



# Vzduchotěsnost bytu s železobetonovými obvodovými stěnami

Autor: Ing. Viktor ZWIENER, Ph.D., DEKPROJEKT s.r.o.

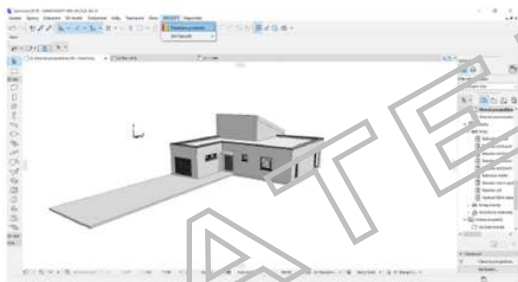
Přednášející: Jiří Všohájek, Stavebniny DEK a. s., ATELIER DEK

## Stavební knihovna DEK



- Zdroj informací (technické, cenové ...)
- Hledání a konfigurace
- Materiály, výrobky, skladby, systémy

## Plugin (doplněk) 3D CAD SW



- Vkládání materiálů, produktů, skladeb, systémů
- ARCHICAD, REVIT, ALLPLAN



## BIM platforma DEK



- Vizualizace IFC modelu
- Organizace dat, sdílení dat, komunikace
- Propojení s dalšími SW

## SW třetích stran

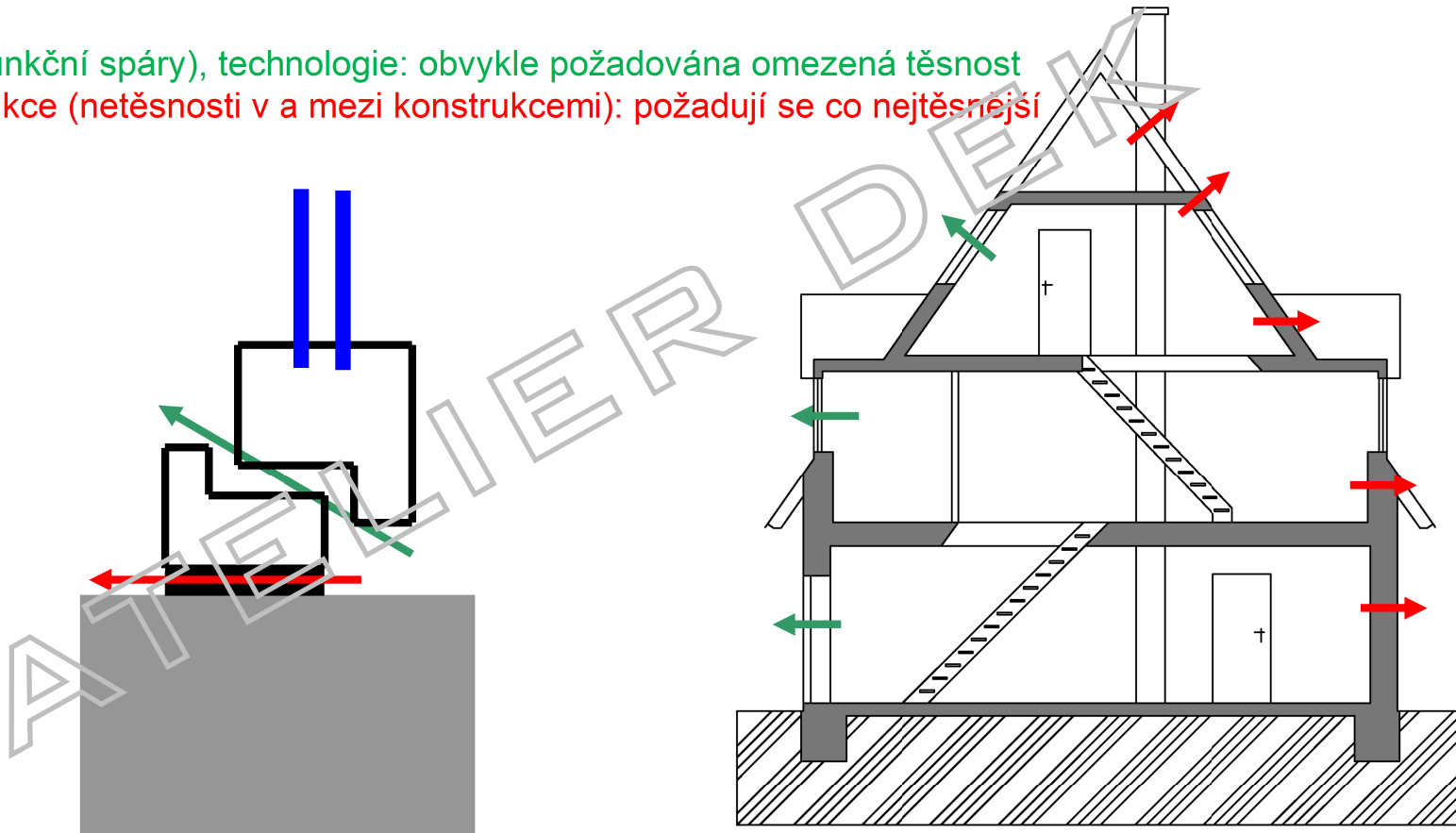


- Porovnávání a výměna konstrukcí
- Tvorba položkového rozpočtu z 3D modelu
- Energetika, tepelná technika, akustika

<https://deksoft.eu/programy/b-i-m>

## Blower door test = globální hodnocení vzduchotěsnosti objektů a lokalizace netěsnosti

- výplně otvorů (funkční spáry), technologie: obvykle požadována omezená těsnost
- stavební konstrukce (netěsnosti v a mezi konstrukcemi): požadují se co nejtěsnější



## ČSN EN ISO 9972:2016 (73 0577) *Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda*

- popisuje obecně princip měření (okrajové podmínky, příprava objektu, metody měření, analýza naměřených hodnot)
- popisuje obecně vhodné měřicí zařízení



### BLOWER DOOR TEST

- teleskopický rám
- vzduchotěsná plachta
- ventilátor s plynulou regulací výkonu
- duální mikromanometr + hadičky (pro měření tlakových rozdílů)
- PC + software





## Příprava objektu před měřením, „úprava“ otvorů (nevzduchotěsných míst)

- ponechání otvoru tak, jak je
- uzavření otvoru – nastavení otvoru do zavřené polohy pouze jeho vlastními uzavíracími prostředky



klíčky na oknech

- utěsnění otvoru – vzduchotěsné zacelení externími prostředky (lepicí pásy, zátky, nafukovací balónek, voda do sifonu apod.)



nafukovací balónek  
v odtahovém  
potrubí

## Metody měření dle ČSN EN ISO 9972:2016

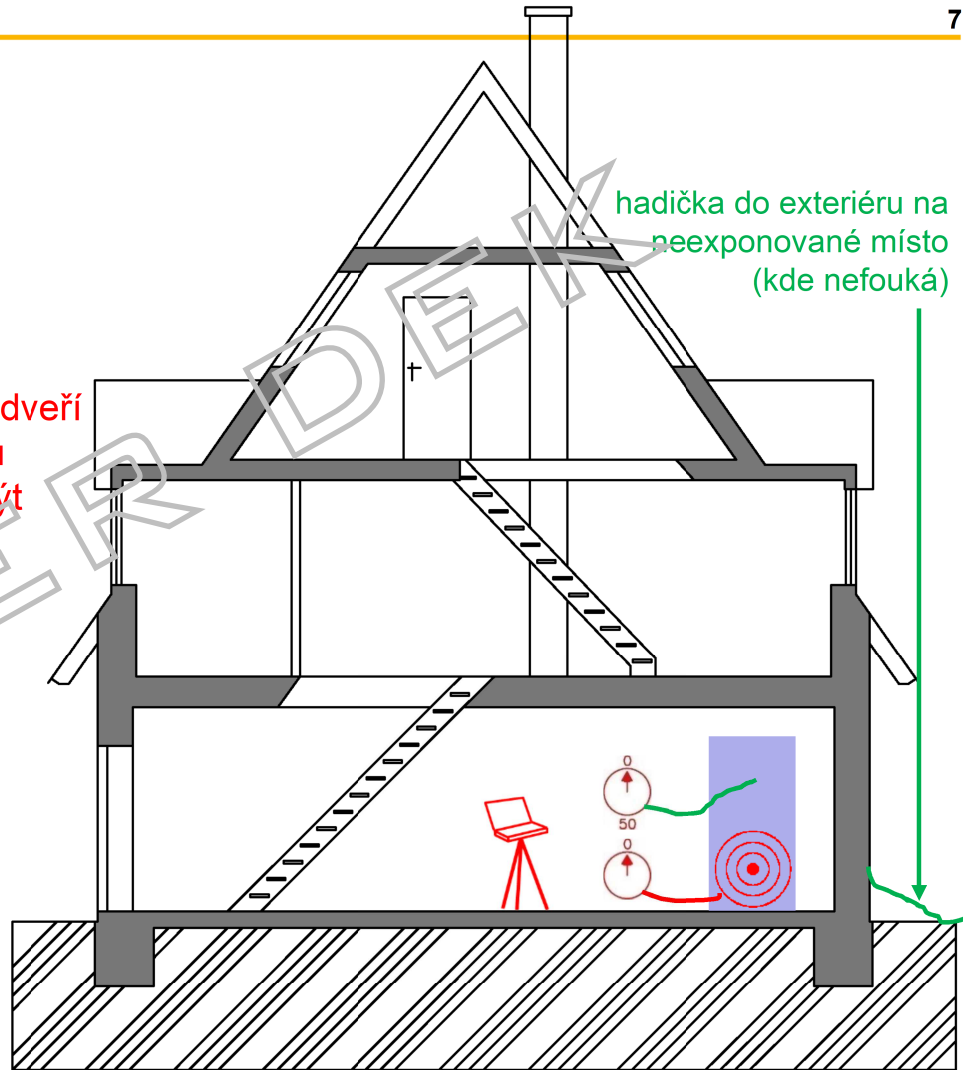
- **Metoda 1** (měření prostoru v provozním stavu)
  - otvory pro přirozené větrání se uzavřou (větrací klapky, okna, dveře)
  - otvory od VZT a klimatizaci, vpusti, sifony apod. se utěsní
- **Metoda 2** (měření obálky prostoru)
  - dveře, okna, poklopy apod. v obálce měřeného prostoru se uzavřou
  - utěsní se všechny záměrné otvory, kterými může docházet k proudění vzduchu, ale které nemají měření ovlivnit (větrací klapky, komínová tělesa, přívodní a odvodní klapky systému VZT, podlahové vpusti apod.)
- **Metoda 3** (měření prostoru pro zvláštní účel)
  - uzavření nebo utěsnění otvorů se provede podle požadavku objednatele nebo specifického předpisu, podle kterého má být měření provedeno (např. manuál BREEAM pro certifikaci staveb, metodický pokyn k dotačnímu titulu Nová zelená úsporám apod.)

