



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ENERGETICKÝ AUDIT OBČANSKÉ STAVBY

ENERGY AUDIT CIVIC BUILDING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Horák

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HORÁK, Ph.D.

BRNO 2017



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

STUDIJNÍ PROGRAM B3607 Stavební inženýrství  
TYP STUDIJNÍHO PROGRAMU Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
STUDIJNÍ OBOR 3608R001 Pozemní stavby  
PRACOVNÍŠTĚ Ústav technických zařízení budov

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STUDENT **Jakub Horák**  
NÁZEV **Energetický audit občanské stavby**  
VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE **Ing. Petr Horák, Ph.D.**  
DATUM ZADÁNÍ **30. 11. 2016**  
DATUM ODEVZDÁNÍ **26. 5. 2017**

V Brně dne 30. 11. 2016

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.  
Vedoucí ústavu



*n.r.*

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ (ZADÁNÍ, CÍLE PRÁCE, POŽADOVANÉ VÝSTUPY)

- práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhláškami, normami) pro navrhování zařízení techniky staveb

- obsah a uspořádání práce dle směrnice FAST:

- a) titulní list,
- b) zadání VŠKP,
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce,
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690,
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora,
- f) poděkování (nepovinné),
- g) obsah,
- h) úvod,
- i) vlastní text práce s touto osnovou:
  - A. Teoretická část – literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah až 15 stran
  - B. Výpočtová část
    - B1. Analýza energetických potřeb a toků budovy  
specifikace energetických systémů budovy  
stavební řešení a tepelně technické vlastnosti obalových konstrukcí
    - B2. Energetické hodnocení budovy  
potřeba energie pro jednotlivé systémy TZB včetně osvětlení  
návrh 2 variant pro snížení energetické náročnosti  
každá varianta obsahuje minimálně 5 úsporných opatření  
ekonomické a environmentální hodnocení navržených opatření
  - C. Projekt – energetický audit budovy
    - o) závěr,
    - p) seznam použitých zdrojů,
    - q) seznam použitých zkratek a symbolů,
    - r) seznam příloh,
    - s) přílohy – výkresy

Vše bude svázáno pevnou vazbou. Volné dokumenty (metadata, prohlášení o shodě, posudky, výsledky obhajoby) budou vloženy do kapsy na přední straně desek, výkresy budou poskládány a uloženy jako příloha v kapse na zadní straně desek.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

**VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:**

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



.....  
**Ing. Petr Horák, Ph.D.**

Vedoucí bakalářské práce

## ABSTRAKT

6 U \_ U ` 1/2 g \_ 1/2' n d f v u w y z' g y b y f [ Y h ] W \_ Û a ' \ c X b c W Y b É a ' d f c g b ] W k j É a ' Y b Y f [ Y h ] W X Á c ó Y b U é i X d h i c Y É b < 1/2' Y b Y f [ Y h Y \_ c b c a ] W \_ Á ^ d [ ] W \_ Á " ' > g c i ' b U j f Y b U ' ^ Y b X ] b W h ' ] j ^ c i Ó j m h j c Y j b u n f ] X ŷ b h m ž ' \_ h Y f Ā h o d n g c e r i y : b 1/2 g ` Y X b ÷ ' j m

## KLÍČOVÁ SLOVA

9 b Y f [ Y h ] W \_ Á ' \ c X b c W Y b É ž ' Y b Y f [ Y h ] W \_ Û ' U i X ] h ž ' Ó h Y d ` U ž ' V m h c j Û ' X ' a " ' "

## ABSTRACT

The bachelor thesis deals with energy assessment of an apartment building by using energy audit. Building is evaluated in terms of energy, economic and environmental. Individual austerity measures are designed and folded to two variants, which are evaluated.

## KEYWORDS

Energy evaluation, energy audit, austerity measures, heat transfer coefficient, apartment building.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

> U \_ i V : Q b F ½ [ Y h ] W \_ Û : U i X ] B h n o , c 2 0 1 7 . U 1 1 2 g \_ Ž " ě ě U ě V m d É ` " : 6 U  
d f ½ W Y " : J m g c \_ Ā : i 6 f b ě ž h : Y W \ i b ] W U Ā ě ě U j Y V b ě ž : ¶ g h U j : h Y  
V i X c j " : J Y X c i W ě : b f ½ W D Y K ě W < c f ½ \_ ž : D \ " 8 " :

## PROHLÁŠENÍ

D f c \ ` U i ^ ] ž ' Y ' ^ g Y a ' V U \_ U ` ½ g \_ c ^ g d a ½ W ] Y X d f j U W X y W U b  
d c i ] h Ā ' ] b Z c f a U é b É ' n X f c ^ Y " ' .

