

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



**Analýza známých způsobů zakládání
dřevostaveb z hlediska stavební fyziky
a ekonomiky**

Diplomová práce

Autor: Bc. Jiří Brich

Vedoucí práce: Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jiří Brich

Dřevařské inženýrství

Název práce

Analýza známých způsobů zakládání dřevostaveb z hlediska stavební fyziky a ekonomiky

Název anglicky

Analysis of known methods of the foundation structures of wooden buildings from the point of view of thermal physics and economics

Cíle práce

Vyhodnocení známých způsobů zakládání dřevostaveb z hlediska tepelné techniky a ekonomiky jednotlivých řešení. V analytické části práce půjde o komplexní vyhodnocení jednotlivých metod plošného zakládání dřevostaveb při standardních geologických podmínkách. Syntetickou část pak bude tvořit shrnutí vlastností známých metod zakládání a návrh klíče k volbě optimálního způsobu založení s ohledem na lokální specifika stavby.

Metodika

1. Úvod do problematiky zakládání dřevostaveb včetně porovnání s požadavky keramicko-silikátových variant.
2. Řešení známých způsobů základových konstrukcí užívaných při výstavbě dřevostaveb.
3. Výkresová dokumentace detailů základového soklu pro jednotlivé typy základových konstrukcí.
4. Analýza tepelné techniky včetně diagnostiky reálných staveb termokamerou.
5. Analýza ekonomických ukazatelů jednotlivých řešení.
6. Závěrečné vyhodnocení a doporučení včetně návrhu rozhodovacího klíče pro volbu optimálního řešení plošné základové konstrukce pro dřevostavbu.

Doporučený rozsah práce

60-70 stran

Klíčová slova

zakládání dřevostaveb, detail soklu, stavební fyzika

Doporučené zdroje informací

FLIR, s.r.o., Využití termografie při diagnostice budov, ONLINE (29-02-2016), zdroj:
https://www.conrad.cz/data/flir/vyuziti_termografie_pri_diagnostice_budov.pdf
HAZUCHA, J., Jak na efek vnitřní zakládání pasivních domů, ONLINE (29-02-2016), Centrum pasivního domu
2014,
Zdroj: <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domu/11435-jak-na-efek-vnitri-zakladani-pasivnich-domu>
KOLB, J., Dřevostavby – Systém nosných konstrukcí, obvodové pláště, Grada 2011, ISBN
978-80-247-4071-3
MATILAINEN, M., Moisture condions and energy consump on in heated crawl spaces in cold climates,
Energy and Buildings 35 (2003), 203-216
NOVÁK, J., Stavební tepelná technika, ONLINE (29-02-2016), ČVUT v Praze 2011, Zdroj:
<https://www.ib.cvut.cz/>
RŮŽIČKA, M., Moderní dřevostavba, Grada 2014, ISBN 978-80-247-3298-5
TYWONIAK, J., Nízkoenergetické domy, Principy a příklady, Grada 2005, ISBN 80-247-1101-X

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Kamil Trgala, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Elektronicky schváleno dne 22. 3. 2016

doc. Ing. Marn Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2016

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2016

Prohlášení

"Prohlašuji, že jsem diplomovou práci, na téma Analýza známých způsobů zakládání dřevostaveb z hlediska stavební fyziky a ekonomiky, vypracoval samostatně pod vedením Ing. Kamila Trgaly, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby."

V Praze dne: 20.4.2016

Bc. Jiří Brich

Poděkování

Děkuji Ing. Kamilovi Trgalovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odbornou spolupráci při zpracování této diplomové práce, a zároveň Ing. Arch. Václavovi Zahradníčkovi z firmy Domesi, za zprostředkování měření na vybraných objektech.

Abstrakt

Tato práce vznikla na základě rostoucího počtu realizovaných dřevostaveb v ČR. Požadavkem bylo shrnout možnosti zakládání a přiblížit veřejnosti méně obvyklé základové konstrukce pro dřevostavby, které zároveň odpovídají tepelně-technickým požadavkům. Porovnáním snímků z termografické kamery zatepleného a nezatepleného soklu bylo stanoveno, že nelze vždy určit jasný důvod a způsobu úniku tepla.

Vytvořením ekonomického hodnocení pro jednotlivé základy v odlišných podmínkách vznikl rozhodovací klíč pro výběr nejvhodnější základové konstrukce odlišných kategorií dřevostaveb.

Klíčová slova: zakládání dřevostaveb, detail soklu, stavební fyzika

Abstract

This theses was based on the growing number of realized wooden buildings in the Czech Republic. The requirement was to summarize the possibilities of establishing closer to the public and less common foundation structure for the wooden buildings, which also fit thermo-technical requirements. By comparing images from a thermographic camera insulated and uninsulated plinth has been determined that it can not be always determine as a clear reason and source of heat loss.

Creating an economic assessment of individual bases in different conditions was developed a key decision for selecting the most suitable foundation structures of different categories of wooden buildings.

Keywords: foundation of wooden buildings, detail of plinth, construction physics

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle diplomové práce	11
3. Metodika	12
3.1 Proč stavět dřevostavby	12
3.2 Výhody a nevýhody dřevostaveb oproti zděným objektům.....	14
3.3 Základy.....	16
3.4 Zakládání zděných objektů (keramicko-silikátové konstrukce)....	18
3.5 Zakládání dřevostaveb	19
3.5.1 Geotechnologický průzkum	21
3.5.2 Výkopy a podloží	21
3.6 Typy teplených izolací používaných při zakládání.....	22
3.6.1 XPS- Extrudovaný polystyren	23
3.6.2 Pěnosklo	24
3.6.3 Minerální vlna	25
3.7 Rozdělení známých způsobů základových konstrukcí užívaných při výstavbě dřevostaveb	26
3.7.1 Základové pasy a deska	26
3.7.2 Základová deska ŽB se spodní izolací XPS, Pěnosklo.....	27
3.7.3 Základové patky.....	29
3.7.4 Piloty a mikropiloty.....	30
3.7.5 Zemní vruty.....	31
3.7.6 Crawl space založení.....	31
3.8 Výkresová dokumentace detailů základového soklu pro dané typy plošných základových konstrukcí	35
3.8.1 Výkres základového pasu s ŽB deskou	35

3.8.2	Základová deska na podsypu z pěnoskla	36
3.8.3	Základová deska na vrstvě XPS	36
3.8.4	Základová patka	37
3.8.5	Základ typu Crawl space	37
3.9	Analýza tepelné techniky včetně diagnostiky reálných staveb termokamerou	38
3.9.1	Teplená technika	38
3.9.2	Výpočet prostupu tepla pomocí výpočetní techniky	40
3.9.3	Měření prostupu tepla termokamerou	41
3.9.4	Měření- RD Hřebeč, nezateplený sokl	42
3.9.5	Měření RD Škvorec- zateplený sokl.....	44
3.10	Analýza ekonomických ukazatelů jednotlivých řešení.....	46
3.10.1	Základové pasy se ŽB deskou	47
3.10.2	Zemní vruty	48
3.10.3	Základová ŽB deska na podsypu z pěnoskla	49
3.11	Závěrečné vyhodnocení a doporučení včetně návrhu rozhodovacího klíče pro volbu optimálního řešení základové konstrukce pro dřevostavbu	52
4.	Závěr.....	54
5.	Citovaná literatura.....	56
5.1	Seznam obrázků, grafů, tabulek.....	60
5.2	Seznam obrázků	60
5.3	Seznam tabulek	61
5.4	Seznam grafů.....	61
6.	Přílohy.....	61
6.1	Seznam příloh	61

1. Úvod

Výstavba rodinných domů, a nejen těch, se v posledních letech značně změnila. Klasická výstavba zděných objektů díky nárokům na úsporu energií, postoji k přírodě a moderním trendům, je částečně na ústupu a otevírá dveře do světa dřevostaveb, které splňují žadaná kritéria na design i energetiku.

Skladba stěn, typ konstrukce nebo proces výstavby je část z mnoha aspektů, které ovlivňují únik tepla. Jednou z opomíjených částí stavby jsou základy. Ve spojení s úniky tepla, ekonomickým hlediskem a ekologickou zátěží pro přírodu je volba způsobu založení budov složitou otázkou pro nespočet projektantů i investorů.

S rostoucí oblibou výstavby dřevostaveb se objevují také nedostatky spojené s nízkou informovaností nejen ze strany projektantů a investora, ale také ze strany stavebních firem. Přetrvávající trend v oblasti zakládání z předchozích let je nutné nasměrovat na celosvětový zájem o trvale udržitelnou výstavbu a přizpůsobit návrhovým hodnotám, což je důvodem vzniku této práce.

Problematika zakládání má hned několik podob. Tou první je samotný výběr typu základové konstrukce. Vzhledem k relativně nízké hmotnosti a velké pružnosti dřevěných konstrukcí není nutné vytvářet betonové monolity, které přetrvávají v krajině staletí a zbytečně zvyšují náklady na realizaci stavby. S nově přichozími materiály na trh vzniká potřeba dalších změn v rozhodovacích a projektových procesech.

Mezi nové materiály lze řadit tepelně izolační materiály v podobě extrudovaného polystyrenu a drceného pěnoskla.

Druhým a aktuálním problémem u již realizovaných staveb jsou tepelné ztráty v oblasti soklu, kde dochází ke styku podlahové konstrukce, základů a svislé obvodové konstrukce. V těchto místech vlivem nesprávného návrhu skladby konstrukce vznikají tepelné mosty a nežádoucí kondenzace vodních par na vnitřní straně konstrukce. V současnosti je možné posoudit úniky tepla pomocí termografické kamery, jež dokáže odhalit místa s tepelnými ztrátami. Těmto problémům je potřeba

předcházet a zodpovědně navrhovat dle normových požadavků se zohledněním vnějších a vnitřních podmínek pro navržení množství izolace do těchto míst konstrukce.

