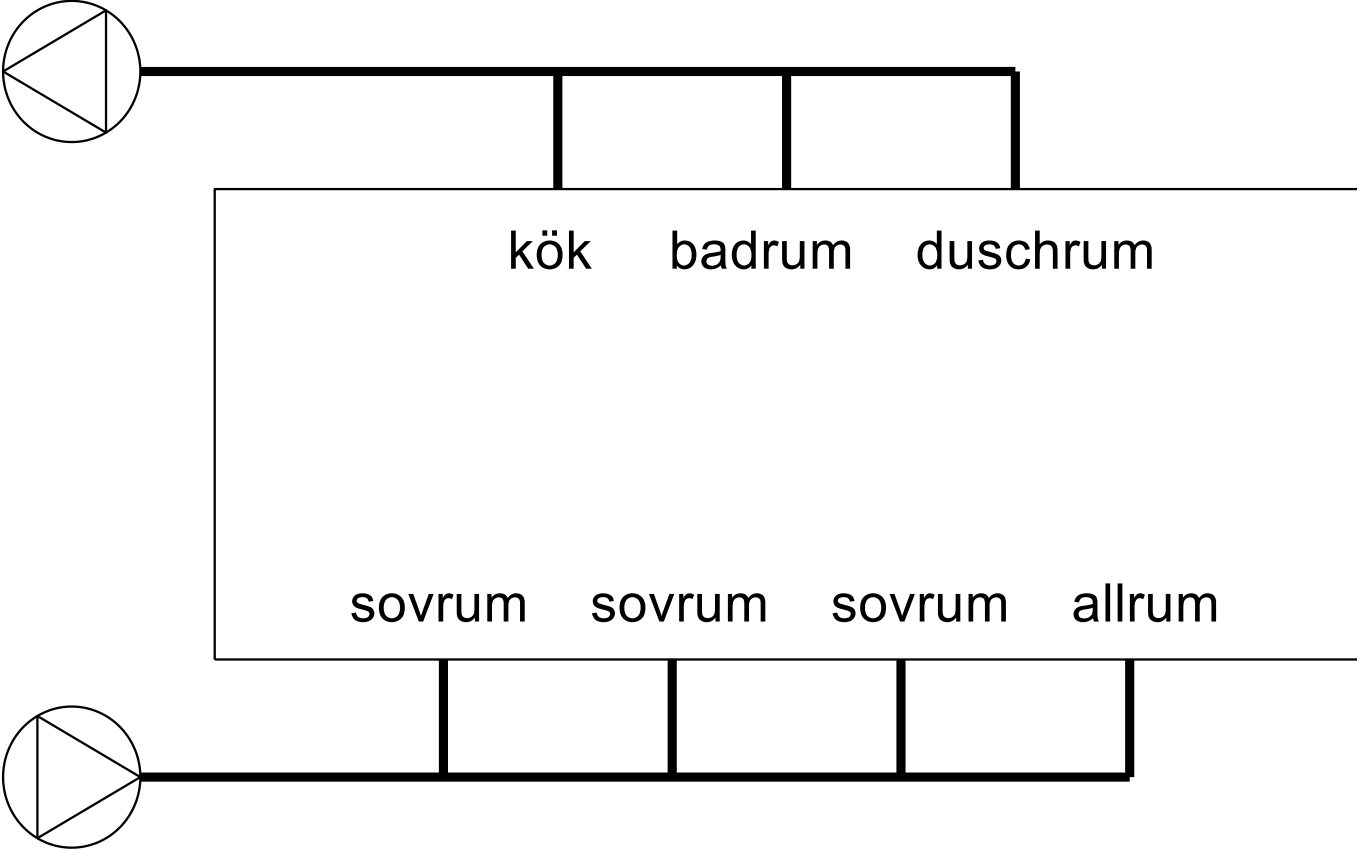


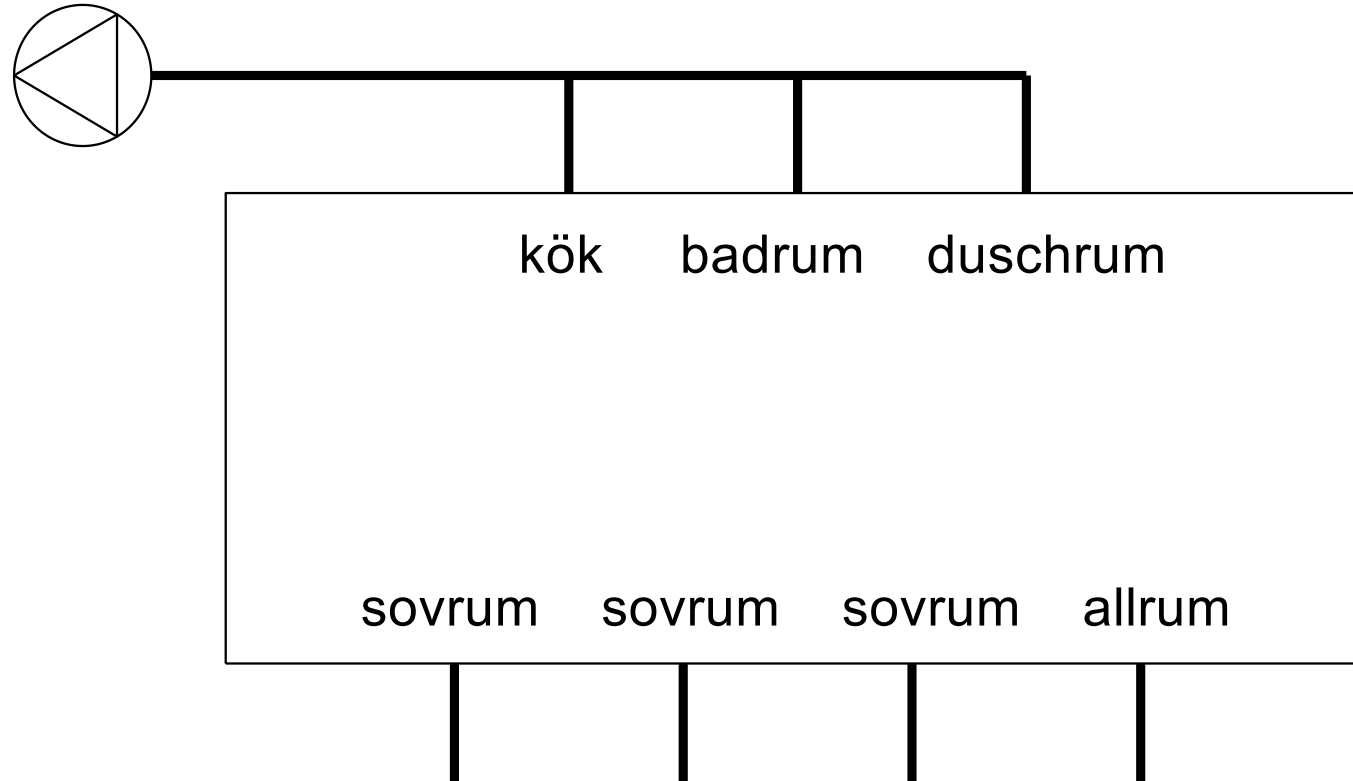
Beräkna självdragsventilation

Luftens densitet?	Enkel formel	$\rho \sim 1 / T_K$
Termisk påverkan?	Enkel formel	$\Delta p \sim \Delta \rho$
Vindpåverkan?	Enkel formel	$\Delta p \sim u^2$
Komponenter?	Enkla formler	$\Delta p \sim q^2$
Modellstruktur?	Kan förenklas	
Problemlösning?	En obekant	
Beräkningsmetod?	Testa fram eller intervallhalvera	
Tillämpning?	Ett Excel-ark	