V 6 f b ÷ ' X b Y ' % \$ " ' ) " ' & \$ % + ' .

---

> U \_ i V ' < c f ½ \_  
U i h c f ' d f ½ W Y

## PODĚKOVÁNÍ

F ½X VdncVX\÷'\_cj U` XcW" b[" DYhfi <cf ½\_cj] nU'cXVc  
b[" @YcbUfXi <cVghcj] ž 7GW" nU'dcg\_mhbi hÉ' dch

# OBSAH

—X Q F.....	10
A.1. Q d g e p .....À x .q .f.....	12
A.2. Mq o r t g u q t q x <sup>a</sup> " v .g .r .g .n .p . <sup>a</sup> .....g .t .r .c .f .n .c.....	12
A.2.1. Princíp c{ m n w " m q o r t g .u .q .t .q .x . <sup>2</sup> .j .q . " V.....	12
A.2.2. J n c x p ¶ " m q o r .q .p .g .p .v .{ " } .4 .3 . <sub>2</sub> .....	13
A.2.3. V q r p " .h .c .m .v .q .t.....	15
A.2.4. \ <sup>a</sup> x k u n q u v " E Q R " .p .c . " v .{ .r .w . " e .j .n .c .f .k .x .c.....	16
A.2.5. Zdroje p ¶   m q r q v g p e .k . <sup>a</sup> n p .¶ " .g .p .g .t .i .k .g.....	17
A.2.5.1. Vzduch .....	17
A.2.5.2. Voda .....	18
A.2.5.3. \ g a.....	19
A.3. C d u q t r p ¶ " v g .r .g .n .p . <sup>a</sup> .....g .t .r .c .f .n .c.....	21
A.3.1. R q r k u " e { m n w " .c .d .u .q .t .r . . . . p .¶ .j .q . " V.....	21
B.1. C p c n   c " g p g t i g v k e m . . . . e .j . " .r .q .v . . . . g .d . " .c . " .v .q .m . . . . " .d . <sup>2</sup> w f q x {	22
B.1.1. U v c x g d p ¶ " g - g p ¶ " c " v g r g n p " v g .e .j .p .k .e .m <sup>2</sup> . . . . 23 n c u v p c	23
B.1.1.1. \ <sup>a</sup> m n c f p ¶ " k p h q .t .o .c .e .g . " .q . " .d .w .f .q .x.....	23
B.1.1.2. T q   o t q x <sup>a</sup> " e j c t c .m .v .g .t .k .u .v .k .m .c . " .d .w .f .q .x .{.....	23
B.1.1.3. U v c x g d p ¶ " .g . = .g .p .¶ " .d .w .f .q .x .{.....	23
B.1.1.4. V g r g n p " v g e j p k e m <sup>2</sup> " x n c u .v .p .q .u .v .k . " .q .d . <sup>a</sup> .n .m . <sup>2</sup> 24 e j " r	24
B.1.2. U r g e k h k m c e g " v g .e .j .p .k .e .m . . . . e .j . " .u .{ .u .v . <sup>2</sup> .o.....	31
B.1.2.1. X { v <sup>a</sup> r . . . . p .¶.....	31
B.1.2.1.1. Zdroj.....	31
B.1.2.1.2. Rozvody .....	31
B.1.2.1.3. Q v q r p <sup>a</sup> . " .v . . . . n .g .u .c.....	31
B.1.2.2. R ¶ r t c .x .c . " V X.....	31
B.1.2.3. Vzduchotechnika .....	31
B.1.2.4. U { u v <sup>2</sup> o " o g .p .¶ . " .c . " .t .g .i .w .n .c .e .g.....	31
B.1.2.5. Q u x v n q x c .e .¶ " .u .q .w .u .v .c .x .c.....	32
B.1.2.6. Elektroinstalace .....	32
B.1.2.7. Technologie.....	32
B.1.2.8. X   p c o p <sup>2</sup> " u r q v . . . . g .d .k . . . . g . " .g .p .g .t .i .k .g.....	32
B.1.3. C p c n   c " g p g t i g v k e m . . . . e .j . " .r .q .v . . . . g .d . " .c . " .v .q .m . . . . " .d . <sup>2</sup> w f q x {	32
B.2. G p g t i g v k e m <sup>2</sup> " j q f p q e g p ¶ " d w f q x k e m <sup>2</sup> p <sup>a</sup> α t ğ m q i k φ m <sup>2</sup> e vyhodnocen¶.....	34
B.2.1. P <sup>a</sup> x t j " À u r q t .p . . . . e .j . " .q .r .c .v . . . . g .p .¶.....	34
B.2.1.1. \ c v g r n g p ¶ " r q f n .c .j . . . . { " .p .c .f . " .u .w .v .g .t . <sup>2</sup> .p .g .o.....	34
B.2.1.2. X o p c " x e j q f .q .x . . . . e .j . " .f .x .g . . . . ¶.....	34