## Měření průvzdušnosti

- stanoví se objem  $V$  [ $m^3$ ] nebo plocha obalových konstrukcí  $A_E$  [ $m^2$ ] měřeného prostoru
- „upraví“ se otvory dle metody měření (ponechání / uzavření / utěsnění)
- **osadí se měřící zařízení**
  - teleskopický rám s plachtou a ventilátorem do dveří
  - mikromanometry pro záznam tlakových rozdílů
  - zařízení pro odečet objemového toku (může být integrováno v mikromanometru)
  - notebook a software

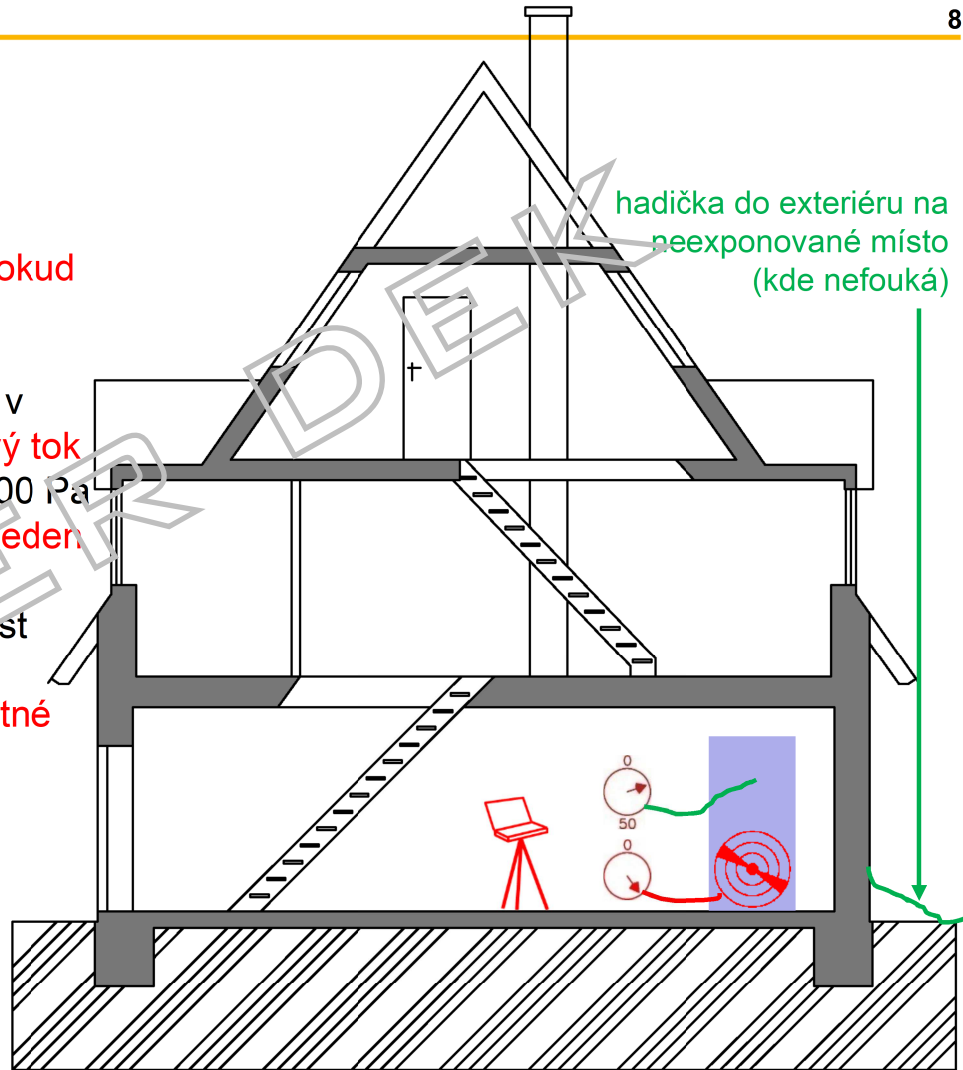
### Záznam objemového toku je dle typu zařízení

1. na základě rozdílu tlaků (interiér, exteriér, clona ventilátoru) a účinné plochy ventilátoru se dopočítá objemový tok (používají zařízení, která má DEKPROJEKT)
2. na základě počtu otáček se dopočítá objemový tok



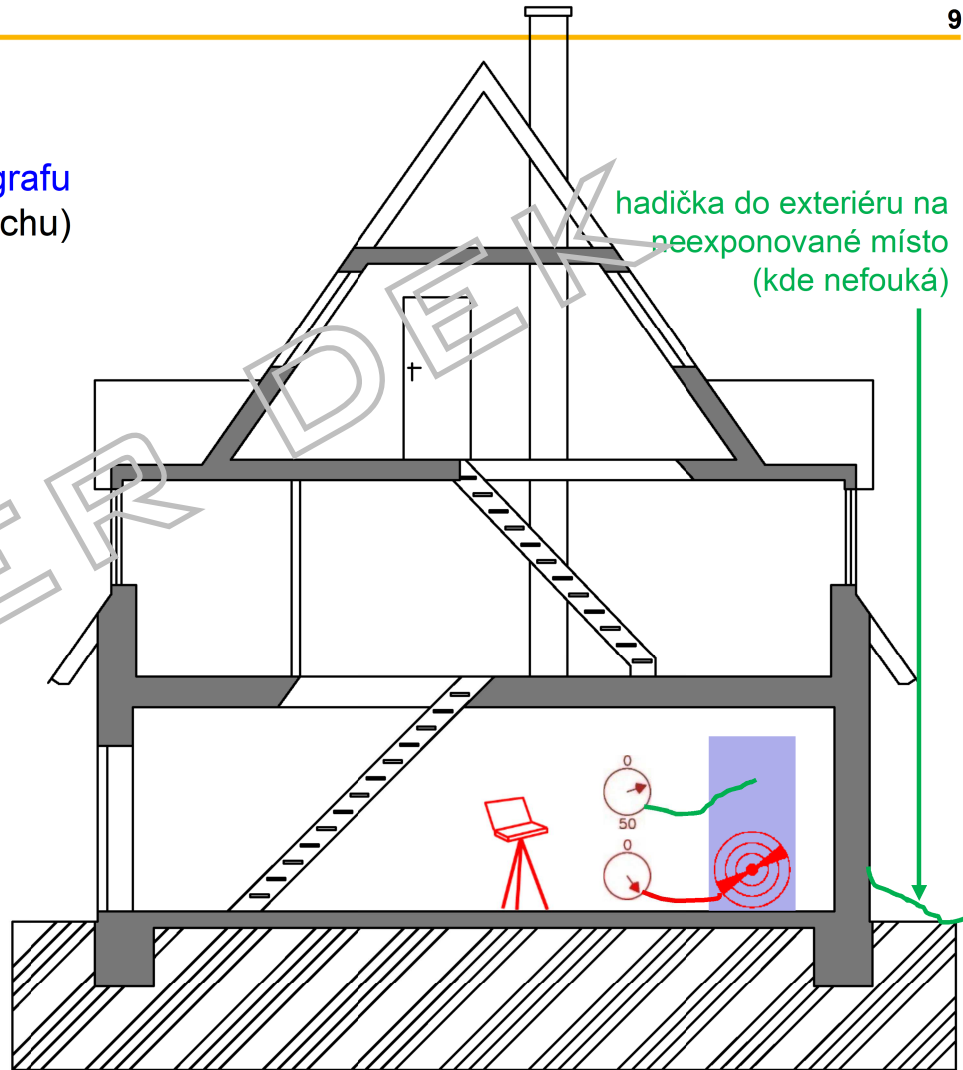
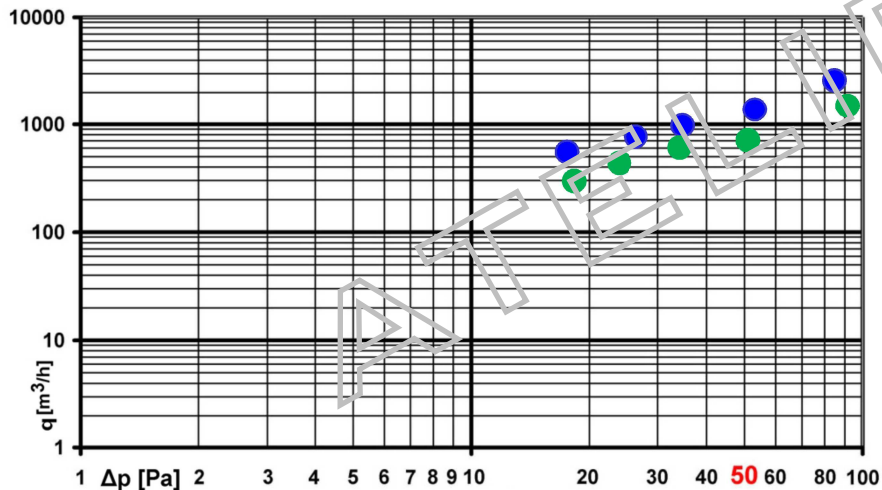
## Měření průvzdušnosti