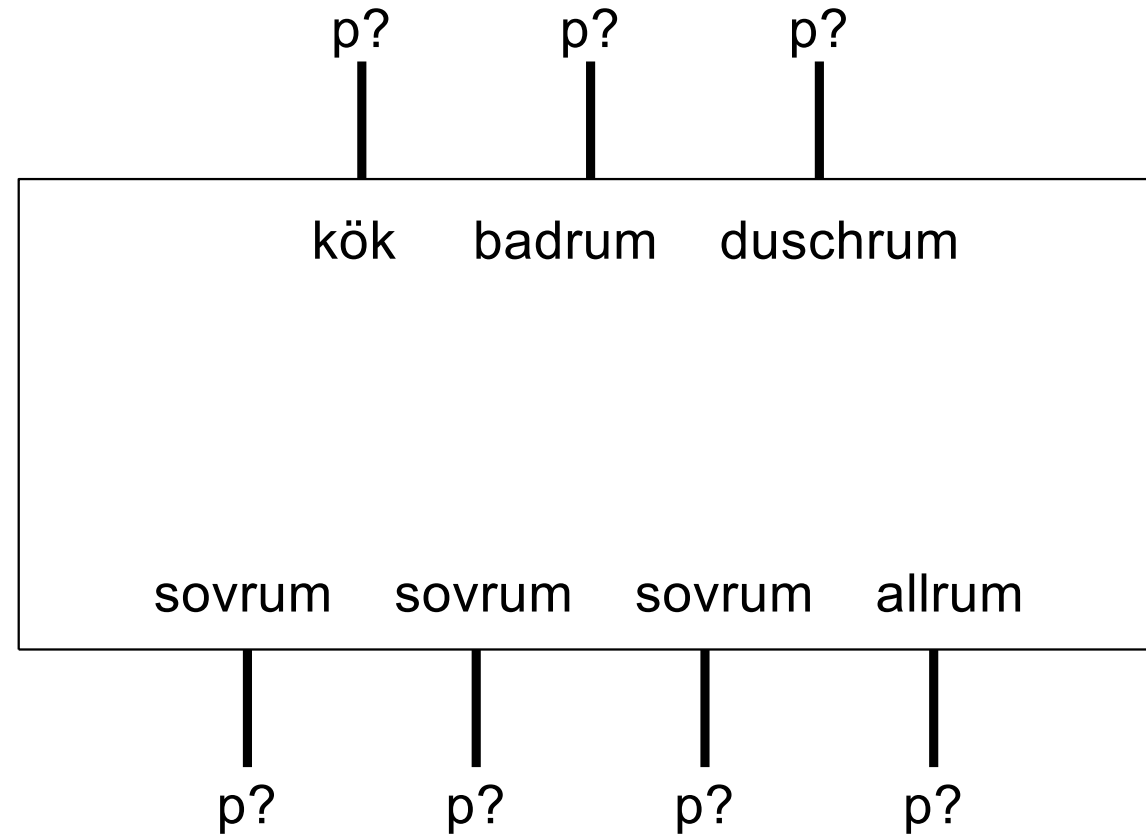
FT-ventilation



F-ventilation



S-ventilation



Termisk tryckskillnad inne-ute

$$\Delta p_{i_o} = \Delta \rho_{i_o} g h = (\rho_o - \rho_i) g h \quad (\text{Pa})$$