Smyslem práce je také ukázat, že ani užití termografické kamery nevede k dostatečně vypovídajícím údajům o skutečném stavu konstrukce porovnáním snímků zatepleného a nezatepleného soklu, které může být ovlivňováno i dalšími faktory působícími na konstrukci v místě styku s terénem. Závěrečné porovnání různých typů podloží s různými typy základových konstrukcí by mělo být vodítkem pro výběr vhodného způsobu založení konkrétních kategorií dřevostaveb a zefektivnění samotné výstavby a užívání těchto objektů ke spokojenosti investora potažmo koncového uživatele.

2. Cíle diplomové práce

Cílem této práce je vyhodnocení známých způsobů zakládání dřevostaveb z hlediska tepelné techniky a ekonomiky jednotlivých řešení. V analytické části práce půjde o komplexní vyhodnocení jednotlivých metod plošného zakládání dřevostaveb při standardních geologických podmínkách. Syntetickou část pak bude tvořit shrnutí vlastností známých metod zakládání a návrh klíče k volbě optimálního způsobu založení s ohledem na lokální specifika stavby.

3. Metodika

3.1 Proč stavět dřevostavby

O dřevě bylo řečeno již mnoho, nejen v současnosti, ale i v minulosti. Díky svým nezaměnitelným vlastnostem nabízí dřevo v oblasti stavitelství nepřeberné množství využití. S výhledem do budoucnosti bychom se měli zabývat tím, jak zvrátit nepříznivý vliv na životní prostředí působením skleníkových plynů a naučit se hospodárně zacházet s energiemi. S rostoucí populací a klimatickými změnami je jediným způsobem, jak zamezit úplnému zničení planety, využívání obnovitelných zdrojů, jako je dřevo. Stavebnictví je bezesporu obrovskou zátěží životního prostředí a je třeba posílit trvale udržitelnou výstavbu. Tento trend popisují dva směry.

Prvním je použití ekologických materiálů, což znamená jakou zátěž má daný materiál na životní prostředí od těžby suroviny přes zpracování, až po likvidaci. Hlavním ukazatelem je množství vyprodukovaných emisí CO₂. Zde je jasné, že dřevo přináší, oproti běžným stavebním materiálům, jako je beton, cihly atd., mnohem nižší zátěž. Jako zcela obnovitelný materiál bez vynaložení sebemenší energie vyrostе během 100 let nový zdroj suroviny, který lze považovat ve většině případu za téměř finální podobu stavebního materiálu. Spotřeba surového dřeva na jeden rodinný dům se pohybuje okolo 30m³ a to v kontextu s ročním přírůstkem v ČR činícím 18 mil. m³/rok, kdy přebývá přes 3 mil. m³/rok nevytěženého dřeva. Z takového množství by bylo možno postavit přes 50 000 ks konstrukcí rodinných domů. Díky moderním technologiím dokážeme v dnešní době zpracovat většinu dřevního odpadu a nezpracovatelné zbytky přetvořit spálením na energii použitelnou v libovolném odvětví. Jako všechny rostliny dokáže dřevo při svém růstu pomocí fotosyntézy zpracovávat CO₂, čímž jako jediný materiál dosahuje záporných hodnot produkce skleníkových plynů. Při samotné těžbě, dopravě a zpracování dřevní hmoty vzniká jistá zátěž na životní prostředí, ale v mnohem menší míře, nežli při těžbě vápence, železné rudy a dalších materiálů sloužících k běžné výstavbě.

Druhým směrem je celkové snížení spotřeby energie, protože se v současnosti spotřebuje téměř polovina vyrobené energie na samotný provoz staveb. Řešením je omezení energetické náročnosti budov. Tento standard přináší výstavba dřevostaveb formou nízkoenergetických, resp. pasivních domů, které v současnosti tvoří více než polovinu realizovaných staveb na našem území. Tento druh výstavby plní o mnoho přísnější normy z hlediska úspory tepla oproti klasické výstavbě. Kombinace realizovaných nízkoenergetických objektů s dalšími obnovitelnými zdroji např. sluneční, větrnou nebo tzv. geotermální energií, získávanou pomocí tepelných čerpadel, je pro trvale udržitelný rozvoj tou nelepší kombinací (Zahradníček, 2011).

Z hlediska historie byly stavby ze dřeva na našem území, díky rozsáhlé lesnatosti, velice oblíbené. V minulosti byla výstavba omezena, díky nařízení z roku 1755, kvůli obavám z požárů. Po zbytek času platila nejrůznější nařízení, která výstavbu objektů ze dřeva takřka zakazovala a to až do takové míry, že domy ze dřeva byly považovány za méněcenné. Novodobá tradice ve výstavbě dřevostaveb je v Čechách více než sto let, ale v očích uživatelů je stále díky negativnímu pohledu utvářeného po generace považována za nedokonalou a nedostatečnou pro trvalé bydlení. Svůj podíl na tom má také období 20. století a populární výstavba ze železobetonu (Vaverka, 2008).

V současnosti je v České republice výstavba dřevostaveb branná stále jako alternativa ke klasické výstavbě z betonu nebo keramických materiálů (Zahradníček, 2011 str. 10). Díky tomu je zastoupení výstaveb ze dřeva v České republice pouze okolo dvou procent, naopak Norsko s téměř 95% je světovým lídrem (Vaverka, 2008). Podpora a výzkum na přelomu 80. a 90. let má také svůj podíl na rozvoji v oblasti dřevostaveb a v dnešní době jsou aplikovány provedené výzkumy (Kolb, 2008). Díky modernímu trendu a pozitivnímu přístupu vládních institucí získává výstavba dřevostaveb na popularitě a její podíl se rok od roku zvyšuje. Současné trendy staveb ze dřeva nemají mnoho společného s historickou

výstavbou po technické stránce, ani co se architektonického zpracování týče. Konstrukcemi ze dřeva se nemusíme omezovat díky technologickému rozvoji pouze na rodinné domy, ale výstavbu můžeme realizovat i na vícepodlažní objekty, které mohou díky svým parametrům překonat stavby z klasických materiálů (Vaverka, 2008). Do budoucna je nutné rozšířit tuto výstavbu do oblastí veřejných objektů, jako jsou sportoviště, školy a další komerční stavby. Důraz na kvalitní zpracování detailů konstrukce a moderní pojetí vzhledu zajistí pomůže rychlejšímu přibývání dřevostaveb.

Doufejme tedy, že se naplní slova odborníků, a dřevostavby se stanou technologií pro třetí tisíciletí (Zahradníček, 2011 str. 11).

3.2 Výhody a nevýhody dřevostaveb oproti zděným objektům

Pod pojmem dřevostavba si lze představit mnoho objektů a konstrukcí. V principu se jedná o libovolnou konstrukci ze dřeva doplněnou tepelnou izolací. Přesně se tedy jedná o „stavbu, jejíž nosnou konstrukci tvoří dřevěné prvky nebo prvky na bázi dřeva,“ a lze je dále dělit do několika kategorií (Zahradníček, 2011 str. 12).

Co se týče nevýhod, lze zmínit, že dům z konstrukčního hlediska nevydrží 200 let, ale spíše polovičku, i když o životnosti rozhoduje hlavně provedení a důkladná konstrukční ochrana dřeva. Navrhovaná životnost staveb je v řádech desítek let a po uplynutí této doby nezbyvá než objekt revitalizovat stejně jak u staveb zděných. Další nevýhodou, která stojí za zmínku, jsou akustické vlastnosti, a protože je dřevo dobrým izolantem tak ani akumulární schopnosti nejsou předností dřevostavby. S tím tedy souvisí i fakt, že vytápění objektů ze dřeva je mnohem rychlejší a rázem se jedná o pozitivní izolační vlastnosti. Zde stojí za zvážení co je pro uživatele vhodnější možností (Zahradníček, 2011). Nenahraditelnou výhodou dřevostavby jsou pozitivní účinky na vnitřní klima, s tím spojená regulace vlhkosti a v některých případech nenahraditelná vůně. Jak již bylo řečeno, tak energetická náročnost na celý průběh životnosti dřevostaveb je téměř pětkrát nižší. Zahrnuje veškeré procesy od těžby,

přes zpracování, až k likvidaci po skočení životnosti. (Vaverka, 2008 str. 60).

Při porovnávání parametrů nelze opomenout použití dřeva nejen v exteriéru, ale také v interiéru. Jednoznačnou výhodou je estetika a variabilita při použití dřeva nejen rostlého, ale i libovolných materiálů na bázi dřeva, které utváří ideální klima a pocit tepla (Vaverka, 2008 str. 12).

Mimo pozitivní vliv na životní prostředí přináší dřevo do stavebního odvětví řadu mechanicko-fyzikálních vlastností, mezi něž patří snadná opracovatelnost a také vysoká pevnost ve vztahu ke hmotnosti (Vaverka, 2008 str. 15).

Další důvodem, proč stavět dřevostavbu, je lepší využití podlahové plochy, a tím i samotného pozemku, který při současných cenách není zanedbatelnou položkou v rozpočtu. To vše je dáno slabšími stěnami objektu při stejné zastavěné ploše jako u zděných staveb. Plocha, kterou získáme navíc je přibližně 10% z plochy zastavěné na každé podlaží. Samotný proces výstavby probíhá nesrovnatelně rychleji než u zděné stavby. Není potřeba dodržovat technologické přestávky díky suchému způsobu výstavby a stavba z prefabrikovaných dílců je hotová během několika dní nebo týdnů aniž by bylo použito enormně velké množství vody. Užívání stavby klientem přináší další úsporu financí např. v oblasti komerční výstavby. V průběhu životního cyklu stavby je možné provádět různé adaptace bez rozsáhlých bouracích prací a za méně peněz.