- měření se obvykle začíná s podtlakem v interiéru
- stanoví se přirozený tlakový rozdíl  $\Delta p$  [Pa] mezi interiérem a exteriérem (při vypnutém ventilátoru), **pokud  $\Delta p > 5$  Pa, je měření neplatné**
- ventilátor se spustí a nejméně v 5ti krocích (obvykle v 10ti) se zaznamená dvojice: **tlakový rozdíl / objemový tok**
- měření se provádí pro  $\Delta p$  od cca 10 Pa do cca 70-100 Pa
- **vždy musí být nejméně jeden krok při  $\Delta p < 50$  Pa a jeden krok při  $\Delta p > 50$  Pa**
- pokud nejde dosáhnout  $\Delta p > 50$  Pa, je možné provést měření s  $\Delta p > 25$  Pa (důvod se uvede v protokolu)
- **pokud nejde dosáhnout  $\Delta p > 25$  Pa, je měření neplatné**



## Měření průvzdušnosti

- naměřené hodnoty při podtlaku lze zaznamenat do grafu (osa X je tlakový rozdíl, osa Y je objemový tok vzduchu)
- obě osy jsou v logaritmickém měřítku
- následně se provede měření při přetlaku v interiéru (u některých zařízeních se musí otočit ventilátor)



## Měření průvzdušnosti – hodnocení

- pokud bylo měření provedeno správně, lze naměřenými hodnotami proložit regresní křivky stanovené z rovnice proudění (protože jsou osy v logaritmickém měřítku, mají proložené křivky tvar přímky)
- pro stanovení parametrů rovnic proudění se využívá naměřených hodnot

## Empirická rovnice proudění

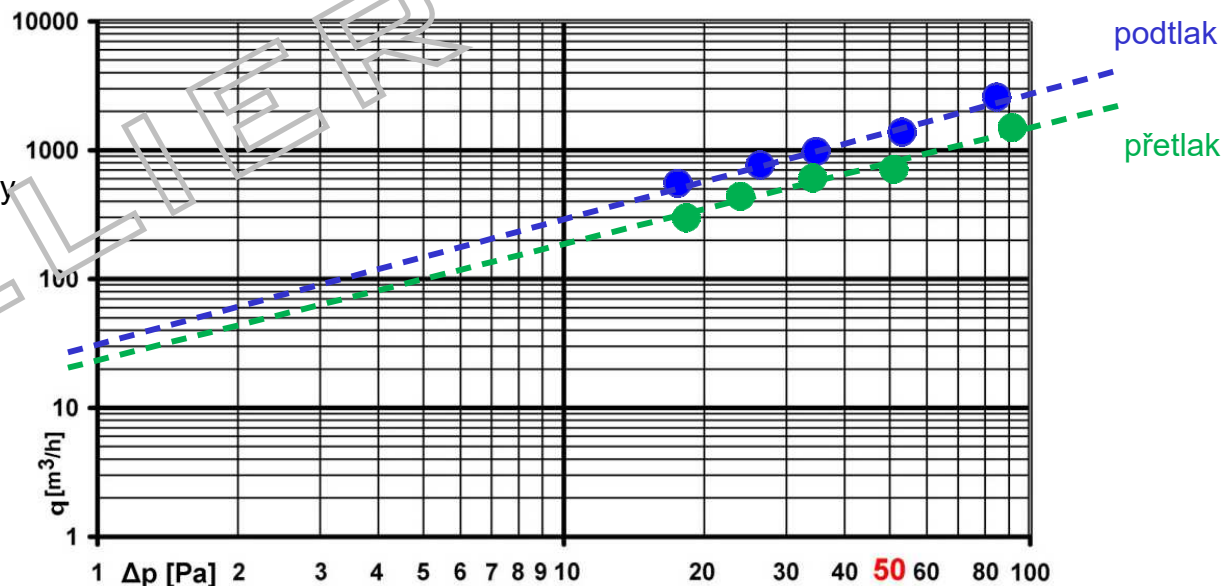
$$q = C \cdot \Delta p$$

$q$  objemový tok vzduchu obálkou budovy  
[m<sup>3</sup>/h]

$C$  součinitel proudění [m<sup>3</sup>/(h.Pa<sup>n</sup>)]

$\Delta p$  rozdíl tlaků [Pa]

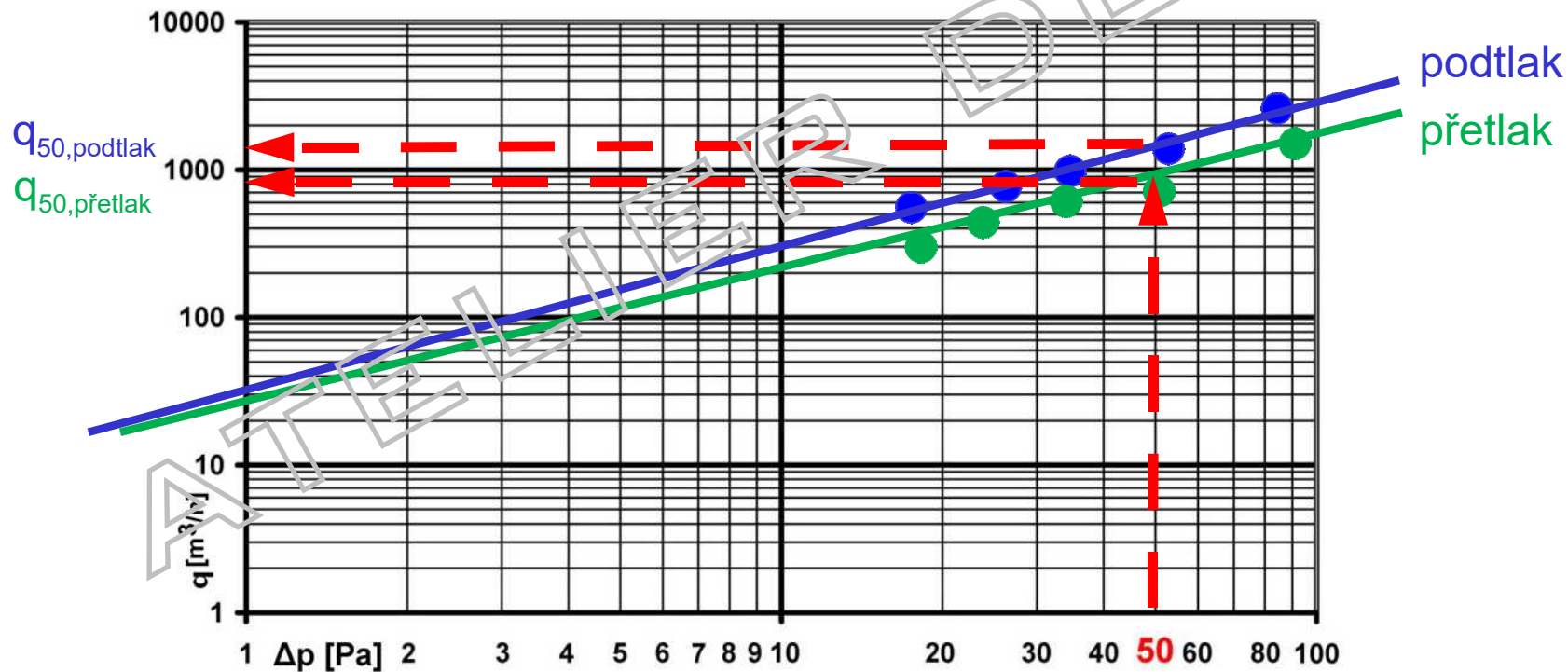
$n$  exponent proudění [-]