ρ_o utluftens densitet kg/m^3

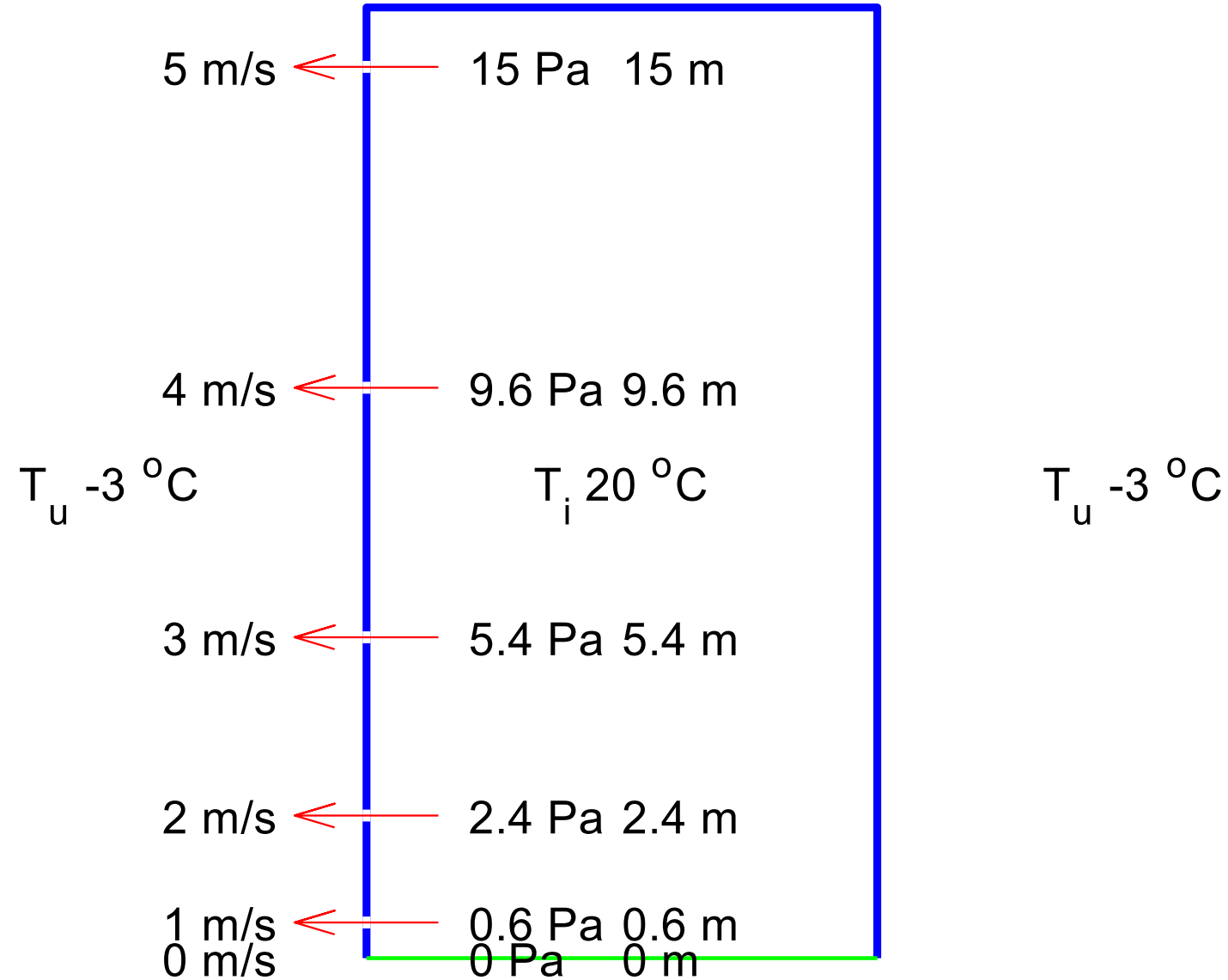
ρ_i inneluftens densitet kg/m^3

g gravitationen 9.81 m/s^2

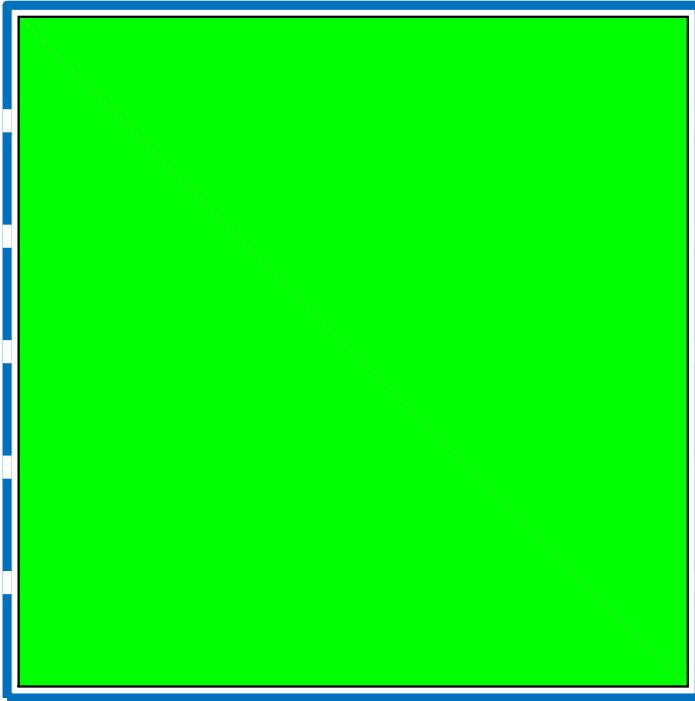
h nivå m över under neutrallagret

Tumvärde 1 Pa för 20 °C, -3 °C och 1 m eller 1 Pa/m

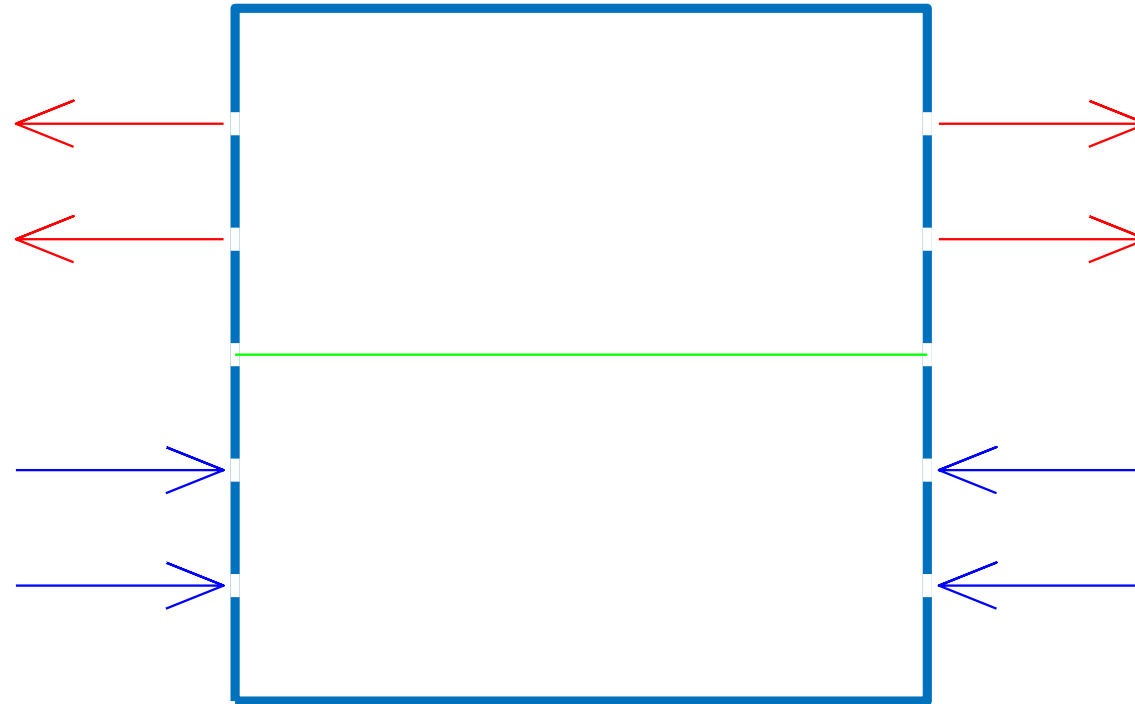
Tryck i volym utan botten med termisk tryckgradient 1 Pa/m



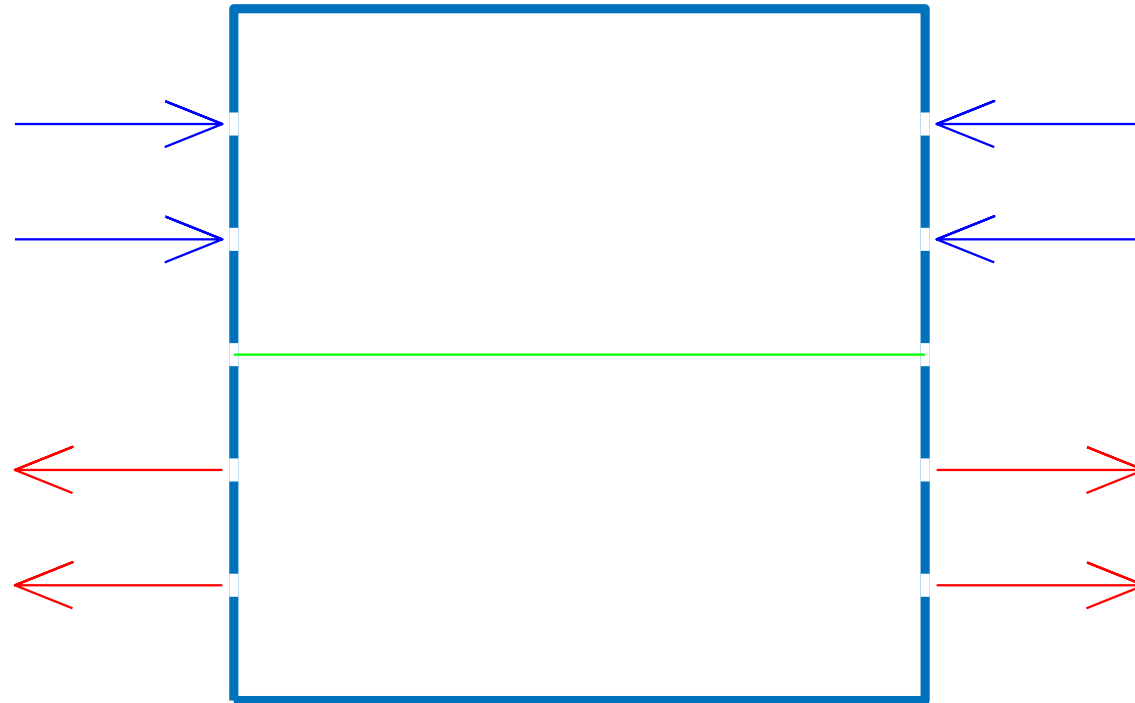
Byggnadssektion $T_i = T_u$ $v = 0$



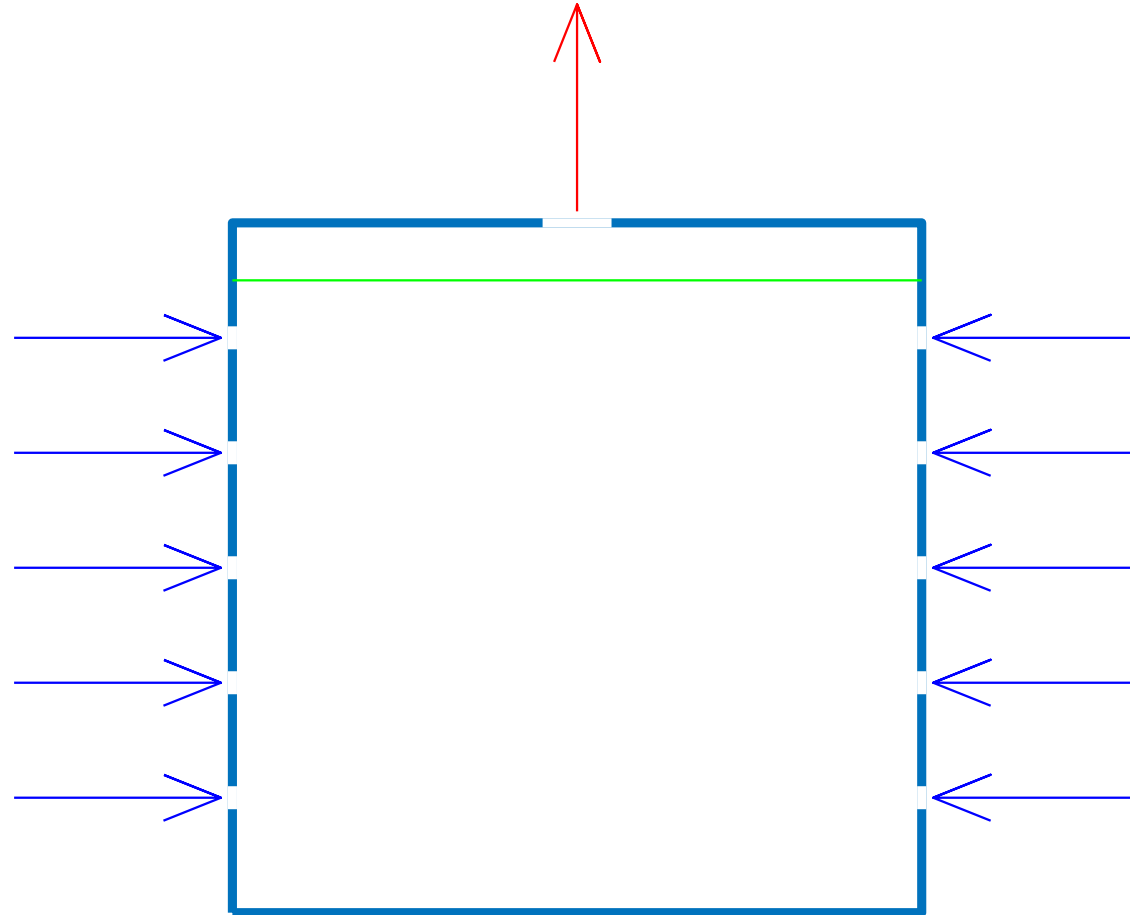
Byggnadssektion $T_i > T_u$ $v = 0$



Byggnadssektion $T_i < T_u$ $v = 0$



Byggnadssektion $T_i > T_u$ $v = 0$



Vindtryck och vindpåverkan

$$p = \rho_o u^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad \text{vindtryck}$$

$$\Delta p_i = f_i p = f_i \rho_o u^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad \text{vindtryck byggnadsyta nr } i$$