Určitě stojí za zmínku, že realizace dřevostavby vyžaduje celou řadu zkušeností a pro výstavbu potřebuje proškolený tým s praxí. Tento aspekt může působit do jisté míry jako nevýhoda, ale lépe řečeno jde o důkladné rozvržení celého projektu s ohledem na požadavky, které na stavbu máme. Pokud je konstrukce navržena na konkrétní provoz a zatížení, lze uspořit nemalé prostředky na materiál i na dopravu a manipulaci. Zděné stavby musí při realizaci unést hlavně svoji hmotnost a užité zatížení neřeší (Růžička, 2006 stránky 41-44).

Velice choulostivým tématem ve vztahu ke dřevostavbám jsou povodně a další živelné pohromy. Současný pohled zákazníků a možná

i některých stavitelů na tuto problematiku je značně odmítavý. Důvodem je neznalost. Pokud již dojde k zaplavení objektu, tak krátkodobý vliv vody nemá zásadní vliv na konstrukci dřevostavby, což je právě účinek povodně. Po bezprostředním opadnutí vody dojde k mnohem rychlejšímu vyschnutí a obnovení postižených částí bez zásahu do statiky objektu. Na základě těchto informací je výhodné zvolit stavbu dřevostavby před zděnou konstrukcí v rizikových oblastech, kde povodeň hrozí.

Zemětřesení a tornád se zatím v našich klimatických podmínkách bát nemusíme, a proto není nutné hlouběji zasahovat do této problematiky, ale stejný vliv na konstrukci mají výbuchy a opět zde získávají dřevostavby výhody z pohledu konstrukce a mnohem lépe odolávají těmto živelným pohromám. V obou případech je samozřejmě nutné zabezpečit dokonalé upevnění k základu. Pokud, jsou tato pravidla dodržena, nebude statika objektu porušena (Růžička, 2006 str. 39). Všechny tyto zmíněné vlastnosti jsou úzce spjaty se zakládáním staveb, které mají zásadní vliv na konstrukci i provedení základů.

Na základě těchto zjištění lze dřevostavbu prohlásit za „nejlépe dosažitelnou technologii dnešní doby“ (Zahradníček, 2011 str. 10).

3.3 Základy

Nezanedbatelnou položku v rozpočtu tvoří právě náklady na založení, a proto je nutné klást veliký důraz nejen na samotou realizaci, ale již na navrhování (Smola, 2007). Při nesprávném provedení negativně ovlivňuje energetickou náročnost celé stavby (Hudec, 2013).

Z pohledu investora, architekta i projektanta jsou základy nepodstatnou částí stavby možná díky tomu, že jsou na ně vynaloženy nemalé finanční prostředky a v konečné fázi jsou pod zemí. Tento pohled by měl být přehodnocen a spoluprací mezi investorem a projektantem navržen funkční a ekonomický základ (Růžička, 2014).

Založení stavby plní důležitou funkci, a to přenos zatížení konstrukce stavby do podloží právě pomocí základů (Růžička, 2006 str. 47). Dalším úkolem je, mimo přenosu zatížení, také zachování geometrie

objektu a ochrana stavby proti vlhkosti z podloží. Správné založení vychází z kompromisu mezi únosností a ekonomickou stránkou. Únosnost ovlivňuje také typ podloží, s nímž jsou spojeny další faktory ovlivňující finální podobu stavby. O stavu podloží je investor obeznámen po provedení geotechnologického průzkumu (Smola, 2007 str. 123).

Hlavními parametry, které určují vlastnosti základů je plocha základů, z pravidla přesahující přes ložnou plochu domu a hloubka založení, která je proměnlivá ve vztahu k únosnosti zeminy. Nesprávná hloubka základů je nejčastějším faktorem poruch staveb vlivem nerovnoměrného sedání. Hloubkou založení se rozumí výška od terénu k základové spáře, která je rovinou styku mezi konstrukcí a rostlou zeminou. V praxi to znamená úroveň terénu, kde je např. prováděn násyp nebo místo styku základové konstrukce a terénu (Smola, 2007 str. 124).

Velká část menších staveb určených k bydlení je nepodsklepená se systémovou hranicí budovy na terénu (Tywoniak, 2008).

Způsob založení úzce souvisí s provedením podlahy. Ta může být realizována dvěma způsoby. První variantou je podlaha na terénu. Pro tento typ podlah se volí nejčastěji základové pasy, kde se po provedení základů betonuje podkladní mazanina s následným zaizolováním, jak proti vlhkosti radonu, tak i tepelnou izolací. Pokud je podlaha prováděna na základové desce, která je již odizolovaná, může být pokládka provedena přímo na železobetonovou desku (Hudec, 2013 str. 69). Důraz je třeba klást na konstrukční řešení obvodu stavby při styku se zeminou. V těchto místech hlavně u menších staveb může docházet k vedení tepla mezi podlahovou deskou, základovými pasy, popř. soklem a zeminou. Pokud nejsou čelní plochy opatřeny dostatečně silnou izolací, dochází k nežádoucím změnám teplot v konstrukci a následné kondenzaci vodních par, které mají za následek vznik plísní a degradaci konstrukce (Tywoniak, 2008 str. 73). Druhým způsobem je podlaha na vzduchové mezeře, která je nejčastěji využívána pro výstavbu dřevostaveb a v tomto případě bývá izolace součástí nosné konstrukce podlahy. Tento způsob nahrazuje mohutnou a obvykle předimenzovanou základovou desku. Je několik

variant jak realizovat provětrávanou mezeru. Nejčastěji je položena podlahová konstrukce na dřevěném roštu. Pozitivní je, že odpadá řešení hydroizolace, ale naopak nevýhodou provětrávané mezery je vyvýšení úrovně podlahy nad terén.

Zpracování návrhu by mělo být provedeno s ohledem na životní prostředí volbou vhodných materiálu a důrazem na provedení vedoucím k minimalizaci technologických chyb (Hudec, 2013 stránky 65-69).

3.4 Zakládání zděných objektů (keramicko-silikátové konstrukce)

Nejběžnější základovou konstrukcí pro zděné objekty a zejména rodinné domy jsou betonové pasy kombinované s vyztuženou betonovou deskou doplněnou hydroizolací, která zároveň působí jako izolace proti radonu. V případě zakládání v nestabilním prostředí je nutné takové základy vyztužit. Pravidlem pro navrhování základů je dodržení nezámrazné hloubky, která na našem území dosahuje přibližně 1 až 1,4 m. V případě rodinných domů není zcela běžné zakládat na pilotech nebo pilířích, ale vždy je nutno vycházet z geotechnologického průzkumu a zvolit nejvhodnější variantu. Pro svažitý terén je možno zvolit variantu opěrných zdí, přenášející svislé i vodorovné zatížení do zeminy.

Většina těchto speciálních variant základů je velice nákladná a přináší enormně velkou zátěž pro životní prostředí již od vlastní těžby materiálu, přes dopravu na staveniště, až po likvidaci, které bude v tomto případě velice náročná bez možnosti recyklace použitého materiálu.

V případě zděných objektů se téměř nelze vyvarovat těžké konstrukci základů, jako jsou základové pasy na Obr. 1, protože musí být

vytvořena stabilní, únosná konstrukce a nesmí docházet k dodatečné deformaci podloží. Zděné stavby nedokáží díky své tuhosti



Obr 1 Základové pasy RD (Základy-RD, 2016)

absorbovat pohyby vznikající vlivem těchto faktorů a mohlo by dojít k trvalému poškození stavby (Smola, 2007 stránky 128-129).

Všeobecně známou věcí je doba zrání betonové směsi. Mokrý výstavba s sebou přináší dlouhé technologické přestávky, které prodlužují dobu výstavby.

3.5 Zakládání dřevostaveb

Jak bylo již zmíněno v úvodu práce, je do budoucna nevyhnutelné z hlediska trvale udržitelné výstavby omezení běžně používaných materiálů a řešení, které nenaplní tyto představy (Hudec, 2013 str. 65). Vzhledem k hmotnosti dřevostaveb, která je mnohokrát nižší, než zděné stavby je možnost volby lehčí varianty základů s mnohem menším dopadem na životní prostředí. Konzervativní literatura hovoří o možnosti založení stejným způsobem, jako pro zděné objekty, ale tato varianta je krajně neekonomická a nelogická. Konstrukce dřevostavby se chová odlišně od zděné stavby, a proto vyžaduje jiný typ založení, aby byly dosaženy žádané parametry (Růžička, 2014 str. 143).

Pro stavbu dřevostavby je vhodné zvolit jeden z méně obvyklých základů typu mikropilot, desky, základu na podsypu z moderních izolačních materiálů nebo v zahraničí oblíbeného způsobu, Crawl space na Obr 2. (základ s provětrávanou mezerou) (Růžička, 2006 str. 47). Odpadá tak starost s přesunem mnoha tun zeminy z výkopových prací, která musí být zákonitě vyplněna stejným množstvím betonu (Růžička, 2014 str. 142). Vzhledem k váze a hlavně pružnosti konstrukce není nutné projektovat masivní základy, ale naopak se využívá těchto vlastností pro výstavbu v podmínkách s nestálým podložím a zvýšenou vlhkostí v úrovni základové spáry, kde se nevyplatí nebo dokonce nelze zakládat zděné stavby (Růžička, 2006 str. 47).

Možností jak realizovat základy je celá řada. Z hlediska vlastností dřevostaveb, není zcela běžné ani ekonomické tyto objekty podsklepot. V případě podsklepení dřevostavby dochází částečně ke ztrátě pozitivních vlastností, které výstavba dřevostaveb přináší.

V minulosti bylo řešení spodní části stavby bráno z úplně jiného pohledu. Základ byl tvořen z kamenů spojených hlínou. Hloubka základu z daleka nedosahovala nezámrzné hloubky a v konstrukci se vyskytovaly trhliny. Dřevostavby byly dále stavěny na základových pasech s kamennou nadezdívkou, které měly velice špatné izolační vlastnosti, jak tepelné, tak i proti vlhkosti (Hudec, 2013 str. 69).