## Měření průvzdušnosti – hodnocení

- pro tlakový rozdíl 50 Pa se odečte objemový tok vzduchu  $q_{50}$  pro oba stavy (podtlak / přetlak)

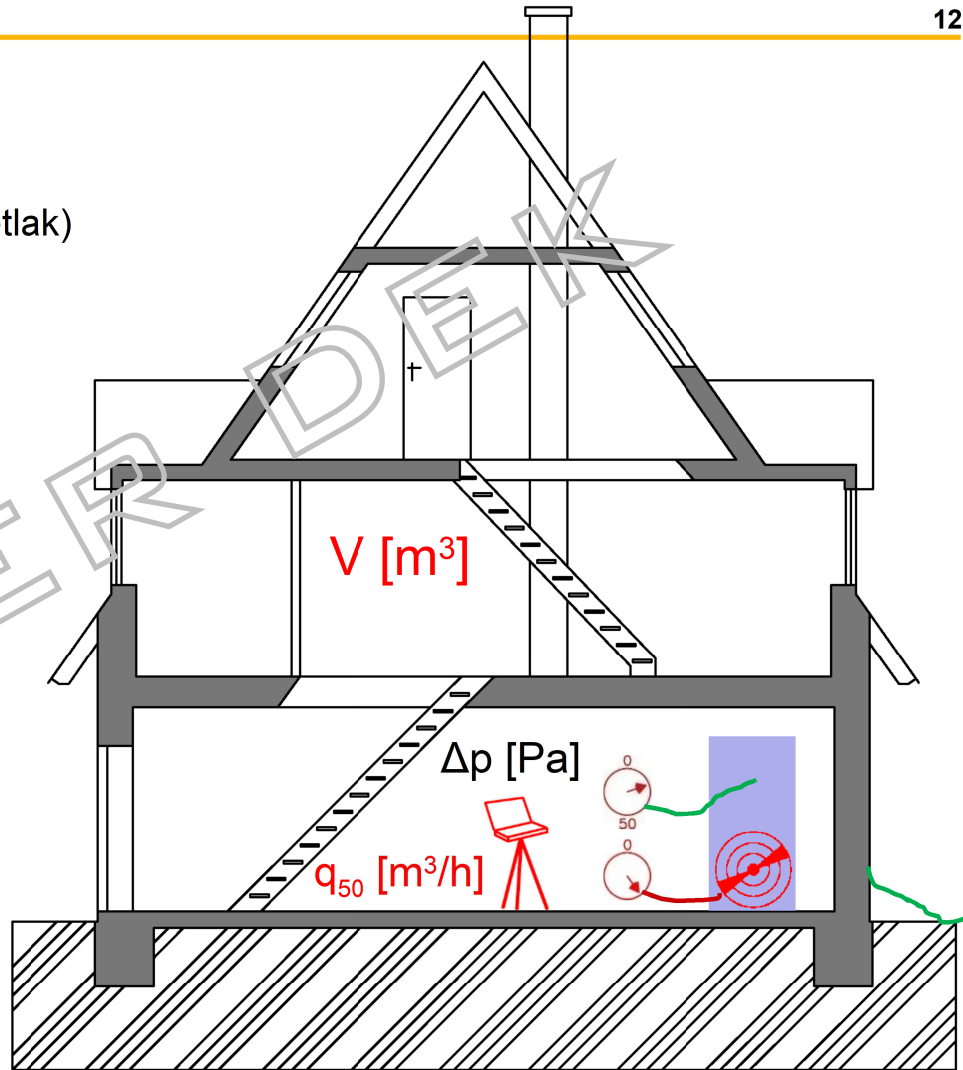


## Měření průvzdušnosti – hodnocení

- vztažná hodnota je objem  $V$  [m<sup>3</sup>]
- finální hodnota je průměr z obou stavů (podtlak / přetlak)

Intenzita výměny vzduchu při  $\Delta p = 50$  Pa

$$n_{50} = \frac{q_{50}}{V} [1/h]$$



## ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

- kap. 7 – Šíření vzduchu konstrukcí a budovou => doporučení na celkovou průvzdušnost obvodového pláště

změřená intenzita (násobnost) výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem musí být:

$$n_{50} \leq n_{50,N}$$

tab. z normy

| Větrání v budově  | $n_{50,N}$ [h <sup>-1</sup> ] |           |
|---|-------------------------------|-----------|
|   | Úroveň I                      | Úroveň II |
| Přirozené   | 4,5                           | 3,0       |
| Nucené  | 1,5                           | 1,2       |
| Nucené se zpětným získáváním tepla  | 1,0                           | 0,8       |
| Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění – pasivní domy | 0,6                           | 0,4       |

revize 2011/11

## Detekce netěsností – Anemometr při podtlaku v interiéru

- ventilátorem se v interiéru měřeného prostoru vytvoří a udržuje podtlak
- **anemometrem se v blízkosti kcí měří rychlost proudění vzduchu**
  - vhodné jsou termické anemometry
  - nevhodné jsou vrtulkové a miskové anemometry
- sleduje se rychlost proudění vzduchu:
  - $> 0,0 \text{ m/s} \Rightarrow$  v konstrukci je netěsnost
  - $\approx 0,0 \text{ m/s} \Rightarrow$  konstrukce je těsná
- na základě hodnoty rychlosti proudění vzduchu **NELZE** rozhodnout o velikosti otvoru (vyšší rychlost **NEZNAMENA** větší otvor !)

### Výhody

- lze provádět celoročně
- lze opticky zaznamenat (foto anemometru)

### Nevýhody

- neumožňuje plošnou kontrolu



## Detekce netěsností – Termodiagnostika při podtlaku v interiéru

- lze provádět pouze pokud je rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem alespoň 5°C (absolutně)
- provede se termodiagnostika v interiéru za přirozených tlakových podmínek
- ventilátorem se v interiéru měřeného prostoru vytvoří a udržuje podtlak
- po cca 15 až 30 min se zopakuje termodiagnostika (dochází k nasávání exteriérového vzduchu skrz netěsnosti, čímž se povrchové teploty v okolí netěsností změní, obvykle ochladí)
- porovnáním termogramů stejných detailů za různých tlakových podmínek se lokalizují netěsnosti

### Výhody

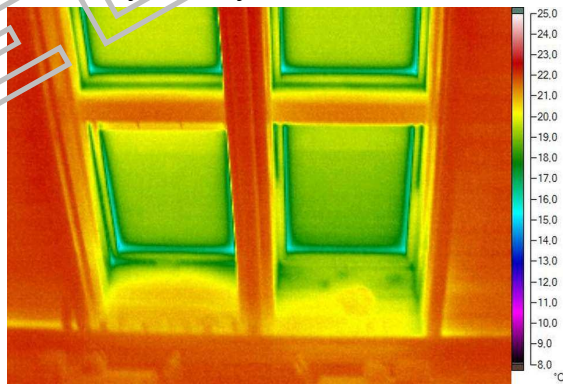
- nejúčinnější
- umožňuje plošnou kontrolu
- lze opticky zaznamenat