B.2.1.3.	—u r q t p <sup>2</sup> " .q.u.x .v.n.g.p.¶	35
B.2.1.4.	U q n <sup>a</sup> t p ¶ " .q.j. .g.x." V.X.	35
B.2.1.5.	V g r g n p <sup>2</sup> " g t r c f .n.q." v. { .r.w."   .g.o .l.x.q.f.c.	35
B.2.2.	G m q p q o k e m <sup>2</sup> " .j..q.f.p.q.e.g.p.¶	36
B.2.3.	G m q n q i k e m <sup>2</sup> " .j..q.f.p.q.e.g.p.¶	37
B.2.4.	G p g t i g v k e .m <sup>a</sup> " .d.k.n.c.p.e.g	39
B.2.4.1.	Varianta I.....	39
B.2.4.2.	Varianta II .....	41
GP GT I G V K E M	.....C.WF.K.V.....	44
C.1.	K f g p v k h k .m.c.....p.¶ " .À.f.c.l.g.....	45
C.1.1.	K f g p v k h k m c p ¶ " À f c l g " À.....c.u.v.p.¶.m....." g.p.g.t.i.	45
C.1.1.1.	Zadavatel EA.....	45
C.1.1.2.	R t q x q   q x c v g n " .r.....g.f.o .v.w." G.C.....	45
C.1.1.3.	Zpracovatel EA .....	45
C.1.2.	—f c l g " q " r i g f v d e m w .j. g .p .g .w .f .k .v .w.....	45
C.1.3.	E ¶ n g " g p g t i g .v.k.e.m <sup>2</sup> .j.q." .c.w.f.k.v.w.....	45
C.2.	R q r k u " u v <sup>a</sup> x c l ¶ e ¶ j q " u v c x w " .r.....g.f.o .v.w." .g.p.g.t.	46
C.2.1.	E j c t c m v g t k u v k m c " .j.n.c.x.p.¶.e.j." .....k.p.p.q.u.v.¶ " .G.C	46
C.2.2.	R q r k u " v g e j p k e m e j "   c ¶ w ' g p ¶ g f o { .v.y.đ .b.G.C	46
C.2.3.	U k v w c ..p.¶ " .r.n <sup>a</sup> .p.....	48
C.2.4.	G p g t i g v k e m <sup>2</sup> " x u v w r { " .  .c." .r.....g.f.e.j. <sup>a</sup> .  .g.l.¶.e.¶.	49
C.2.5.	X n c u v p ¶ "   f .t .q .l .g . " .g .p .g .t .i .k .g.....	50
C.2.6.	Rozvody energie.....	51
C.2.7.	X   p c o p <sup>2</sup> " u n e r g i e v.....g.d.k.....g." .g.....	55
C.2.8.	V g r g n p " v g e j p k e m <sup>2</sup> " .x.n.c.u.v.p.q.u.v.k." .d.w.f.q.x. {	55
C.2.9.	U { u v <sup>2</sup> o w " o c p c i g o g p v w " j q u r q f c g p .¶ " .u." .g.	62
C.3.	X { j q f p q e g p ¶ " u .v . <sup>a</sup> .x .c .l .¶ .e .¶ .j .q . " u .v .c .x .w.....	63
C.3.1.	X { j q f p q e g p ¶ " À k .p .p .q .u .v .k . " w .f .k .v .¶ " .g .p .g .t .i .k .g.	63
C.3.2.	X { j q f p q e g p ¶ " v g r g n p " v g e j p k e m e .j . " x .n .c .	63
C.3.3.	X { j q f p q e g p ¶ " u n a g e m e n t u j q u r q f g p g t i .¶ .k .¶ u	64
C.3.4.	E g n m q x <sup>a</sup> " g p g t .i .g .v .k .e .m <sup>a</sup> " .d .k .n .c .p .e .g.....	65
C.4.	P <sup>a</sup> x t j " À u r q t .p.....e.j." .q.r.c.v.....g.p.¶	66
C.4.1.	\ c v g r n g p ¶ " r q f n .c .j . { " .p .c .f . " u .w .v .g .t . <sup>2</sup> .p .g .o.....	66
C.4.2.	X o c p x e j q f q x .....e.j." .f.x.g.....¶	66
C.4.3.	—u r q t p <sup>2</sup> " .q.u.x .v.n.g.p.¶	66
C.4.4.	U q n <sup>a</sup> t p ¶ " .q.j. .g.x." V.X.	67
C.4.5.	V g r g n p <sup>2</sup> " g t g r o c f l .x .q . f .c . { .r .w.....	67
C.4.6.	R g j n g f . " x .c .t .k .c .p .v.....	67
C.5.	G m q p q o k e m <sup>2</sup> " .j..q.f.p.q.e.g.p.¶	68