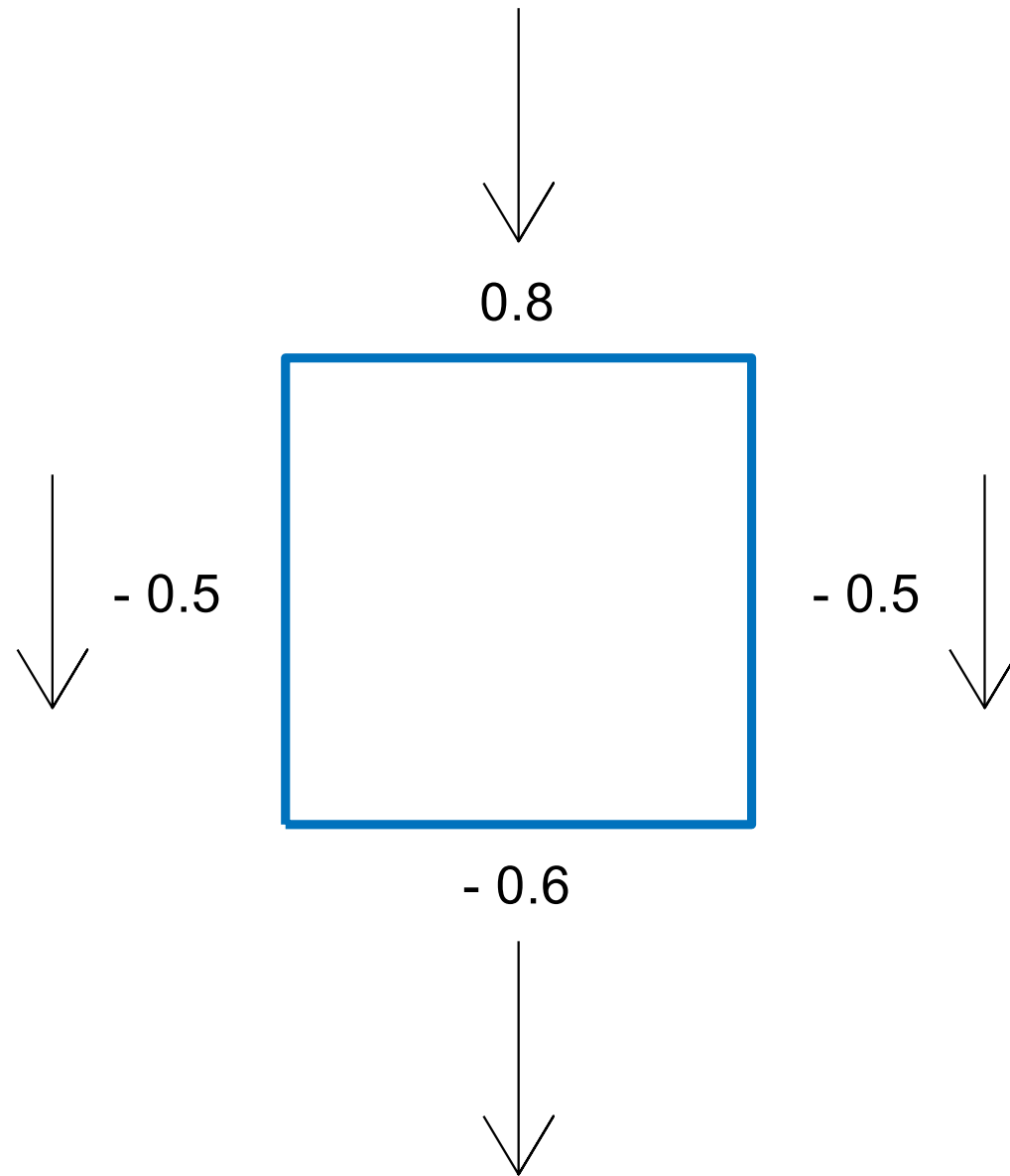
ρ_o uteluftens densitet kg/m^3

u lufthastighet m/s

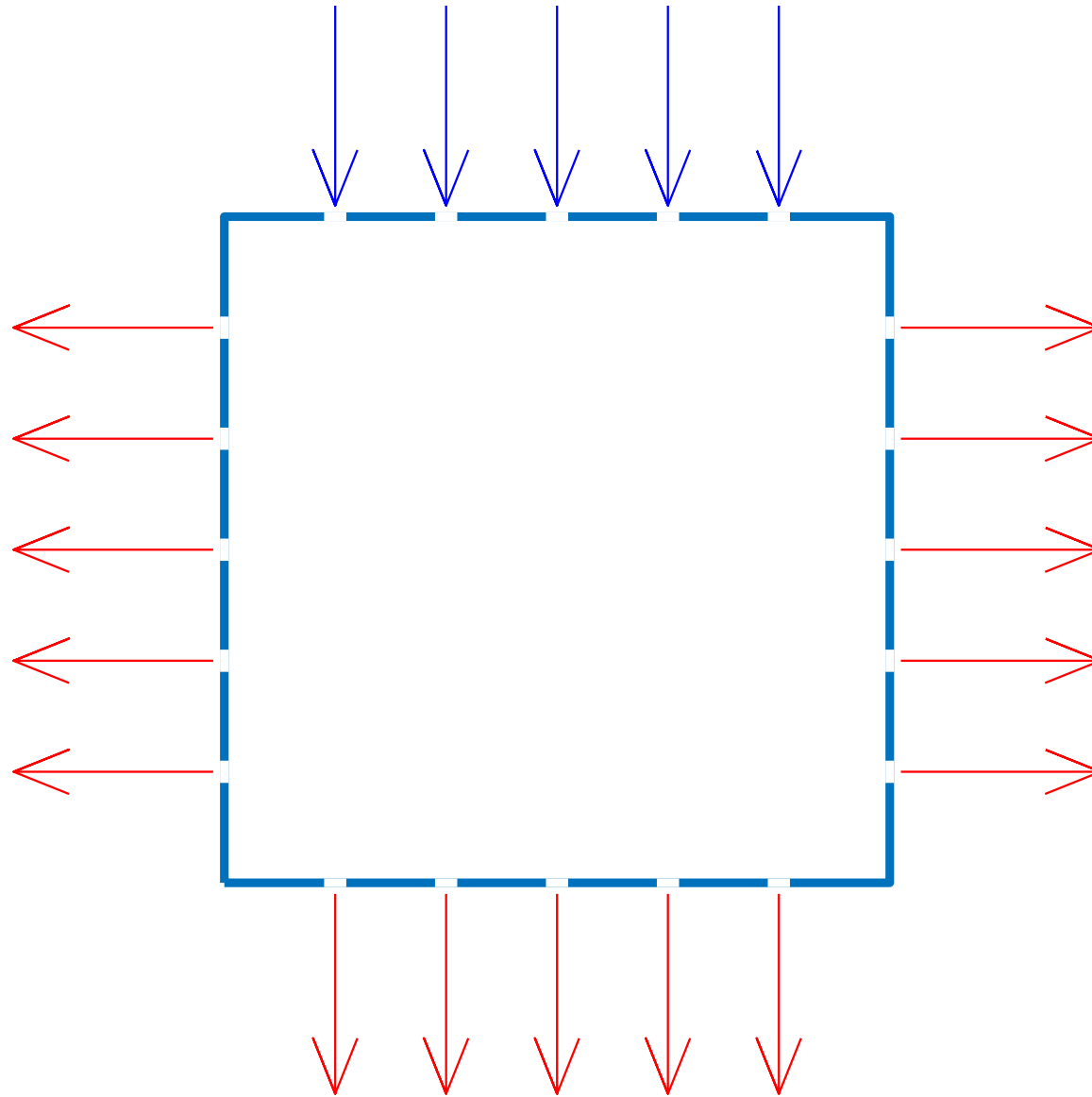
f_i vindfaktor byggnadsyta nr i

Tumvärde 0.6 eller 60 Pa för 1 eller 10 m/s samt 20 °C

Kalibrering vindfaktorfunktion



Vindpåverkan

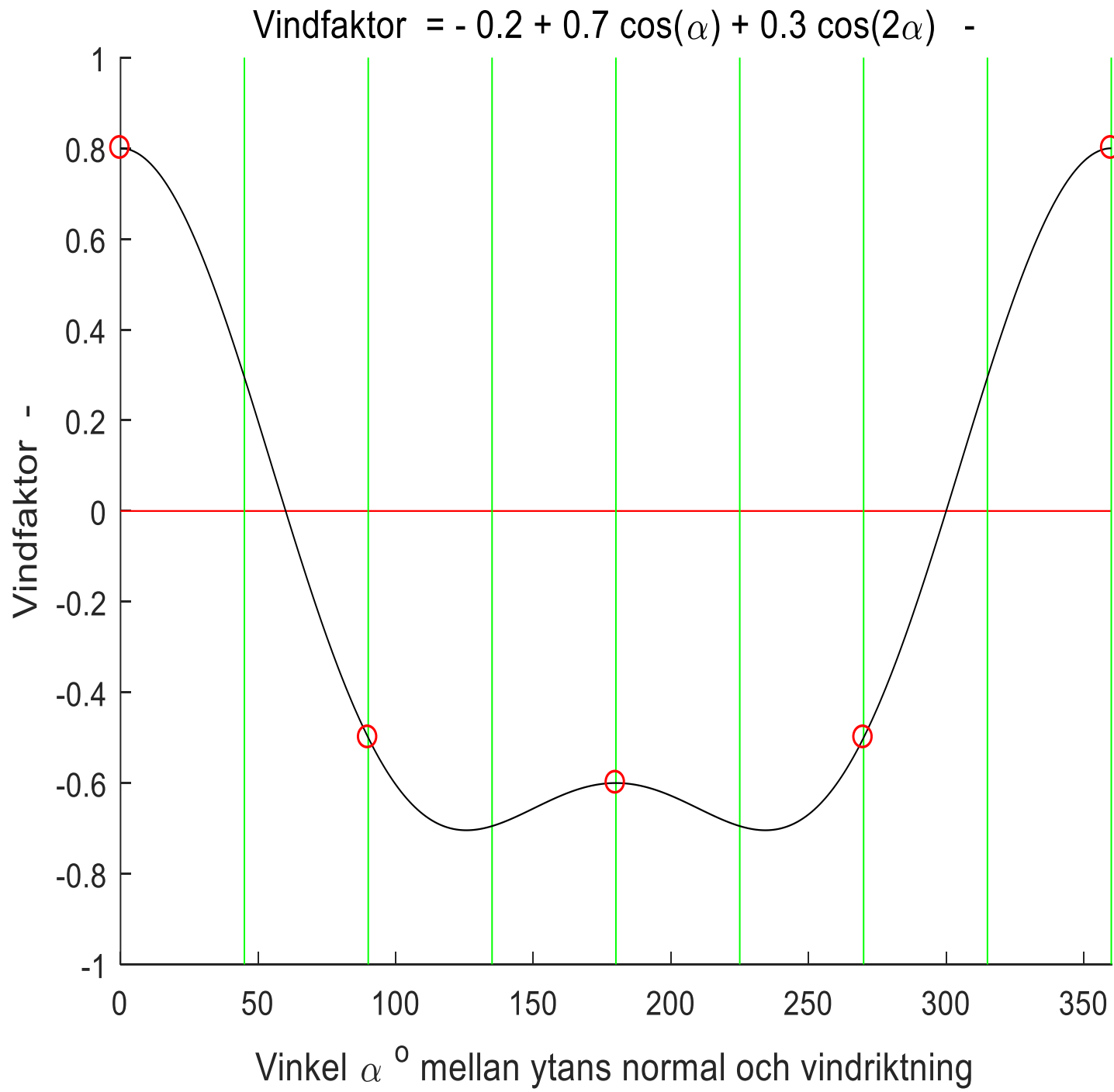


Vindfaktor $f(\alpha)$ - för en fasad

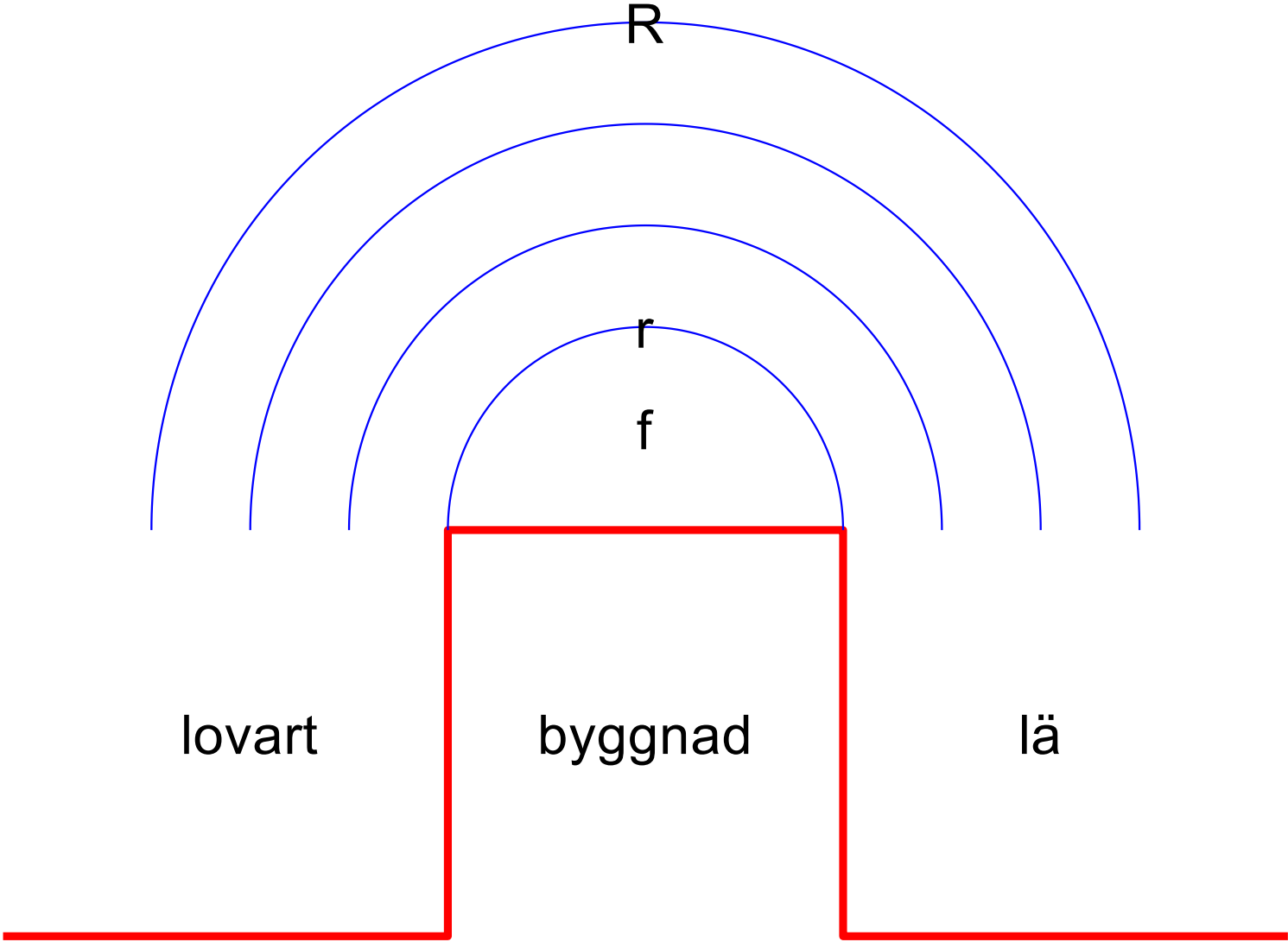
En vindfaktorfunktionen $f(\alpha)$ anpassad för vinkeln α° mellan vindriktning, fasadnormal och tre parametrar är:

$$f(\alpha) = -0.2 + 0.7 \cos(\alpha) + 0.3 \cos(2\alpha) \quad (-)$$

Vindfaktor i medeltal -0.2.



Vindfaktor $f = -2\log(R/r)$ vid överströmning



Strömningsmodell $\Delta p \sim q^2$

Kvadratisk tryckfall mellan Δp Pa och flöde q m³/s genom area A m² med hastighet v m/s ger följande:

$$\Delta p = \rho (q / A)^2 / 2 \quad q > 0 \quad (\text{Pa})$$

$$\Delta p = \rho v^2 / 2 \quad v > 0 \quad (\text{Pa})$$

$$v = q / A \quad (\text{m/s})$$

$$v = (2\Delta p / \rho)^{0.5} \quad \Delta p > 0 \quad (\text{m/s})$$

Tryckfallet är lika med det dynamiska trycket.