### Nevýhody

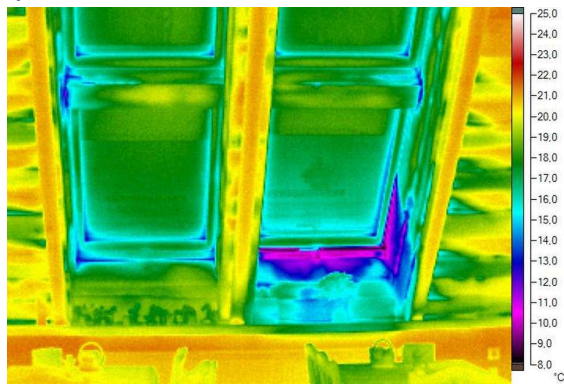
- nelze provádět celoročně



přirozený tlakový rozdíl



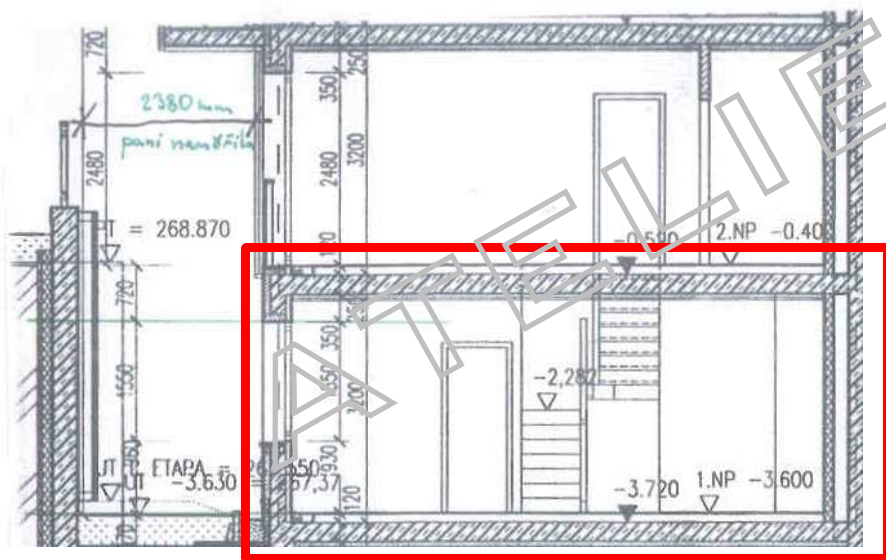
podtlak v interiéru



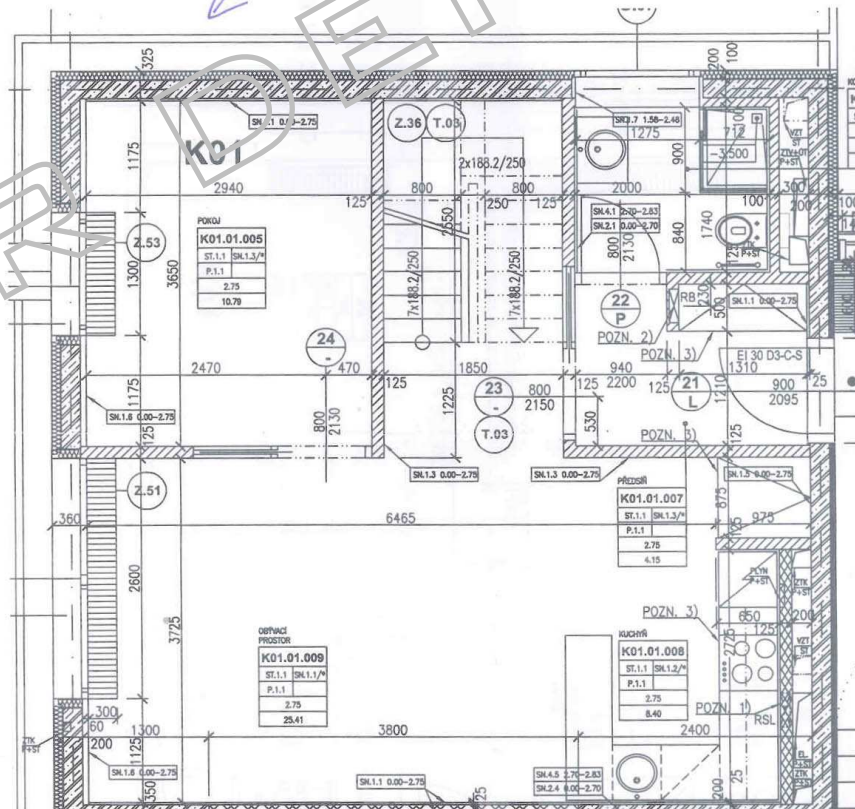


## Mezonetový byt

- železobetonové stěny + ETICS
- hliníková okna s integrovanou parotěsnicí fólií
- bez vlhkostních poruch
- bez růstu plísní
- špatná vytopitelnost při  $T_e < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- revize otopné soustavy neprokázala vadu



1.NP













## Mezonetový byt

- zařízení pro Blower Door test osazeno do vstupních dveří
- dodatečně utěsněno: digestoř a ventilační průduchy v koupelnách a WC
- rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem  $\Delta T = 21 \text{ }^\circ\text{C}$
- **změřená intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa mezi interiérem a exteriérem:**
  - $n_{50} = 4,7 \text{ h}^{-1}$
- doporučená hodnota dle ČSN 73 0540-2 platná v době realizace objektu:
  - $n_{50,N} < 4,5 \text{ h}^{-1}$

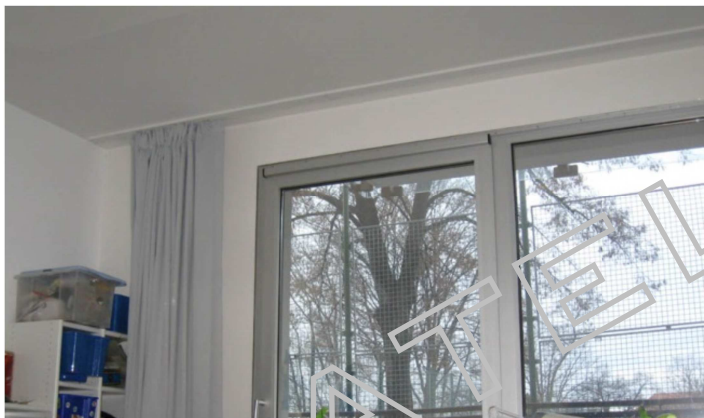
**NEVÝHOVUJE**

- proč tak vysoká hodnota u bytu s železobetonovými stěnami?

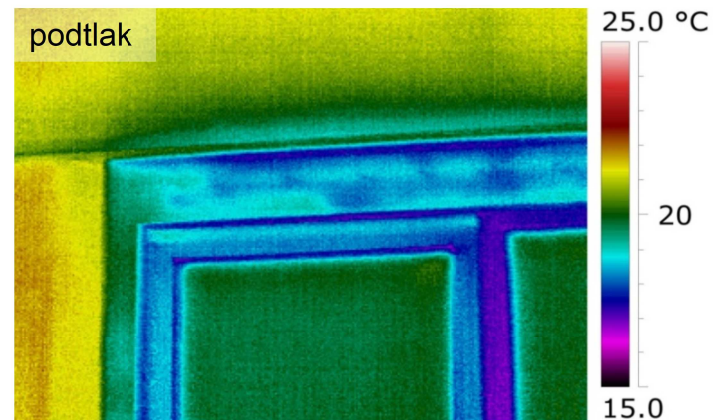
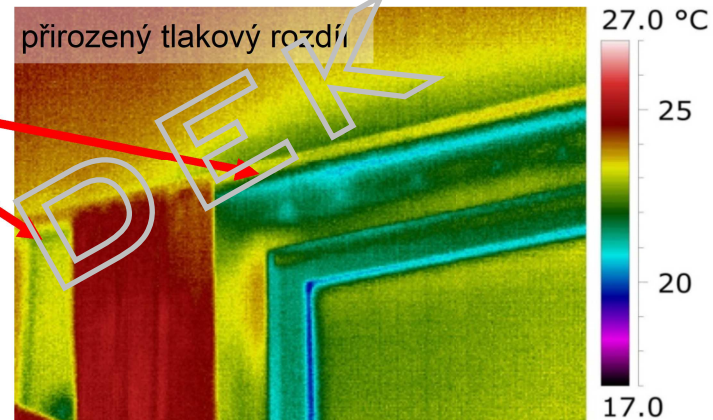


## Mezonetový byt

- atypické rozložení povrchových teplot, proč je chladnější pouze kout nad oknem a není chladnější také kout místnosti



$T_e = 2,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $T_i = 23,0 \text{ } ^\circ\text{C}$



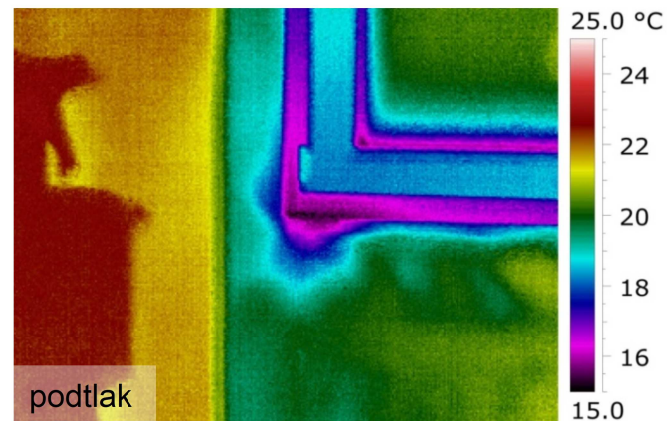


## Mezonetový byt

- roh okna chladnější už za přirozeného tlakového rozdílu
- při podtlaku detekován rukou silný průvan



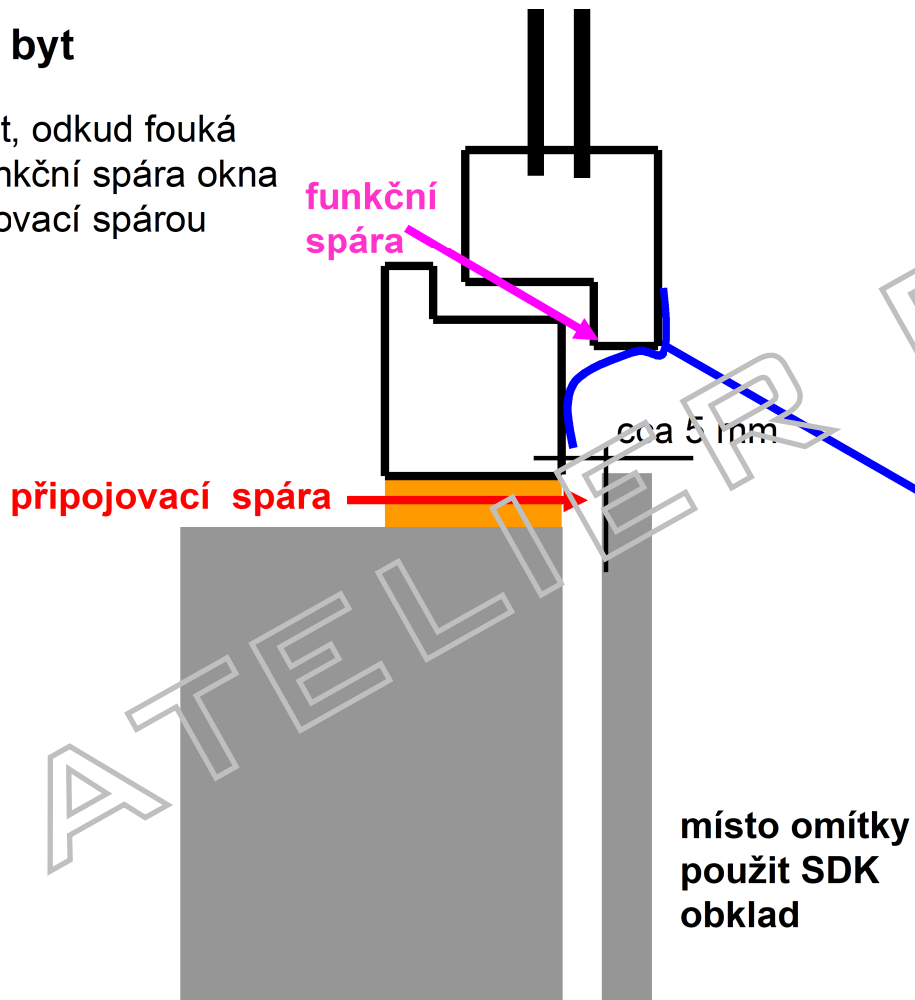
$T_e = 2,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $T_i = 23,0 \text{ } ^\circ\text{C}$