Hlavním pravidlem pro zakládání, je umístění základové spáry nad terénem. Založení v úrovni terénu by se v případě dřevostaveb nemělo vůbec vyskytovat (Smola, 2007 str. 122). Důvodem je konstrukční ochrana paty dřevěné konstrukce. Minimální úroveň nosné kostry činí 300 mm od úrovně upraveného terénu. Pokud by nebyla dodržena tato vzdálenost, může docházet k zatékání do spodní části stavby a tím i k poškození. Výměna základového prahu dřevostavby je nejsložitější možnou opravou dřevostavby, a proto je vhodné předcházet těmto komplikacím (Zahradníček, 2011 str. 118).

Propojení mezi základy a samotnou konstrukcí stavby je prováděno právě základovým prahem. Protože odděluje spodní část stavby od vrchní, bude zde docházet k vlhkostním rozdílům a podle toho musí být zvolena vhodná dřevina. Důraz je kladen na důkladné odizolování podkladními pásy zajišťujícími vyrovnávací, hydroizolační a těsnící funkci (Vaverka, 2008 str. 24).



Obr 2 Základy dřevostavba-crawl space (Shutterstock, 2016)

3.5.1 Geotechnologický průzkum

Pro bezproblémové založení stavby, a s tím související klidné užívání, je vhodné provést alespoň v minimálním rozsahu geotechnologický průzkum. Zvláště důležité je to v místech se svažitým terénem nebo nestabilním podložím písčitého typu (Hudec, 2013 str. 65). Průzkum odhalí vlastnosti zeminy, úroveň podzemní vody a případnou koncentraci radonu. Všechny tyto poznatky se uplatňují pro návrh základové konstrukce. Na většině území je možno vycházet z vlastností typických pro danou lokalitu. Nelze se však úplně spolehnout na historické podklady a v rizikových oblastech je lepší provést nový průzkum. Takový průzkum by měl obsahovat informace o podloží ve dvou řezech provedených, buď hloubkovými sondami, nebo odběrem vzorků zeminy. Pro zmapování spodní vody je nutné provést pozorovací vrt, ale průzkum v takovém rozsahu se provádí hlavně u podsklepených objektů. V případě, že se rozhodneme pro založení na pilotách nebo systémem Crawl space, není nutné provádět průzkum proti radonu, protože jako izolace bude sloužit odvětrávaná mezera. Při klasickém založení na základové desce se radonový průzkum provádí jednoduchým vpichováním do povrchu terénu. Na základě kompletního průzkumu je vyhodnocována zpráva hodnotící stav podloží s doporučením pro založení (Smola, 2007 str. 125).

3.5.2 Výkopy a podloží

Výkopy jsou prováděny na základě geotechnologického průzkumu v terénu, který se dělí na několik základních typů. Prvním typem jsou skalní zeminy, které vznikly z vyvěřelin, a svou únosností jsou velice vhodné pro zakládání těžkých konstrukcí. Dalším skupinou jsou zeminy soudržné a nesoudržné. Ty jsou nejběžnějšími podmínkami pro zakládání staveb s proměnlivými vlastnostmi. Poslední skupinou jsou navážky, které jsou v současné době velice aktuální, protože dochází na řadě místech k využívání ploch dříve již zastavěných nebo využívaných k jinému účelu. I v případě tohoto typu podloží, lze narazit na nevhodné lokality například skládky nebo kontaminovaná průmyslová místa (Smola, 2007 str. 125).

3.6 Typy tepelných izolací používaných při zakládání

Největším objemem zabudovaného materiálu tvoří u dřevostaveb právě tepelná izolace, která má zásadní vliv na vlastnosti objektu. Úkolem tepelné izolace je chránit konstrukci před přenosem tepla přes vnější obálku budovy a tím zabránit únikům tepla (Růžička, 2014 str. 118). Na trhu se vyskytuje celá řada materiálů různých typů a vlastností. V současné době jsou prosazovány materiály šetrné k životnímu prostředí a orientace v těchto materiálech je komplikovaná (Tywoniak, 2008 str. 225).

Pro výběr vhodné izolace je dobré postupovat podle technických listů konkrétního výrobce, do jakých podmínek je daná izolace vhodná. Při nesprávném použití může dojít ke zhoršení vlastností, a to může vést k následným problémům při užívání stavby. Ideální tepelná izolace by měla splňovat parametry nízké tepelné vodivosti, vysoké hustoty a vysoké specifické akumulace tepla. Pro základové konstrukce jsou využívány materiály z neobnovitelných zdrojů, a to polystyrenu nebo pěnoskla. Izolace z obnovitelných zdrojů bohužel nejsou vhodné pro použití do základové konstrukce vzhledem k jejich biologické degradaci. Ani minerální vlna není určena pro izolaci spodní části stavby, protože je nasákavá a tím pádem nesmí být zabudována pod úroveň terénu. Tento typ izolace může být využit v případě skladby podlahy u systému Crawl space, kde podlahovou konstrukci tvoří dřevěný rám a izolační výplň avšak je nutné tuto izolaci dostatečně ochránit proti vlhkosti z vnější strany.

Veličina charakterizující vlastnosti tepelných izolací je součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.K], který udává, jaké množství tepla projde daným materiálem o tloušťce 1 m a ploše 1 m² při rozdílu teplot 1°C za jednotku času. Průměrné hodnoty u běžných izolací jsou 0,02-0,004 W/m.K

Součinitel tepelné vodivosti je závislý na teplotě a vlhkosti materiálu. Finální výsledek je ovlivněn provedením dané izolace, která musí být bez mezer (Tywoniak, 2008 stránky 117-119).

V případě klasického zakládání jsou izolovány boky základu až do nezámrazné hloubky, tj. 1300 m. Tloušťka izolace se liší dle požadavků. Pro nízkoenergetické domy to je 50-100 mm a v případě pasivního domu až 200 mm. Volí se nenasákavá izolace ve formě XPS. Zateplit základový pas lze v pouze v případě, že bylo při betonáži použito bednění nebo skořepinové tvárnice. V případě moderního založení dřevostaveb na podizolované betonové desce v zámrazné hloubce se volí XPS v tloušťkách 200-300 mm s hutněným štěrkopískem nebo méně používané drcené pěnosklo. Základová spára je chráněna proti podmrznutí přesahem podsypu z pěnoskla po obvodu celého objektu (Smola, 2011).

3.6.1 XPS- Extrudovaný polystyren

Extrudovaný polystyren XPS na Obr 3. je jeden z mnoha typů polystyrenu označovaného jako vytlačovaný. Hlavní surovinou pro výrobu tohoto materiálu je ropa. Díky své uzavřené struktuře je mnohem vhodnější než EPS (extrudovaný polystyren). Výborné tepelné vlastnosti (součinitel tepelné vodivosti 0,038 W/m.K), nízká nasákavost a vyšší pevnost v tlaku řadí tuto izolaci na první příčky v oblíbenosti pro použití do základových konstrukcí i díky své příznivé ceně. Výrobek původem z USA z roku 1940 doplněný zpomalovačem hoření se na první pohled od EPS odlišuje barevnými odstíny. Objemová hmotnost 25-45 kg/m³ a maximální tloušťka 200 mm s možností dodatečného formátování pilou na stavbě je standardně pokládána na spojovací drážky.

Výrobci tohoto izolačního materiálu jsou Rigips, Isover atd. Hodnoty součinitele tepelné vodivosti dosahují 0,035 W/m.K Zajímavou informací je primární energie na



výrobu materiálu dosahující hodnoty **Obr 3 Desky XPS (Fibran, 2016)** 670,24 kWh/m³ (Tywoniak, 2008 str. 229). Pro dosažení požadovaného součinitele prostupu tepla $U=0,15\text{W/m}^2\cdot\text{K}$ je nutné použít izolaci v tloušťce 250 mm, čehož docílíme použitím několika kolmo na sebe skládaných vrstev kvůli vzniku mezer (Hazucha, 2014).

3.6.2 Pěnosklo

Tento materiál byl vynalezen v Čechách v minulém století, ale nikdy nebyl patentován a je v současné době vyráběn převážně v Belgii. Z tohoto důvodu vznikl na trhu monopol a tím i vlastní cenová politika, z čehož vyplývá i horší dostupnost pro stavitele. Tato velice účinná izolace vhodná především do základových částí stavby díky své nosnosti a dalším nenahraditelným parametrům. Tento materiál je složen z recyklovaného skla (přes 60%), písku, dolomitu a vápna. Aktivátorem pro napěnění je nepatrné množství uhlíku, který při zahřátí hmoty na 1000 °C a následném ochlazení vytvoří požadovanou strukturu. Díky vlastnostem není problém vytvořit libovolný tvar. Uvedená pevnost v tlaku výrobcem je 70-160 tun/m². Mezi další vlastnosti, kterými pěnosklo vyniká, je parotěsnost, vodotěsnost, odolnost vůči ohni i biologickým škůdcům. Vlivem těchto parametrů dosahuje dlouhé životnosti. Další předností je finální zpracování a úprava rozměrů, ke které postačí pila. Bohužel díky křehkosti materiálu je nutné šetrné zacházení. Nejčastějším místem pro použití je přechod mezi základem a vrchní stavbou pro přerušení tepelného mostu. Při dokonalém napojení desek se vytvoří vrstva zabraňující vztlínání vlhkosti. Ve formě desek na Obr. 4 je na našem trhu pěnosklo prodáváno pod obchodním názvem Foamglas. Použitím tohoto druhu izolace již není nutné provádět dodatečné vrstvy, protože desky z pěnoskla kaširované asfaltem brání současně pronikání vlhkosti i radonovému záření (Foamglas, 2016).