Strömningstryckfall ett hål eller en area

$$\Delta p = \rho (q/A)^2 / 2 = \rho v^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad \text{tryckfall}$$

ρ luftens densitet kg/m^3

q flöde m^3/s

A effektiv area m^2

v lufthastighet m/s

Tumvärde 0.6 Pa för 20 °C, 10 l/s och 1 dm²

Genomströmningsarea A dm^2 för kanaldelar

$$A_o = \rho \pi d^2 / 40000 \quad (\text{dm}^2)$$

tvärsnittsarea

$$d \quad (\text{mm})$$

kanaldiameter

$$A = A_o / (1000 \lambda l / d)^{0.5} \quad (\text{dm}^2)$$

kanalängd l m

$$A = A_o / (\alpha / 300)^{0.5} \quad (\text{dm}^2)$$

kanalböj α °

$$A = A_o / (f)^{0.5} \quad (\text{dm}^2)$$

förlustfaktor f

$$A = q / (200 \Delta p / \rho)^{0.5} \quad (\text{dm}^2)$$

tryckfall Δp Pa flöde q l/s

$$A \quad (\text{dm}^2)$$

öppningsarea A dm^2

Yttre förutsättningar

Samma temperatur T_i °C överallt inne

Samma temperatur T_u °C överallt ute

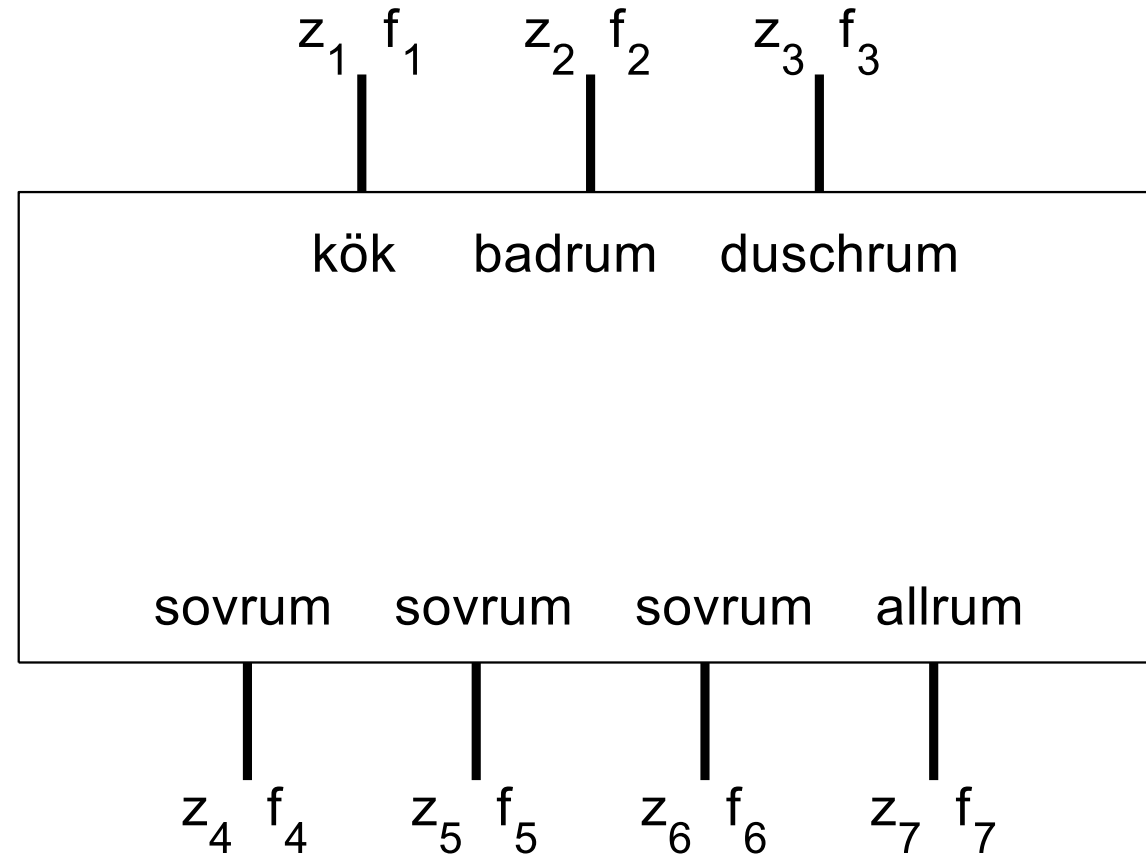
Vindhastighet v m/s och vindriktning °

Fasad riktning ° dito vindfaktor f_i – och dito nivåer z_i m

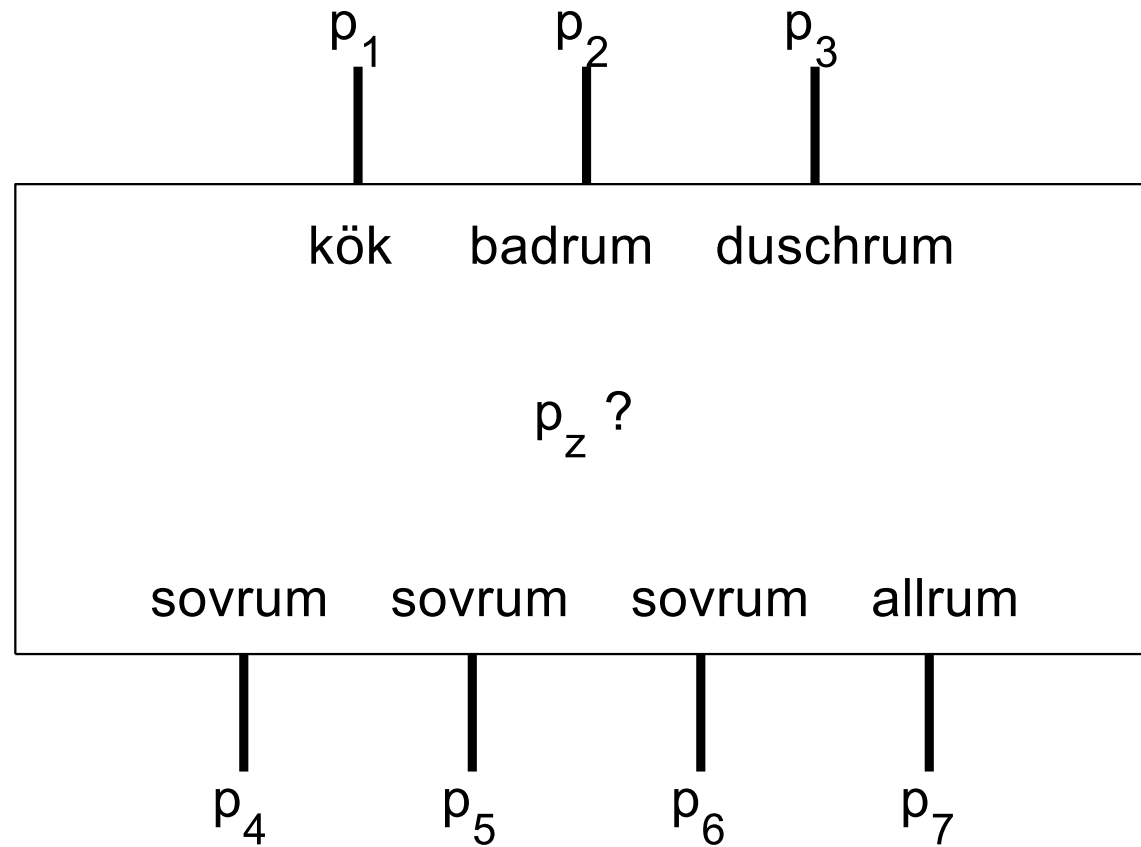
Yttre tryck p_i Pa för strömningsväg i relativt inre tryck