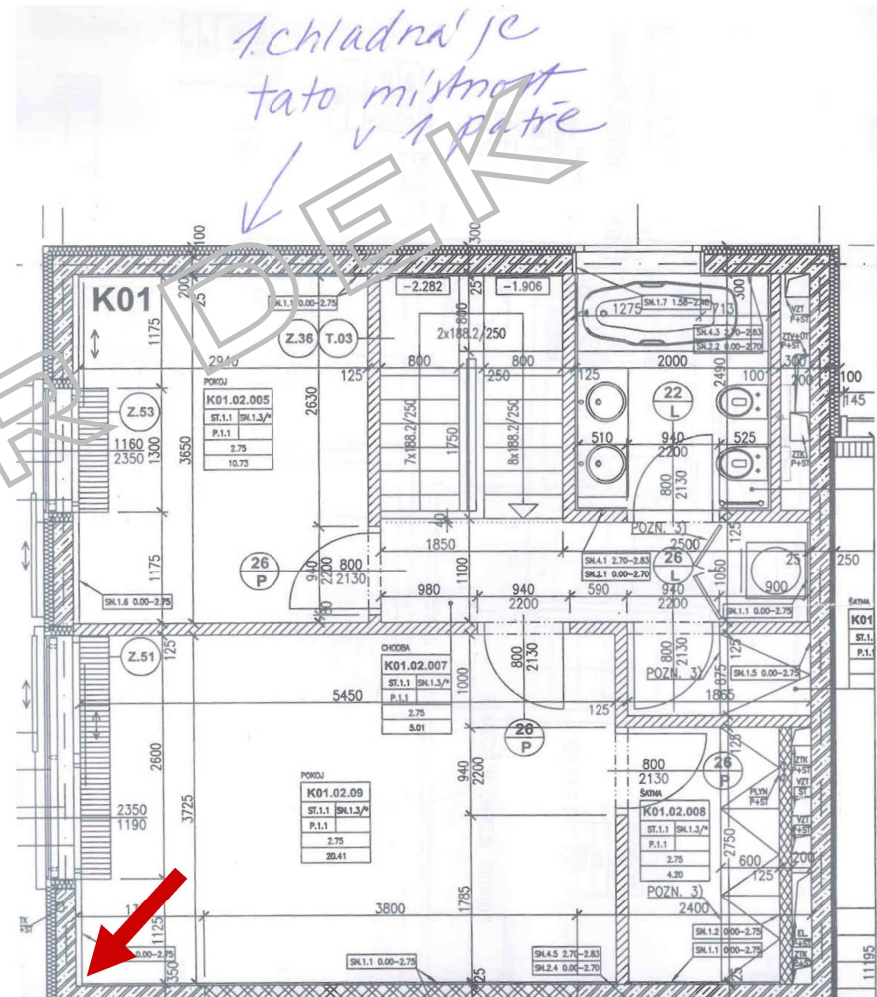
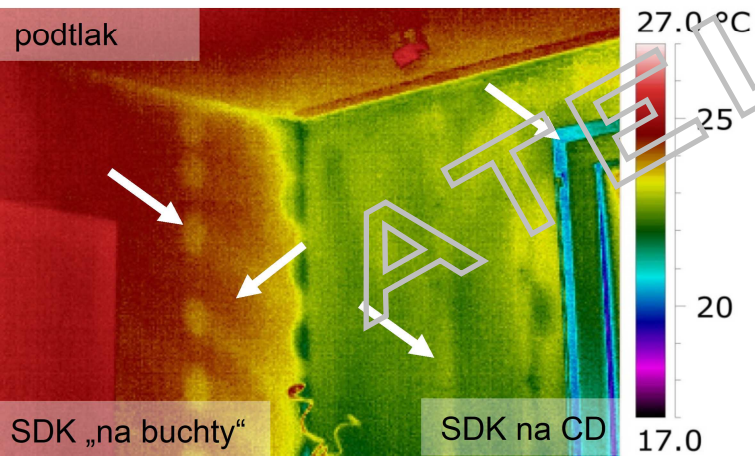
## Mezonetový byt

- nešlo poznat, odkud fouká
- zalepena funkční spára okna
- fouká připojovací spárou



## DEK

## Mezonetový byt



## Mezonetový byt

- kontrola připojovacích spár oken => otevření konstrukcí





**DEK**

## Mezonetový byt

- systémová parotěsnicí fólie (součást okna)



# DEK

## Mezonetový byt

- systémová parotěsnicí fólie (součást okna)

levé ostění – fólie přilepena, pro odtržení musela být vyvinuta určitá síla

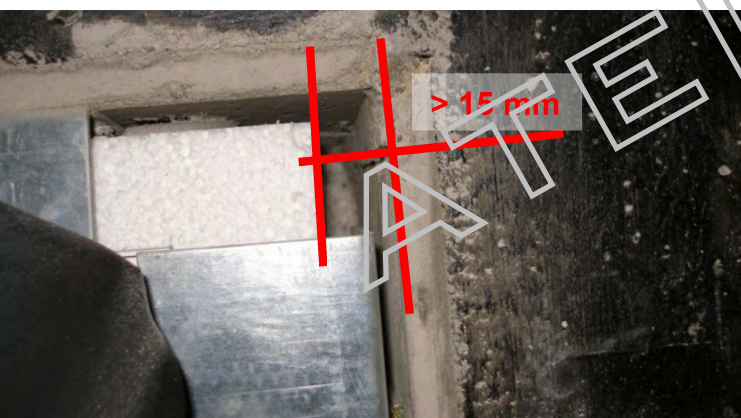
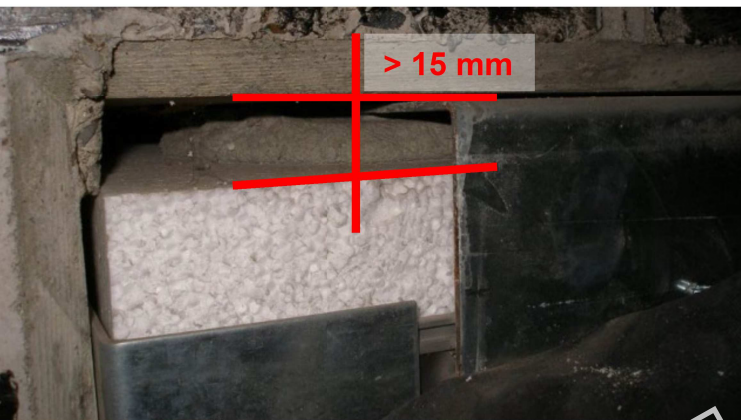


pravé ostění – fólie volně (nepřilepena)



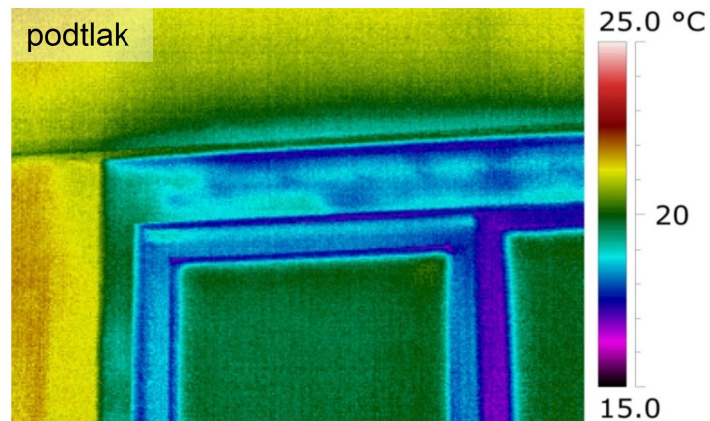
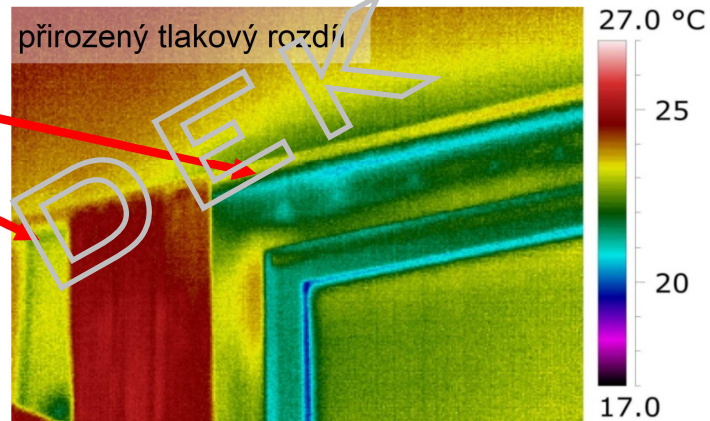
## Mezonetový byt