Druhá varianta, která je na trhu novinkou je kamenivo na Obr. 5, úlomky nebo drť z pěnoskla sloužící pro tepelně izolační podsypy (Smola, 2011 str. 230). Tento štěrkovitý materiál dodává firma Refaglass. Objemová hmotnost volně sypaného kameniva je 150-170 kg/m³ tedy v průměru 1,6 MPa s tím, že je možno volit libovolnou frakci od 0-63 mm, kterou je nutné před dalšími pracovními postupy ztuhnout v poměru 1:1,3. Díky hmotnosti téměř desetkrát nižší než štěrkové kamenivo je manipulace s tímto materiálem snazší. Pěnosklo lze považovat za ekologický a plně recyklovatelný materiál, využívající k výrobě recyklované

obalové sklo (Refaglass, 2014). Součinitel teplelné vodivosti je 0,049 W/m.K.



Obr 4 Pěnosklo deska Foamglas (Foamglas, 2016)



Obr 5 Pěnosklo-štěrk (Refglass, 2016)

Porovnání vlastností jednotlivých materiálů je uvedeno v tabulce 1, kde je možné vidět také energetickou náročnost na výrobu vycházející z databáze Envimat (Hudec, 2013 str. 149).

Tabulka 1 přehled vlastností vybraných materiálů

Materiál	Teplená vodivost (W/m.K)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Primární energie na výrobu (kWh/m ³)
Polystyren XPS	0,034	25	670,24
Pěnové sklo	0,049	110	1071,31
Dřevěné řezivo	0,180	400	372,26
OSB deska	0,130	650	2257,97
Minerální vlna	0,036	32	168,02

3.6.3 Minerální vlna

Tento materiál je vyráběn z křemičitanové nebo čedičové taveniny, která je pojena syntetickou pryskyřicí. Hlavními přednostmi je paropropustnost a vysoká odolnost proti žáru. Dle účelu použití je možné kamennou vlnu zakoupit jako desky na Obr. 6 nebo role na Obr. 7 ve formě měkkých rohoží. Součinitel teplelné vodivosti je 0,035-0,045 W/m.K. Jak bylo již zmíněno, v základové konstrukci nenajde příliš velké uplatnění a spíše se používá pro výplň konstrukce dřevostavby, na zateplení stropů a střešních konstrukcí. Tuhé desky na se používají pro zatěžované konstrukce kontaktních zateplovacích systémů jako výplně rámových dřevostaveb. Objemová hmotnost se pohybuje v rozmezí 30-100 kg/m³. Pro porovnání je uváděn tento materiál z důvodu použití v podlahové konstrukci dřevostavby, která je použita v jednom z návrhů základové

konstrukce, protože je součástí skladby a ovlivňuje svým způsobem cenu založení. (Hudec, 2013 str. 64) (TZB-info, 2001-2016)



Obr 6 Desky z minerální vlny (Isover, 2016)



Obr 7 Role minerální vlny (Fotolia, 2016)

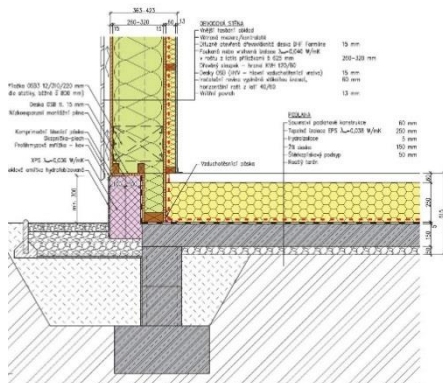
3.7 Rozdělení známých způsobů základových konstrukcí užívaných při výstavbě dřevostaveb

3.7.1 Základové pasy a deska

Je nejčastějším a nejrozšířenějším způsobem založení, kde je zatížení přenášeno do základové spáry přes pásové základy. Provádí se, buď přímo do výkopu, nebo do bednění. Horní část základu bývá zpravidla nadezděna tvarovkami a vyplněna betonem s výztuží (jak je zvykem u ztraceného bednění viz Obr. 8). Přes tyto pasy je uložena železobetonová deska, která je překryta hydroizolací a následně navrženou tepelnou izolací v potřebné tloušťce. Tloušťka tepelné izolace se navrhuje do 250 mm při použití polystyrenu pro splnění požadavků na prostup tepla U pro výstavbu pasivních domů (Hudec, 2013 str. 65).

I přes veliké rozšíření patří k nejnáročnějším a nejdražším typům založení, protože lehká konstrukce dřevostavby nevyužije parametry, které základové pasy nabízejí (Růžička, 2014 str. 143). Nejvhodnější je provádět tyto základy v prostředí s rovným terénem. Realizace základových pasů ve svažitém prostředí prodraží výstavbu vlivem většího množství šterku, nutného pro vyplnění prostoru mezi základovými pasy. Vzhledem k velké tloušťce izolace potřebné pro zajištění požadovaného součinitele prostupu tepla, není ideální umístění izolace, které se řeší až ve skladbě podlahy a může docházet k jejímu sesednutí vlivem zatížení.

Vlivem vodivosti materiálu základů je složité vyloučit tepelné mosty z paty objektu, které mohou zvyšovat spotřebu tepla o 10-15 %. Při použití materiálů s tepelnou vodivostí pod 0,2 W/m.K není nutné řešit oddělení tepelného mostu paty zdiva (Hazucha, 2014).



Obr 8 Základové pasy s deskou (Hazucha, 2016)



Obr 9 Základová deska na pasech (Elegohouse, 2016)

3.7.2 Základová deska ŽB se spodní izolací XPS, Pěnosklo

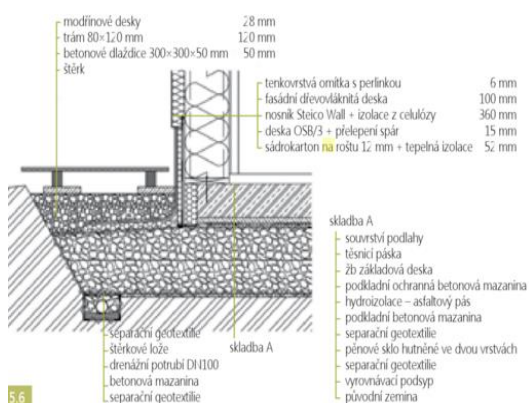
Založení do zámrazné hloubky může vzbuzovat nedůvěru, kvůli možnému podmrzáni v patě základové desky. Z tohoto důvodu je navrhována proti mrazová clona z XPS nebo pěnoskla v šířce 500mm od okraje soklové izolace. Tím dojde k bezpečnému posunu izotermy 1°C mimo hranu základové desky (Hazucha, 2014).

Tento způsob zakládání se provádí vybetonováním desky o tloušťce 200-300 mm s tepelnou izolací ze spodní strany desky, za použití extrudovaného polystyrenu nebo granulovaného pěnoskla na Obr. 11, které vyžadují odvodnění základové spáry, aby nedošlo k zaplavení izolace. Pěnosklo ani XPS nejsou vztlínavé ani nasákové, avšak nesmí být navrhovány do míst s vysokou hladinou podzemní vody (Hazucha, 2014). Použití těchto izolačních materiálu zabezpečuje dostatečnou únosnost, protože celá váha stavby leží právě na této izolaci. Podmínkou pro realizaci základové desky je dokonalá rovina. Z technických i ekonomických důvodů není vhodné provádět tento základ ve svažitém terénu. Na rozdíl od základových pasů odpadá řešení napojení pasu a desky na svislou konstrukci objektu. Vzniká tím dokonalý přechod mezi svislou konstrukcí stěn a vodorovnou izolací. Velkou výhodou pro obě

varianty je umístění tepelné izolace v konstrukci základu a tím i minimalizace další izolace v podlaze. Díky izolaci ze spodní strany desky vznikne souvislá tepelně izolační obálka a díky masivní ŽB desce vzniká velká akumulční hmota napomáhající udržení stabilní teploty (Hazucha, 2014).

Základová deska je uložena v zámrné hloubce, kde je nutné zajistit dokonalé odvodnění základové spáry systémem drenáže, aby nedocházelo k zadržování vody v podloží, protože by vlivem vlhkosti docházelo ke zhoršování vlastností použitých materiálů.

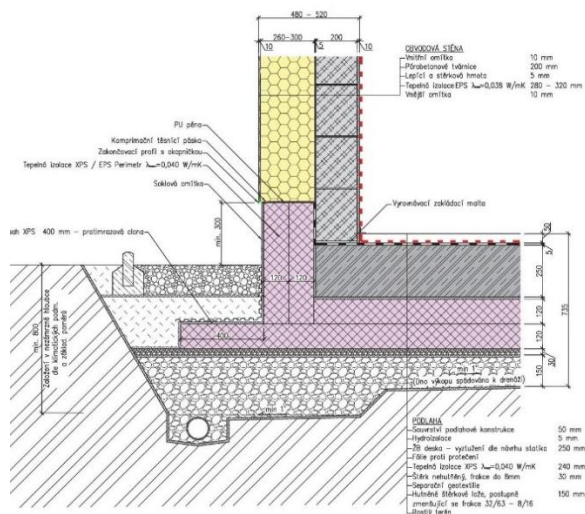
Při použití polystyrenu XPS se tloušťka volí v rozmezí 200-300 mm v případě granulátu z pěnoskla to je 500 mm. Postup realizace u obou variant je podobný. Po vyhloubení a vyspádování základové spáry je vložena geotextilie, na kterou je nasypána a zhutněna vrstva pěnoskla. Po vybetonování železobetonové desky je realizována hydroizolace. Ani tato varianta, vzhledem k použití ŽB desky, nespadá mezi nejekologičtější varianty. Nevýhodou je také vlivem pracnosti a použití pěnoskla vyšší pořizovací cena, která je však kompenzována úsporou materiálu užitého nad deskou (Hudec, 2013 str. 67).



