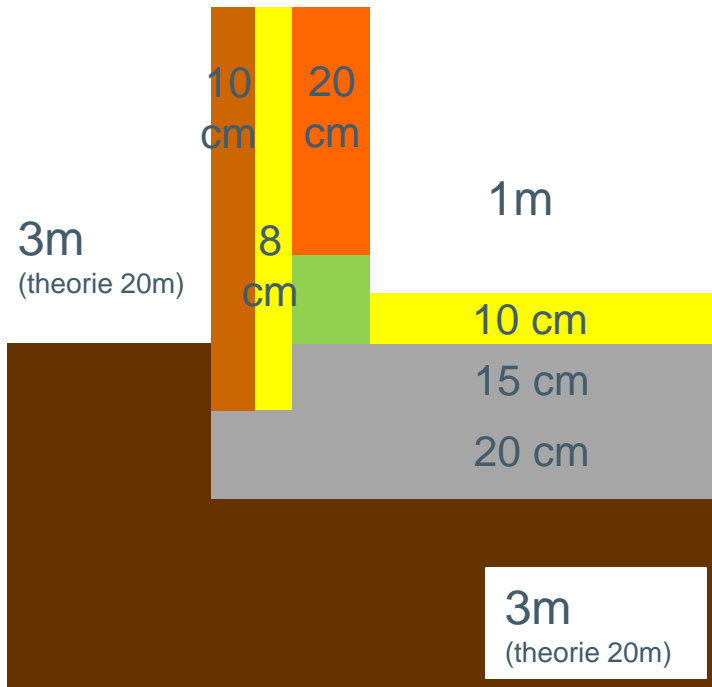


Algemeen schema van de presentatie

- Wat is Therm
- Overzicht functies
- Tekenen
- Materialen
- Randvoorwaarden
- U-factoren
- Psi-waarde berekenen
- Opdracht - oefening



Overzicht - oefening

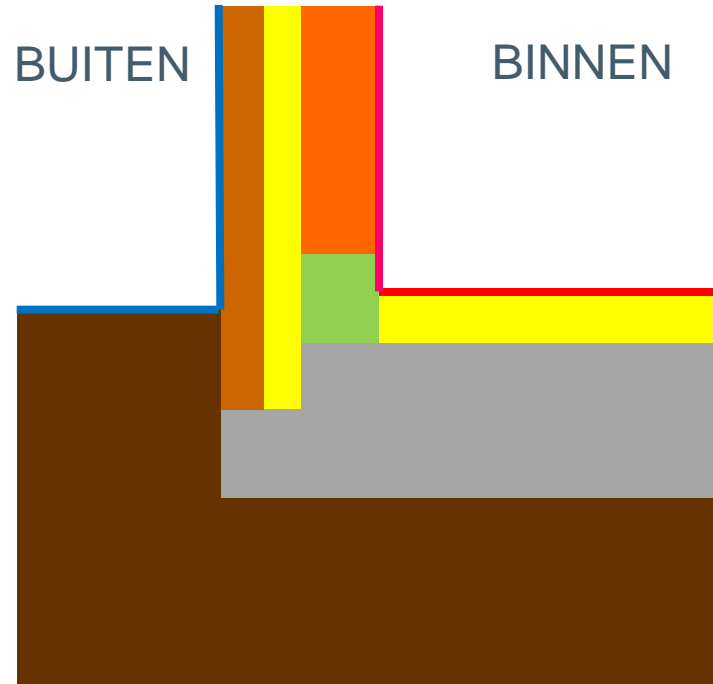


Materiaal	λ [W/mK]
Beton	2
Snelbouwsteen	0,5
Metselwerk	1
Isolatie	0,025
Tussenblok	0,2
Grond	2*
Luchtspouw	0,2

* Bron: MB van 1 december Bijlage 4 Bijlage 5: Gevalideerde numerieke berekeningen



Overzicht - oefening



Randvoorwaarde	Temperatuur [°C]	Film coëfficiënt = $\text{Warmteovergangscoefficiënt}^{-1}$ [W/m ² K]
Binnen	20	8
Buiten	-10	25



Nuttige hulpmiddelen, websites, enz. :

- THERM 6.3 <http://windows.lbl.gov/software/therm/therm.html>
(versie 7 heeft soms problemen met randvoorwaarden – 12/2013)
- Transmissiereferentiedocument
<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/transmissiereferentiedocument.pdf>
- Numerieke berekening
<http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/epb/doc/numeriekeberekeningen.pdf>

Referentie Praktische handleiding voor de duurzame gebouw en andere bronnen :

- Gids Duurzame Gebouwen
gidsduurzamegebouwen.leefmilieubrussel.be/
- Tutorials THERM
<http://windows.lbl.gov/software/therm/7/Tutorials.asp>



Om te onthouden van de presentatie

- Therm = gratis gevalideerde software voor de berekening van warmtetransport
- Belangrijk de actuele formules te gebruiken opgelegd door de (lokale) overheid
- Opletten in het geval van het berekenen van de psi waarde in het geval van volle grond.



Contact

Kasper DERKINDEREN

Projectleider Cenergie

E-mail : kasper.derkinderen@cenergie.be