- atypické rozložení povrchových teplot



- okna osazena do Al profilů
- místo PUR pěny použity přířezy EPS

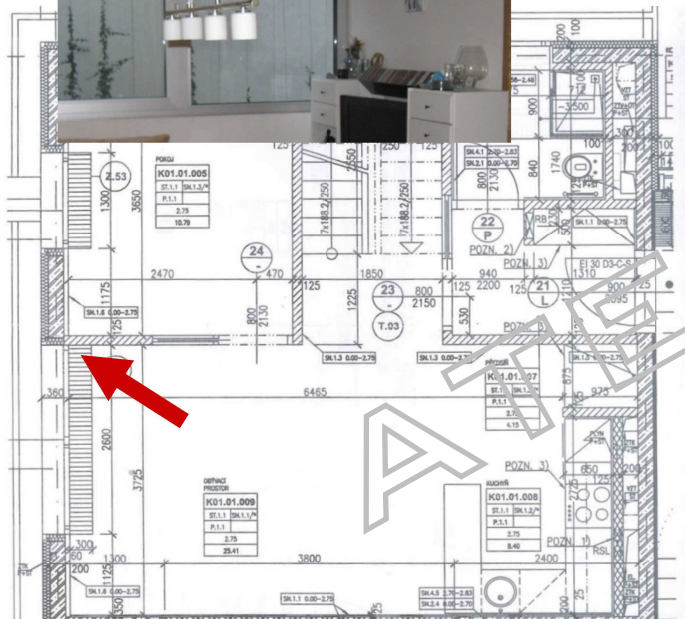
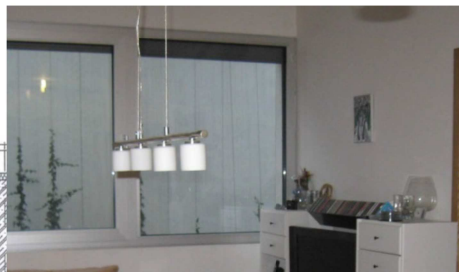
$T_e = 2,0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $T_i = 23,0 \text{ } ^\circ\text{C}$



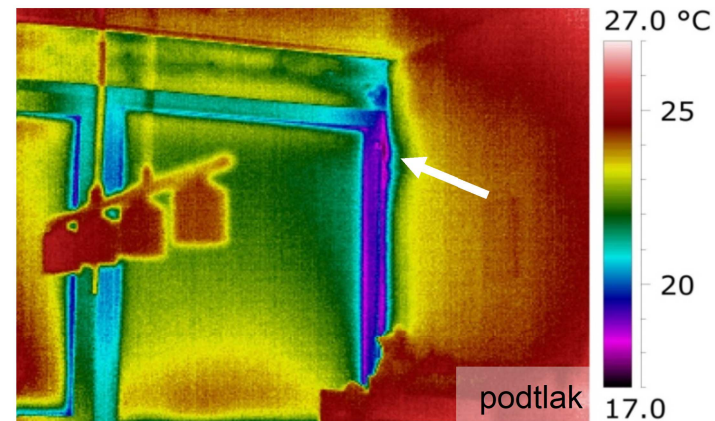
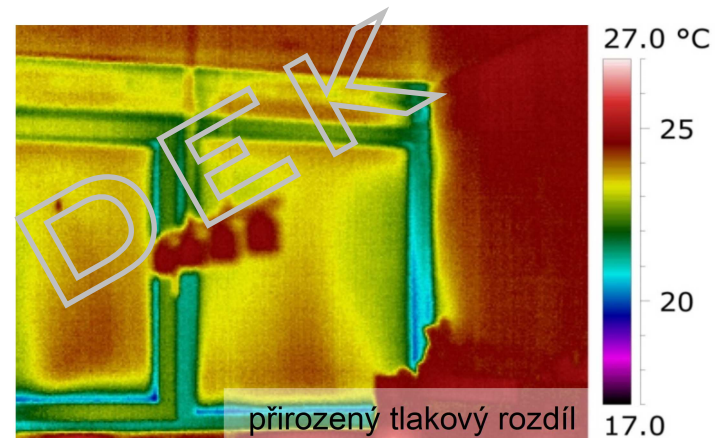


## Mezonetový byt

- 1. NP, obývací pokoj s KK
- příčka zasahuje do připojovací spáry okna

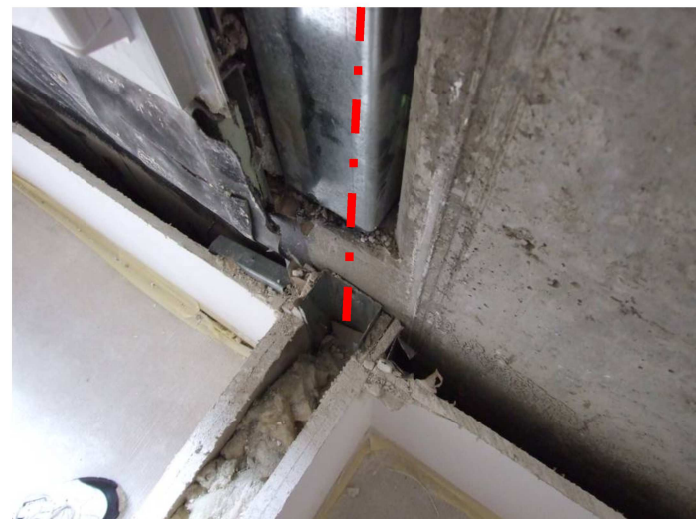
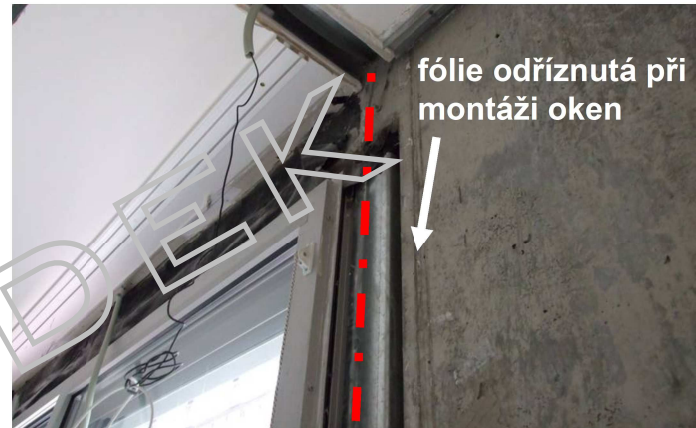
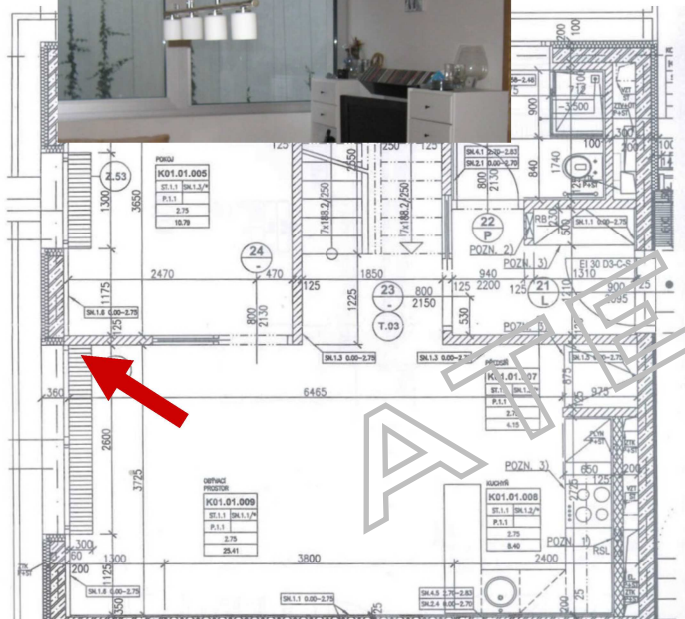
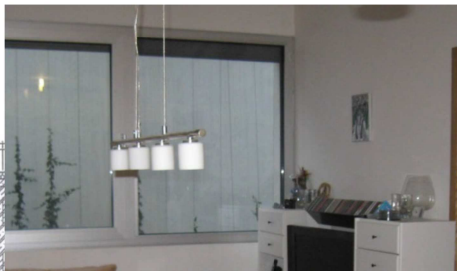