Obr 10 Základová deska- podsyp z pěnoskla (Hudec, 2013 str. 67)



Obr 11 Základová deska podsyp z pěnoskla 2 (A-Glass, 2016)



Obr 12 Základová deska na XPS (Hazucha, 2016)



Obr 13 Základová deska na XPS (Pazderský, 2016)

3.7.3 Základové patky

Patky jsou vhodnější pro založení u lehčích typů dřevostaveb díky své nižší hmotnosti i cenové dostupnosti. Je mnohem jednodušší samotné odstranění po vypršení životnosti, než je tomu u základových pasů.

Tento způsob zakládání se navrhuje dle rozměru dřevostavby s patkami ve vzdálenosti 2-3 metry. Nosnou plochu mezi jednotlivými patkami je dřevěný nosník, který vytvoří po obvodu konstrukce základů masivní věnec a díky tomuto provedení vzniká prostor, provětrávaná mezera pod podlahou. Výhodu tento způsob přináší pro montáž rozvodů vody a kanalizace, avšak musí být zajištěno dostatečné odizolování. Nevýhodou realizace tohoto způsobu založení je složitější technické vybavení pro výkop patek. Naopak díky snížení hmotnosti a množství použitého materiálu, jsou základové patky mnohem šetrnější k životnímu prostředí (Hudec, 2013 stránky 65-67). Základové patky spadají do skupiny bodových základů a uplatnění nachází v lokalitách s málo únosnou zeminou nebo v hůře přístupném terénu. V praxi lze kombinovat základové patky s liniovými základy, tedy základovými stěnami. Tato volba se odvíjí od konkrétního příkladu (Růžička, 2014 str. 145).



5.7

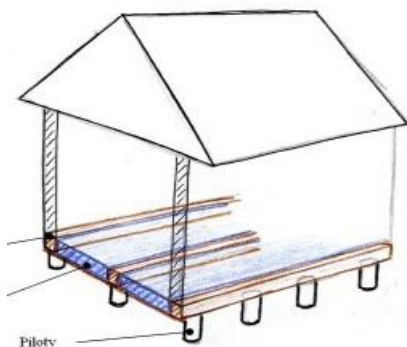
Obr 14 Základová patka (Hudec, 2013 str. 67)



Obr 15 Základová patka 2 (Brotánek, 2016)

3.7.4 Piloty a mikropiloty

Piloty a mikropiloty jsou velice podobným způsobem zakládání, jako jsou patky. Tento typ založení se používá v místech, kde nelze využít jiných typů základů a zároveň v místech s nízkou únosností zeminy. Pro lehké stavby lze využít ještě lehčí varianty, kterou jsou mikropiloty s průměrem do 200 mm. Piloty volíme v případě, kde potřebujeme přenášet současně tlakové i tahové zatížení. Zakládání na pilotách přináší úsporu času díky mechanizaci výkopů. Samotný proces výstavby spočívá ve vyvrtání díry pomocí vrtné soupravy potřebného průměru a hloubky s následným vybetonováním. Nadzemní část je s vložením výztuže dobetonována do potřebné výšky dle sklonu terénu (Hudec, 2013 str. 69).



Obr 16 Založení na pilotách (domy, 2016)



Obr 17 Založení na pilotách (Brotánek, 2016)

3.7.5 Zemní vruty

Z principu velice podobná varianta jako u předchozích dvou způsobů, kde základ tvoří rastr zemních vrutů na základě statického výpočtu. Zemní vruty jsou vhodné pouze pro lehké konstrukce dřevostaveb. V případě malých vrutů může sloužit pro zakládání pergol. Z hlediska ekologického vzniká nejméně CO₂. Výstavba má i ekonomické výhody a hlavní předností je maximální úspora času. Minimální rozteč vrutů by měla činit 1,5m z důvodu pohybu obslužného zařízení. Vzhledem k velikosti základových prvků je návrh prováděn na konkrétní stavbu a do budoucna nelze ve větším měřítku měnit dispozici objektu. Udávaná životnost je 150 let (Hudec, 2013 str. 69).



Obr 18 Založení na vrutech (Krinner, 2016)



Obr 19 Založení na vrutech (Krinner, 2016)



Obr 20 Zemní vrut (Krinner, 2016)

3.7.6 Crawl space založení

Nejnovějším typem základové konstrukce pro založení dřevostaveb je základ s provětrávanou mezerou, který se svým konceptem hodí mnohem lépe ke konstrukci dřevostavby než železobetonová deska. Pro vytvoření volného prostoru pod stavbou lze využít všech výše zmíněných bodových základů typu (patek, pilot a vrutů) a vytvořit optimální základ pro konkrétní podmínky. Vytvořením provětrávané mezery „Crawl Space“ je zabezpečena dostatečná mezera nad terénem, která zabraňuje přenosu vlhkosti i radonového záření najednou. Tato odvětrávací mezera přináší další výhody. Jednou z nich je pohodlný přístup ke konstrukci pro

případné opravy a kontroly objektu, ale tomu již napovídá anglické označení crawl Space, doslovně průlezný prostor (Růžička, 2014 str. 145). Minimální výška tohoto prostoru, aby splňoval podmínky průleznosti je 600 mm, avšak pro opravy je vhodnější výška 900mm .(15)

Tento způsob zakládání je ve světě velmi rozšířený, ale v českém prostředí stále nenašel velké zastoupení. Stále panuje nedůvěra v nové postupy.

I jako bodové zakládání přináší crawl space nejednu výhodu. Nejen že z větší části eliminuje výkopové a betonářské práce, ale především šetří čas a nezatěžuje životní prostředí. Odpadá použití hydroizolace a zároveň je vyřešena i ochrana proti radonu vzduchovou mezerou. Před vlhkostí i tlakovou vodou je budoucí objekt dostatečně ochráněn, i v případě menších lokálních záplav. Již zmíněná výhoda založení na vzduchové mezeře z pohledu architektonického může zároveň pro spoustu klientů působit opačně a stane se nevýhodou. Přeci jen díky odvětrávané mezeře dojde ke zvýšení úrovně podlahy a pro konstrukci s charakterem obvodové stěny je navíc nutné uvažovat o návrhu určité tloušťky tepelné izolace. Těmito aspekty se výška přízemí oproti běžnému způsobu založení zvýší, avšak tento omezující faktor lze eliminovat umístěním objektu do svažitého terénu a zároveň podpoříme efekt odvětrání i přirozeného odvodu povrchové vody.

Univerzálnost tohoto systému může působit jisté potíže pro stanovení vzorového modelu. Tím pádem nelze stanovit ani přesnou cenu, která se bude vždy odvíjet od konkrétní stavby na základě typu podloží. Univerzální varianta by musela splňovat všeobecné požadavky, a tím by byla eliminována efektivnost zakládání crawl space.

Aby byl návrh základu realizovatelný, musí vycházet z konkrétní stavby a lokality. To vyžaduje nemalé zkušenosti z praxe a individuální přístup. Abychom dosáhli žádaného efektu, umožňujeme v maximální možné míře interakci s přírodou. Jedině tak lze využít maximum z vlastností, které zakládání crawl space přináší. Největší uplatnění najdeme při zakládání ve svažitém terénu.

Z ekonomického hlediska není pravidlem, že zakládání crawl space je vždy nejvýhodnější variantou ze známých způsobů. Lze však říct, že při správném posouzení může být cenově výhodnější. Naopak pokud dojde k založení v nesprávném místě, může se celá část spodní stavby prodražit.

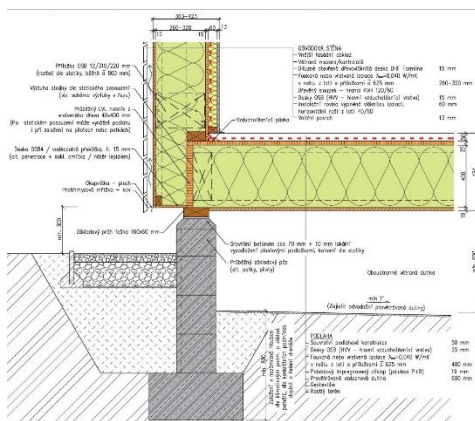
Pro bezproblémové užívání je nutné dodržet základní podmínky. Hlavní z nich je dodržení dostatečného odvětrávání mezery a současně s tím i odvod veškeré vlhkosti ze spodní konstrukce stavby. Pokud bychom tyto zásady nedodržely, mohlo by docházet ke kondenzaci vodních par a narušení konstrukce dřevostavby. V tomto ohledu řešíme tři typy nežádoucí vlhkosti (vlhkost vzdušná, vlhkost vzlínající a vlhkost uvolňovaná z konstrukce zejména u difuzně otevřených konstrukcí). Nejjednodušší prevencí proti obávané vlhkosti z podloží je PVC folie umístěná přímo na terén. Provětrávání je natolik důležité, že pokud nedokážeme zajistit přirozený pohyb vzduchu, je možné zefektivnit větrání u rozlehlých objektů průduchy s přirozenou cirkulací vzduchu díky komínovému efektu nebo osazení ventilátorem. Jedná se ovšem o poměrně složitý návrh a měl by být navržen odborníky.

V případě nedodržení těchto zásad může dojít ke vniknutí vlhkosti do konstrukce a následné degradaci, popř. omezení, životnosti stavby (Růžička, 2014).

V některých případech již realizovaných staveb na Crawl Space byly pozorovány vznikající závady, typu plísní a hub, vlivem zvýšené vlhkosti v letních měsících, která kondenzuje na spodní části konstrukce nad průlezným prostorem. Vzniklé podmínky v této části konstrukce bohužel nepříznivě ovlivňují míru vlhkosti. Tím, že není plocha pod stavbou osluněna a je většinou členitá, je nutné dbát na dodržení uvedených zásad.

Zefektivnit takové větrání může umístění otvorů v různých směrech ve stropní části průlezného prostoru, které jsou poblíž rohů konstrukce. (Šála, 2013).