C.6.	G m q n q i k e m <sup>2</sup> " j . q . f . p . q . e . g . p . ¶	69
C.7.	X d t " q r v k o . <sup>a</sup> n . p . ¶ " x . c . t . k . c . p . v . {	71
C.7.1.	Varianta I	71
C.7.2.	Varianta II	73
C.8.	F q r q t w g p ¶ " g p g t i . g . v . k . e . m <sup>2</sup> . j . q . " u . r . g . e . k . c . n . k . u . v . {	75
	\ <sup>a</sup> x . . . . t . . . . .	107
	U g   p c o " r q w f l . k . v . . . . e . j . " .   . . f . t . q . l . . . . .	108
	R q w f l k v . . . . u . q . h . v . y . c . t . g . . . . .	109
	U g   p c o " r q w f l k v e j . . . .   . . m . t . c . v . g . m " . c . " u . { . o . d . q . n . . . . .	110
	U g   p c o " q d t <sup>a</sup>   m . . . . . " . v . c . d . w . n . g . m " . c . " i . t . c . h . . . . .	111
	U g   p c o " . r . . . . ¶ . n . q . j . . . . .	112

# ÚVOD

HÅ a UhYa ' VU\_U` ½ g\_Å' df ½WY' ^Y' YbYf [Yh] W\_Ü' Ui X  
Ögd c f b ÛW\ ' cdUh YbÉž' \_hYf ½' dcj YXci' \_YÉ' gba] gÉÉ  
nbYé] i ^É WÉWc ě h ½h Y Y" dēi ] h' gc ZhkUfY' Df chYW\ "

HYcfYh] W\_ ½' é ½gh' cVgU\i ^Y' ^ ] hYf ½fbÉ' fY Yf ]' j  
f c n X ÷ ` YbÉ' hYdY` b ÛW\ ' éYfdUXY` ž' ^Y^] W\ ' dcd] g' U  
è ½gh' 6%` dtdj] gÉÉY' ghYbÉ' U' hYW\ b] W\_Å' nU ÉnYbÉ' Vi X  
Vi Xcj m' j éYhb ÷' j Ûdcéhi' gci é] b] hY` Y' df bghUdi ^ÉWÉ  
é ½gh] ' 6&' ^gci' bUj f' YbU' Ögd c f b ½' cdUh YbÉž' g` c Y  
posouzeny z\` YX] g\_U' YbYf [Yh] W\_Å \Yc\_žc` α [c WéÅy g] Å \c' ^U  
j mdf UWcj ½b' YbYf [Yh] W\_Ü' Ui X] h' \c Xbc WYbÅ' Vi Xcj m'  
adc' fYU` ] nUW] ' Ögd c f b ÛW\ ' cdUh YbÉ"

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## A-TEPELNÁ ČERPADLA

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jakub Horák

### VEDOUCÍ PRÁCE

██████████



































































































































































































