$$p_i = f_i \rho v^2 / 2 + (\rho_u - \rho_i) g z_i \quad (\text{Pa}) \quad (1)$$

Nivåer och vindfaktorer



Yttre och inre tryck

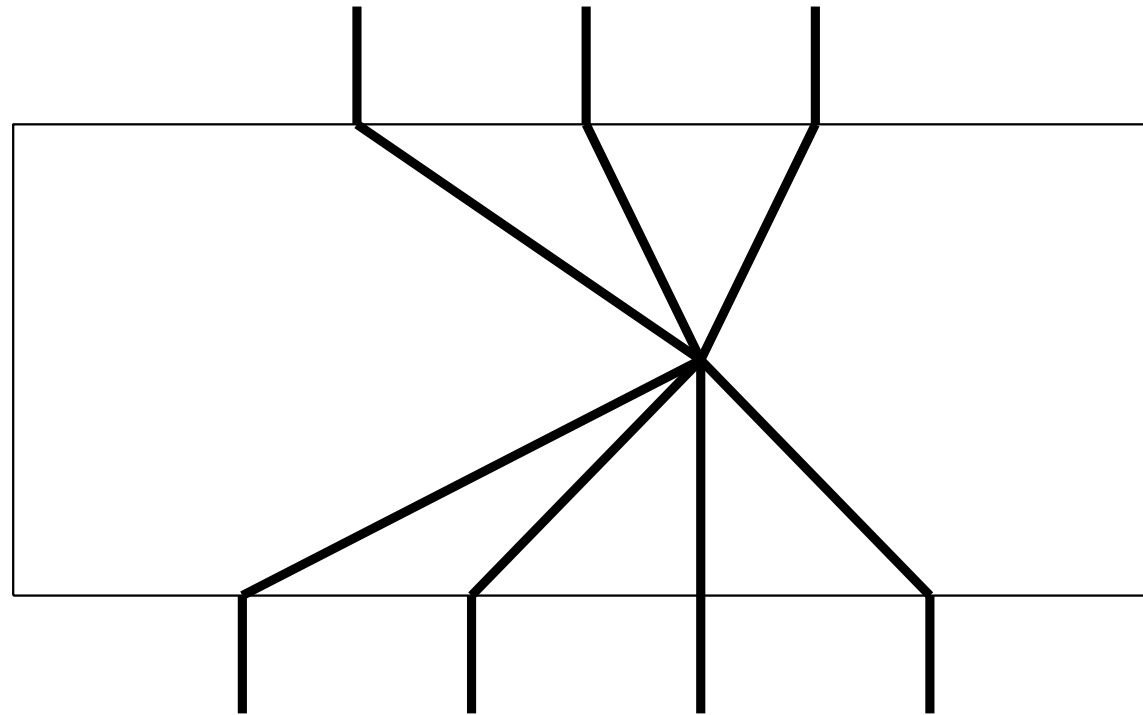


Inre förutsättningar

Ventilationen beskrivs med inflöden eller utflöden mellan en yttre anslutning för varje strömningssväg och en inre gemensam knutpunkt.

Balans med inflöde och utflöde vid rätt inre knutpunktstryck.

Omaskat inre nätverk



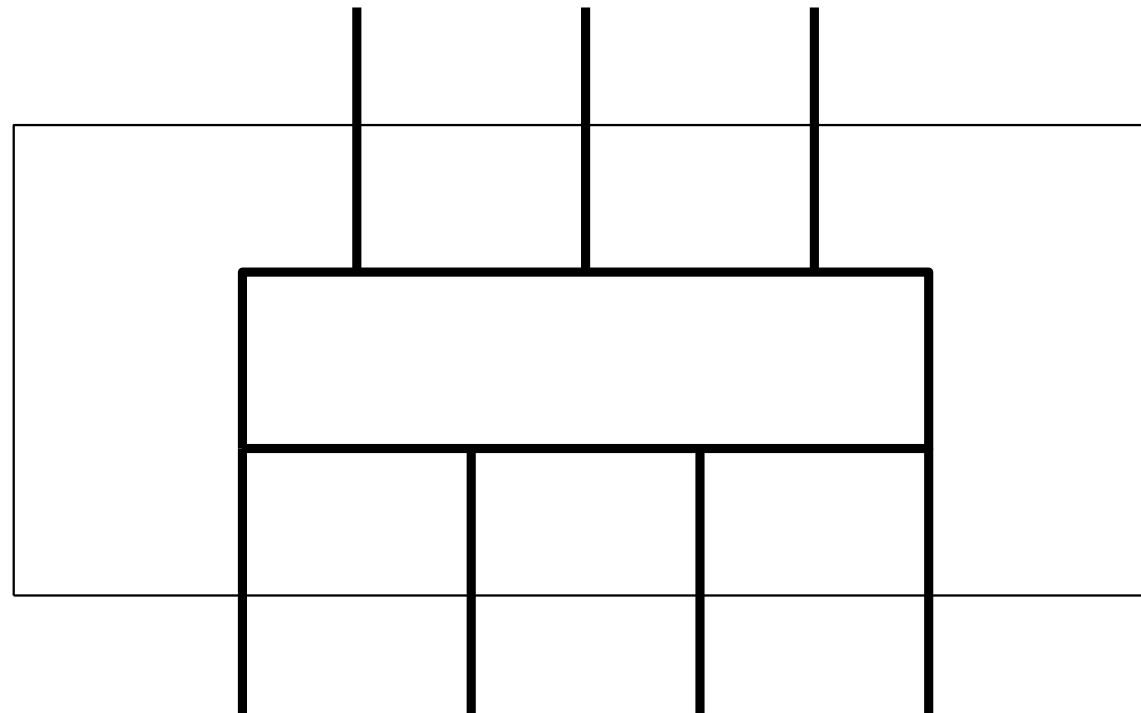
Modellkrav

En enda gemensam inre knutpunkt för alla strömningsvägar

Anpassningar till en inre knutpunkt

Rum innanför ett annat rum	(lösning öppen dörr)
Maskor eller rundgång	(lösning stängd dörr)
Dörr mellan våningsplan	(lösning öppen dörr)
Flerfasadiga rum	(lösning summafasad)

Maskat inre nätverk



Strömningssvåg = en kedja av komponenter

Komponenter kan vara av fem olika typer och anges med två värden.

Komponenterna i en strömningssvåg seriekopplas till en area som alltid är mindre än den minsta av komponenternas areor.

Parallella komponenterna i en strömningssvåg adderas till en area som i sin tur kan seriekopplas vidare.

Komponenturval Pa l/s dm²

Komponenttyp	Indata 1	Indata 2	
1 Rak luftkanal	diameter mm (> 0)	längd m	(< 40)
2 Böj luftkanal	diameter mm (> 0)	vinkel °	(> 40)
3 Komponent luftkanal	diameter mm (> 0)	-f	(<0)
4 Flödesmotstånd	tryckfall Pa (< 0)	flöde l/s	
5 Öppning effektiv area	0	area dm ²	

Komponentexempel Pa l/s dm²

Komponenttyp	Indata 1	Indata 2	Utdata
1 Rak luftkanal	125 mm	3 m	1.45 dm ²
2 Böj luftkanal	125 mm	90 °	0.67 dm ²
3 Komponent luftkanal	125 mm	-1	1.23 dm ²
4 Tryckfall 15 Pa vid 20 l/s	-15 Pa	20 l/s	0.40 dm ²
4 20 m ² fasad 0.6 l/sm ²	-50 Pa	12 l/s	0.13 dm ²
5 Överluftsuttag i dörrkarm	0	0.8 dm ²	0.80 dm ²
Ej använd del	0	0	0.00 dm ²

Komponentformler Pa l/s dm²

Tryckfall Δp_k Pa q_k l/s $A_k = q_k / (200\Delta p_k / \rho)^{0.5}$ (dm²) (5)

Kanals tvärsnittsarea $A_0 = (\pi d^2/40000)$ (dm²)

125 mm kanal 3 m $A_k = A_0 / (0.03 l / d)^{0.5}$ (dm²) (6)

125 mm böj 90 ° $A_k = A_0 / (\alpha/300)^{0.5}$ (dm²) (7)

125 mm komponent $A_k = A_0 / (f)^{0.5}$ (dm²) (8)