Velké rozšíření základů typu crawl space v severských zemích a rostoucí požadavky na spotřebu tepla definovanou součinitelem prostupu tepla U, která je v současné době na hodnotě 0,2(W/m².K) odpovídají 200mm tepelné izolace v konstrukci podlahy. Nižší úniky tepla vedou k ochlazení průlezného prostoru a zvyšování vlhkosti. Pouhé provětrávání vzduchem přestává být dostatečné a to vede k hledání nových způsobů jak řešit vlhkost v místě provětrávané mezery, která má za příčinu vznik plísní. Provedená studie se zabývala snížením vlhkosti vytápěním daného prostoru v kombinaci s použitím určitého druhu povrchové vrstvy terénu. Byl posuzován rozdíl mezi keramzitem, klasickým štěrskem a PVC folií. Řízený ohřev byl prováděn topným tělesem o výkonu 2,5-10W/m² s čidlem na udržení relativní vlhkosti mezi 70 a 80%. V této studii bylo prokázáno, že vrstva keramzitu úspěšně zabraňuje tvorbě plísní a to i bez vytápění a v případě kombinace s vytápěním byly hodnoty relativní vlhkosti ještě nižší. S roční spotřebou 1,4-3,6 kWh/m², která je v porovnání se způsobenými škodami vzniklými vlhkostí v konstrukci řešení, by mohla tato metoda pomoci řadě problematickým stavbám postaveným bez těchto znalostí (Matilainen, 2003).



Obr 21 crawl space (Hazucha, 2016)



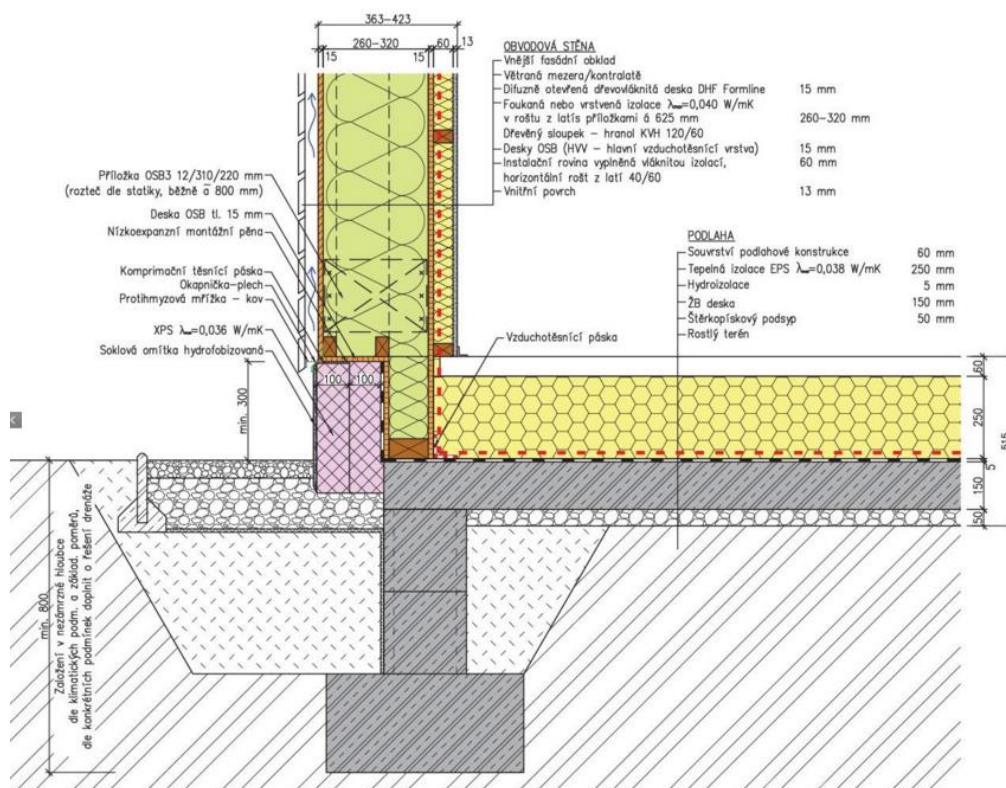
Obr 22 Crawl Space (PB24, 2016)

3.8 Výkresová dokumentace detailů základového soklu pro dané typy plošných základových konstrukcí

Na níže uvedených výkresech je zakresleno základní schéma konstrukce základu s podlahou a napojení na svislou obvodovou konstrukci, které jsou součástí návrhu typu základové konstrukce.

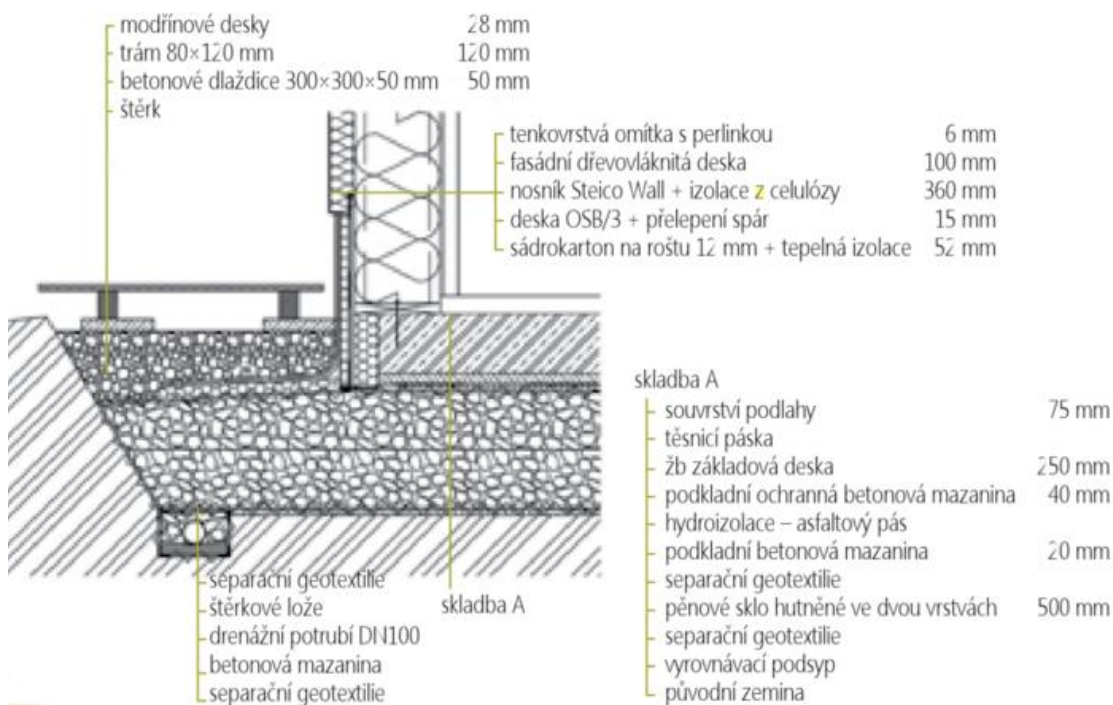
Navržené dimenze jednotlivých částí se odvíjí od konkrétního druhu stavby, který má určité nároky na provedení. Dle již uvedených informací ovlivňuje návrh tíha objektu působící na základ, a také energetická náročnost. Nelze ani zvolit stejnou skladbu podlahy na různé varianty základů. Při návrhu se vychází z norem, určených pro výstavbu dřevostaveb. Norma zabývající se požadavky pro tepelnou ochranu budov nese označení ČSN 730540-2, která určuje např. součinitele prostupu tepla, a tím ovlivňuje tloušťku navržených izolací v jednotlivých skladbách.

3.8.1 Výkres základového pasu s ŽB deskou



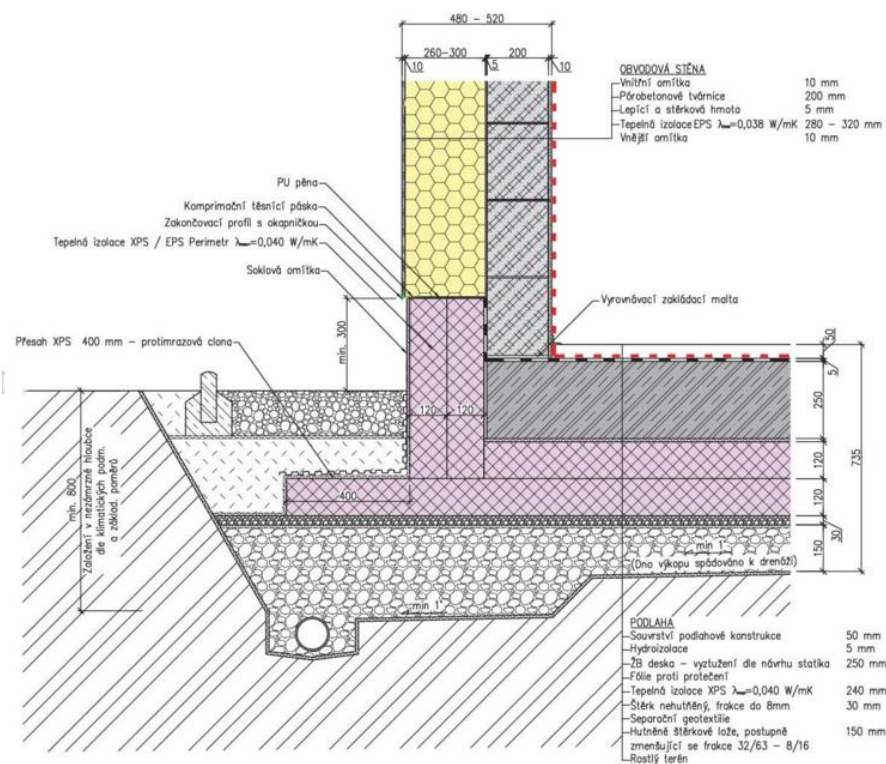
Obr 23 založení na základových pasech s izolací nad ŽB deskou (Hazucha, 2016)