$T_e = 2,0\text{ °C}$ ,  $T_i = 23,0\text{ °C}$



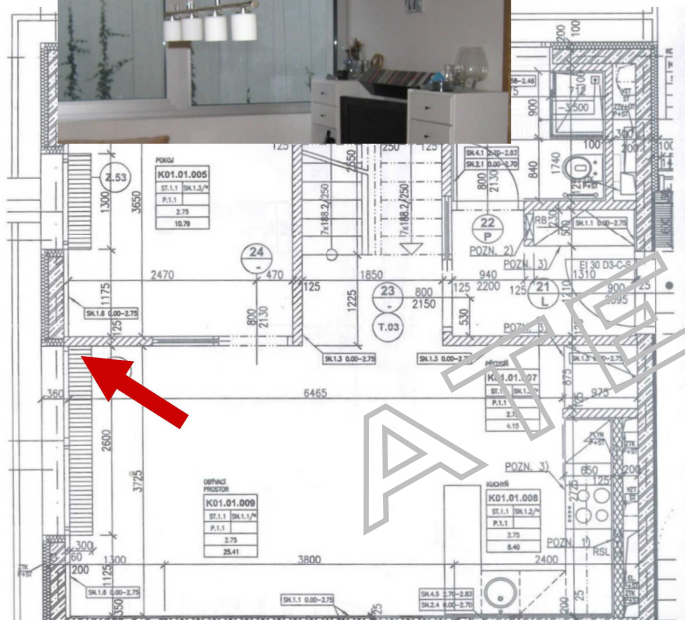
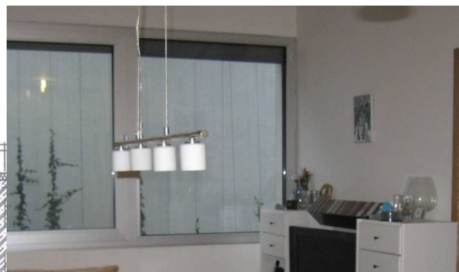
## Mezonetový byt

- 1. NP, obývací pokoj s KK
- příčka zasahuje do připojovací spáry okna



## Mezonetový byt

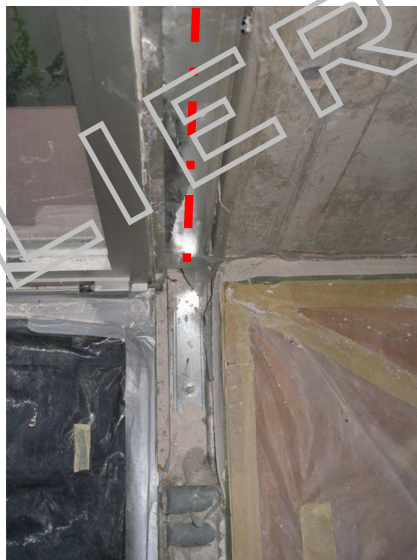
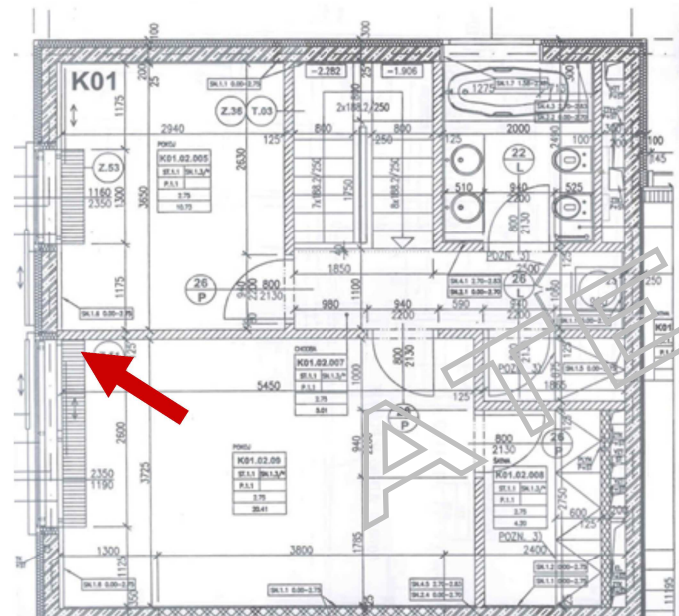
- 1. NP, obývací pokoj s KK
- příčka zasahuje do připojovací spáry okna





## Mezonetový byt

- 2. NP, dětský pokoj
- příčka zasahuje do připojovací spáry okna

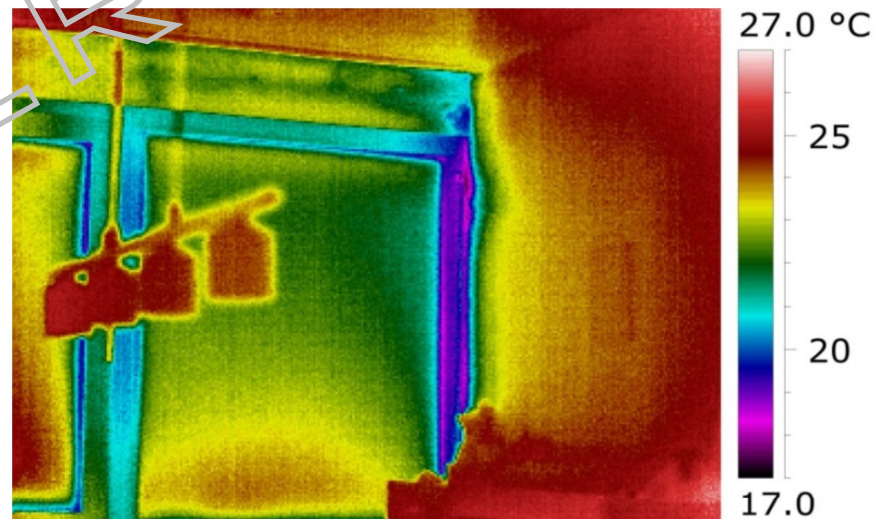


DEK

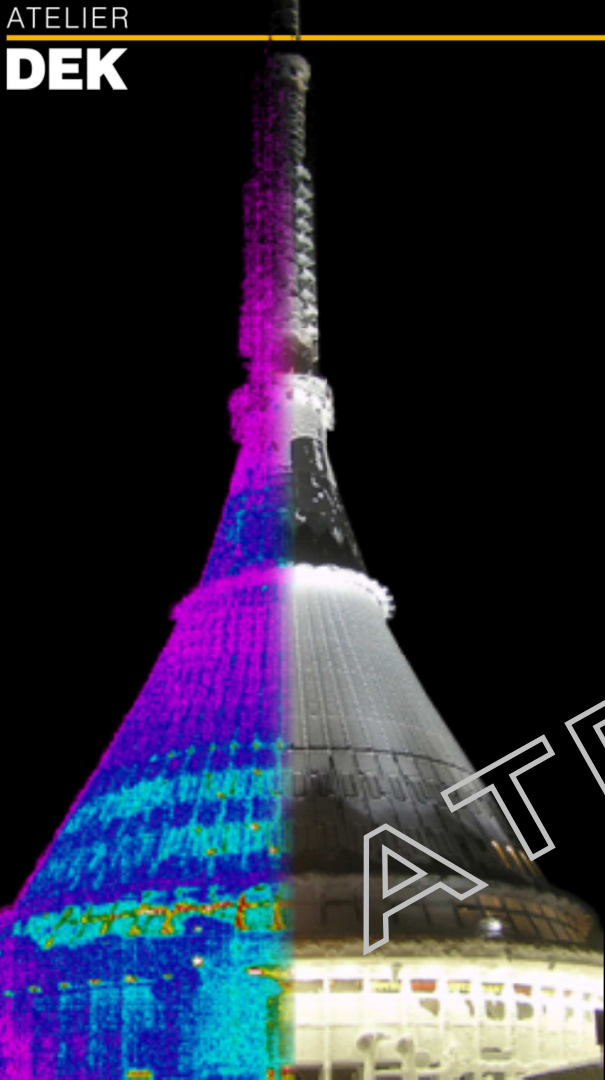


## Mezonetový byt

- nevhodně navržená okna v projektu
- složitá technologie osazení, která nebyla při montáži dodržena (návaznost souvisejících profesí)
- předpokládalo se otevření připojovacích spár také z exteriéru
- po opravě v interiéru tak výrazné zlepšení, že zásah z exteriéru již neproveden
- termodiagnostika v kombinaci s Blower Door testem umožňuje plošnou kontrolu konstrukcí







kontakt:

Ing. Viktor ZWIENER, Ph.D.

autorizovaný inženýr v oboru pozemní stavby  
znalec pro termodiagnostiku a vzduchotěsnost staveb

gsm +420 731 544 905

viktor.zwiener@dek-cz.com

DEKPROJEKT s.r.o.

Tiskařská 10/257

108 00 Praha 10

[www.atelier-dek.cz](http://www.atelier-dek.cz)

Přednášející:

Jiří Všohájek

konzultační technik v regionu jižní Čechy

Stavebniny DEK a. s., ATELIER DEK

+420 737 281 250

jiri.vsohajek@dek-cz.com



**Thank you for your attention!**  
**Děkuji za pozornost!**