Seriekoppling av areor

Seriekoppling n olika areor $A_i = B$ som $B^{-2} = \sum A_i^{-2}$

$$A + A + A + A \quad \Rightarrow A / 2 \quad n=4$$

$$A + A + A + A + A + A + A + A + A \quad \Rightarrow A / 3 \quad n=9$$

$$A + A \quad \Rightarrow 0.707 A$$

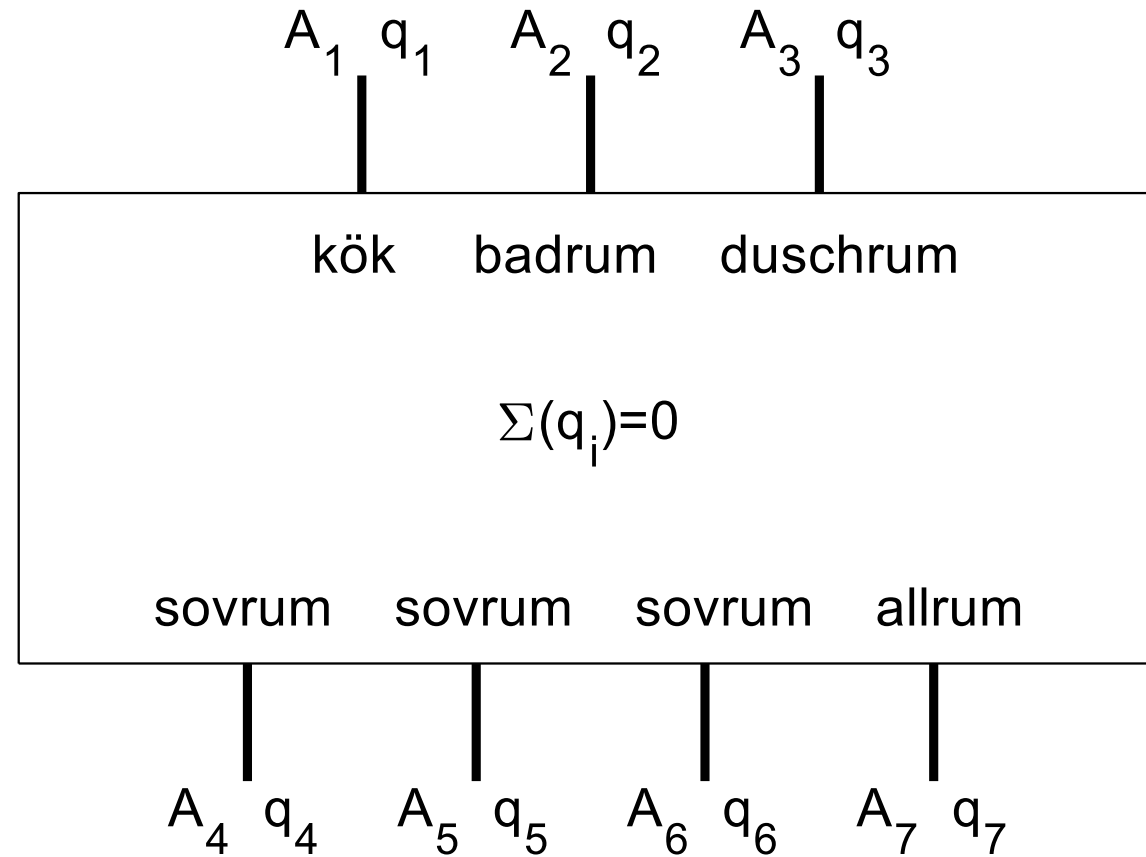
$$A + 2A \quad \Rightarrow 0.894 A$$

$$A + 5A \quad \Rightarrow 0.981 A$$

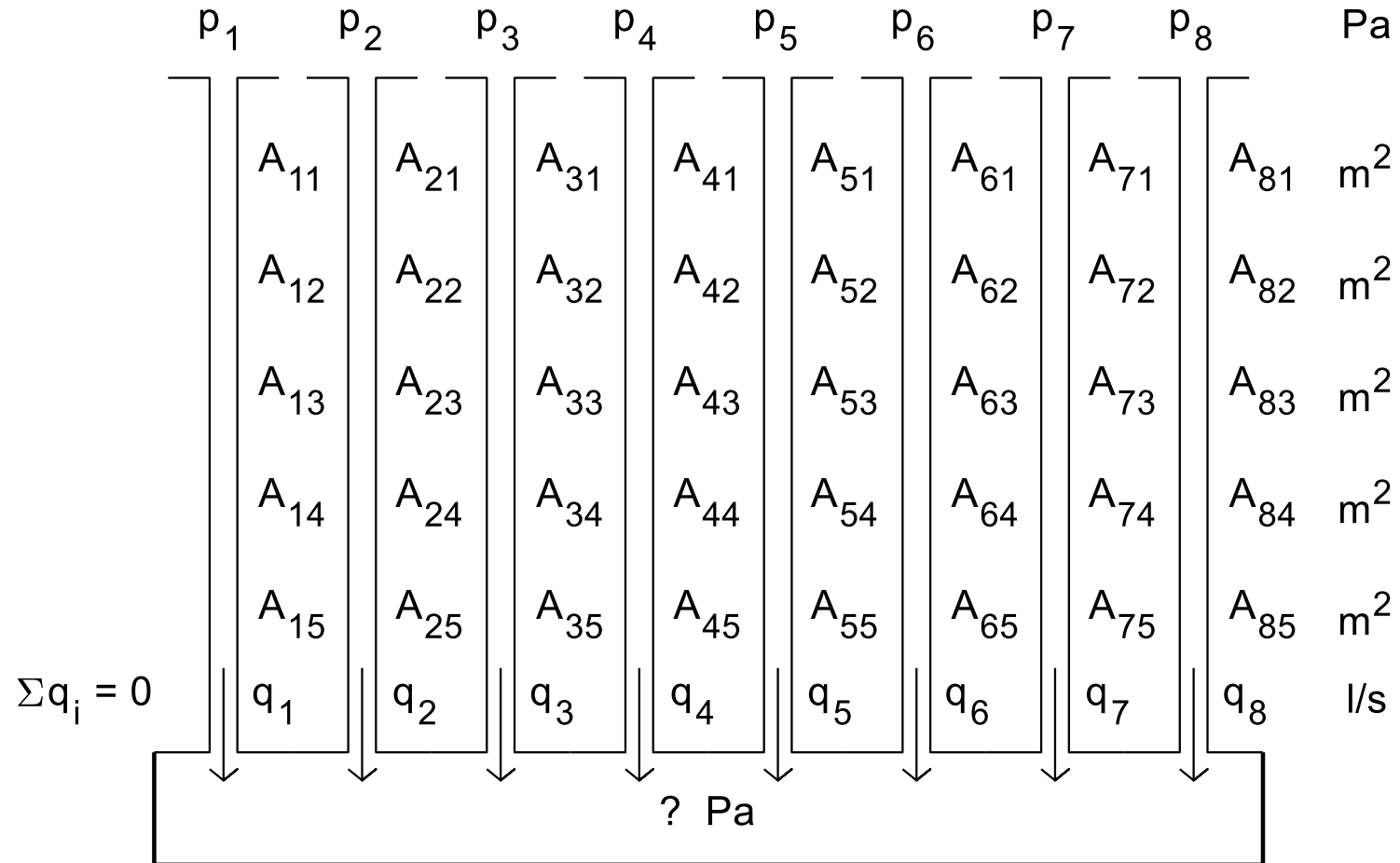
$$A + 10A \quad \Rightarrow 0.995 A$$

Minst A är störst A^{-2} och bestämmer resultatet

Areor och flöden



T_i °C T_u °C v m/s



Lösningssmetod

Minst två strömningssvägar med ett inflöde och ett utflöde

Alla ändtryck kan inte vara identiska

Modellen har okända luftflöden, vilka kan beräknas med kända yttre ändtryck och inre knutpunktstryck.

Det inre knutpunktstrycket beräknas med tio intervallhalveringar för att nå flödesbalans mellan in- och utflöden,

Intervalltet minskar till $1/1024$ -del efter 10 halveringar.

Allt på ett Excel-ark

God överblickbarhet med alla indata och utdata på ett ark.

Små och stora problem redovisas i samma tabellstruktur.

Numerisk lösning med intervallhalvering i tio steg fullt synlig.

Varning Ingen kontroll av indata

Varning Excel har decimalkomma ,

Brasklapp Programmerarens andra Excel-program under 50 år

	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
	○	○	○	○	○	○	○	○
2								
	○	○	○	○	○	○	○	○
3								
	○	○	○	○	○	○	○	○
4								
	○	○	○	○	○	○	○	○
5								
	○	○	○	○	○	○	○	○
Σ1-5	○	○	○	○	○	○	○	○

Arbetsmetodik

Starta med enkla system.

Utgå och ändra från lämpliga exempel (bekvämt och farligt).

Testa/förstå olika temperatur påverkan.

Testa/förstå vindpåverkan.

Testa/förstå enskilda komponenter och dess areor.

Testa/förstå strömningsvägs area mot komponenters areor.

Antalet aktiva strömningsvägar?

Summaflödestest nära noll?

Småhus 20 °C, -3 °C, 0 m/s = 9+39 data

Strömningssvåg		dm ²	l/s	
Sovrum 1	UD -5 Pa/6 l/s // fasad -50 Pa/12 l/s + 0.8 dm ²	0.31	5.1	5
Sovrum 2	UD -5 Pa/6 l/s // fasad -50 Pa/18 l/s + 0.8 dm ²	0.36	5.9	5
Sovrum 3	UD -5 Pa/6 l/s // fasad -50 Pa/12 l/s + 0.8 dm ²	0.31	5.1	5
Allrum	UD -5 Pa/6 l/s // fasad -50 Pa/36 l/s	0.60	9.9	4
Kök	125 mm -1 + 2 m + FD -5 Pa/50 l/s	0.87	-13.2	6
Badrum	125 mm -1 + 2 m + FD -5 Pa/20 l/s + 1.6 dm ²	0.54	-8.2	7
Toalett	100 mm -1 + 2 m + FD -5 Pa/10 l/s + 1.6 dm ²	0.30	-4.6	7

H-ventilation