3.8.2 Základová deska na podsypu z pěnoskla



Obr 24 založení na izolované základové desce pěnosklem (Hudec, 2013 str. 67)

3.8.3 Základová deska na vrstvě XPS



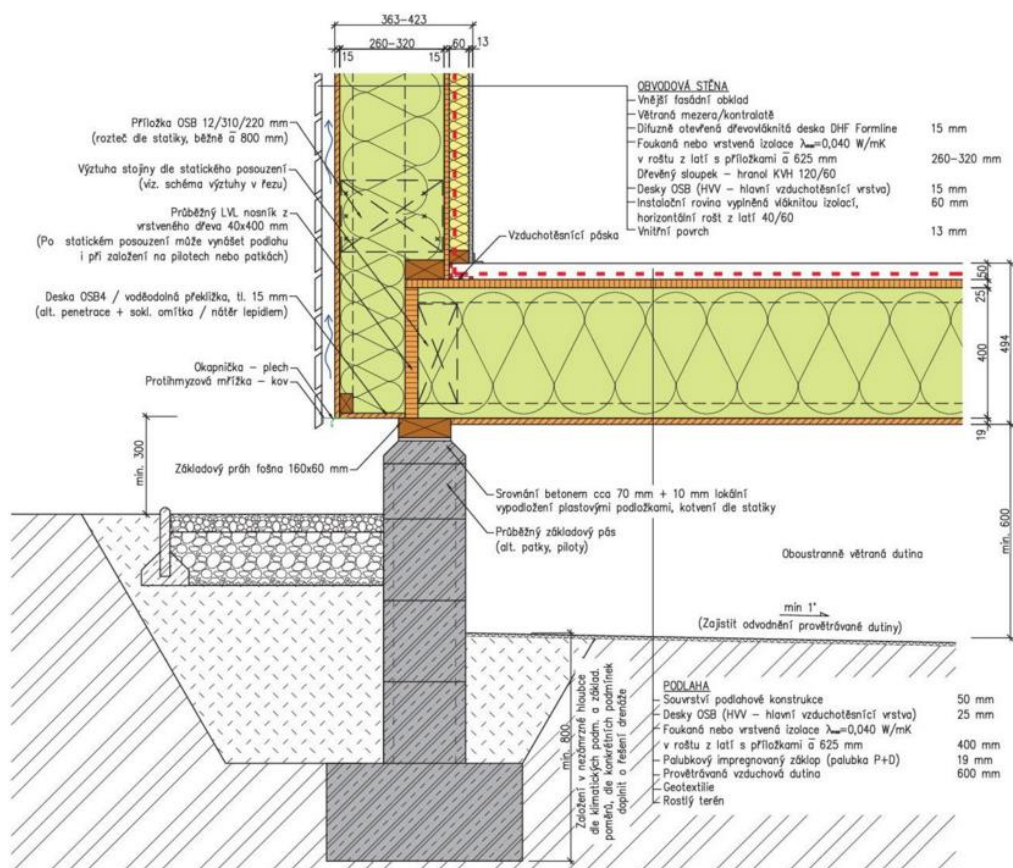
Obr 25 založení na izolované ŽB desce na XPS (Hazucha, 2016)

3.8.4 Základová patka



Obr 26 založení na základových patkách (Zdroj: (Hudec, 2013 str. 67)

3.8.5 Základ typu Crawl space



Obr 27 založení nad terénem s provětrávanou mezerou-crawl space (Hazucha, 2016)

3.9 Analýza tepelné techniky včetně diagnostiky reálných staveb termokamerou

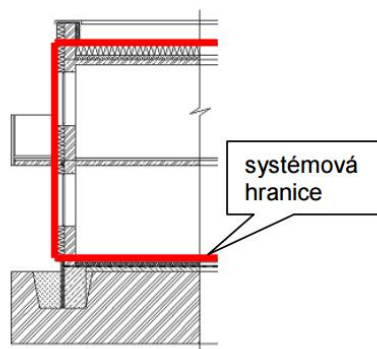
3.9.1 Teplená technika

Současným trendem ve stavebnictví je bezesporu maximální úspora energií a s tím je spojena výstavba objektů v nízkoenergetickém nebo pasivním standardu. S čímž se pojí problematika tepelných mostů. Celková kvalita vlastností objektu, vychází z kvality zpracování detailů, které musí odpovídat požadavkům (Šubrt, 2011).

Tepelné ztráty budovy jsou definovány množstvím tepla odvedeného za časovou jednotku z vytápěné části objektu do vnějšího prostředí.

Ztráty tepla se z hlediska energetické bilance dělí do několika skupin. Rozlišujeme ztrátu prostupem a ztrátu větráním. Tato práce se zabývá ztrátami prostupem, které jsou definovány jako prostup tepla obvodovými konstrukcemi nebo přes konstrukce přiléhající k zemině.

Pokud se jedná o prostup tepla konstrukcemi z vytápěné místnosti, jedná se o přímý prostup tepla a pokud je prostup přes nevytápěný prostor, jde o prostup tepla nepřímý. Složitějším způsobem je prostup tepla přes zeminu, která přiléhá k budově, což je případ základové konstrukce přímo na terénu nebo průlezný prostor. Vytápěný prostor, ze kterého by mohlo docházet k únikům tepla, je ohraničen tzv. systémovou hranicí znázorněné na Obr



28. Jedná se o prostor, který je chráněn před úniky tepla izolací. Tyto systémové hranice mohou být dále děleny do více zón dle požadovaného stavu vnitřního prostředí (Tywoniak, 2008 stránky 19-20).

Obr 28 Systémová hranice (Novák, 2016 str. 6)

Místo v konstrukci, kde dochází k tepelným ztrátám, je nazýváno tepleným mostem. V tomto místě dochází k vícerozměrnému vedení tepla.

Pro přesnost se dělí na tepelné vazby a tepelné mosty v konstrukci. Vazbami je myšlen styk dvou různých konstrukcí a mosty v konstrukci jsou nahodilé (technologické nedostatky) nebo systematické (konstrukční prvky). Pro výpočet a určení takového místa se vyhotoví 2D detail konstrukce, avšak je nutné počítat s tím, že k šíření tepla dochází trojrozměrně (Šubrt, 2011 str. 16).

Systematické tepelné mosty mají bodový (kovová kotva obkladu) nebo lineární charakter (dřevěná lať ve vrstvě izolace).

$$U=Q/(A \cdot \Delta \Phi)$$

Pokud by byly systematické tepelné mosty zanedbány, vznikaly by chybné hodnoty součinitele prostupu tepla. Tepelnou ztrátu s lineárními mosty určujeme výpočtem dvourozměrného teplotního pole, ze které lze odvodit součinitel prostupu tepla.

$$U=Q^{2D}/(A \cdot \Delta \Phi)$$

Pro výpočet nemusí být zadávány rozměry celé konstrukce, postačí charakteristický výsek v řezu kolmém na směr tepelného toku.

Veškeré materiály zabudované v konstrukci jsou charakterizovány součinitelem tepelné vodivosti, které soustava evropských norem rozděluje na hodnoty deklarované a návrhové. Deklarovaná hodnota je očekávaná hodnota součinitele tepelné vodivosti zjištěná měřením za referenčních podmínek teploty a vlhkosti odpovídající životnosti za normálních podmínek bez zohlednění podmínek kde bude materiál zabudován a nelze je tedy použít pro výpočet součinitele prostupu tepla.

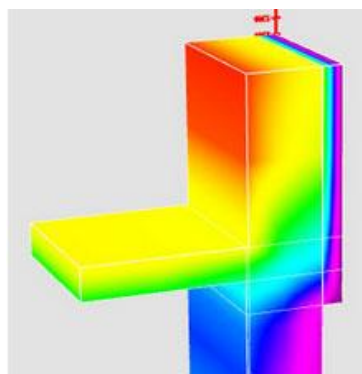
Návrhovou hodnotou se rozumí hodnota součinitele tepelné vodivosti, která je považována za charakteristickou pro chování daného materiálu po zabudování při určitých podmínkách (vnitřní, vnější). Tyto hodnoty jsou uvedeny v ČSN 730540-3:2004 Tepelná ochrana budov : Výpočtové hodnoty veličin pro navrhování a ověřování a ČSN ISO10456:2001 Stavební materiály a výrobky: Postupy stanovení deklarovaných a návrhových tepelných hodnot, která dle autora vede k věrohodnějším výsledkům.

Tepelné vazby vznikající u napojení obvodové stěny a podlahy na terénu patří mezi nejproblematictější. Tepelné vazby jsou styky několika konstrukcí, kde dochází k deformaci teplotního pole a zvýšení hustoty tepelného toku. Hlavní příčinou tepelných vazeb je změna geometrie (roh stěny) nebo změna konstrukčního a materiálového řešení (přerušení izolačních vrstev). Tyto příčiny se projevují zvýšenou ztrátou tepla a snížením teploty na vnitřním povrchu tepelné vazby, které vedou ke kondenzaci páry a následné tvorbě plísní (Novák, 2011).

3.9.2 Výpočet prostupu tepla pomocí výpočetní techniky

Tepelné ztráty do vnějšího prostředí u nepodsklepených objektů s podlahou na zemině nebo zvýšenou podlahou jsou řešeny dle normy ČSN EN ISO 13370 a systémová hranice je stanovena jako rovina vnitřního povrchu podlahy v přízemí (Novák, 2011).

Pro výpočet a posouzení konstrukcí se zvýšeným rizikem prostupu tepla využíváme v dnešní době výpočetní techniku. Pro urychlení a zjednodušení celého procesu určení míst, kde se utváří tepelné mosty, je možné využít software typu Knauf KI Real nebo známý program Svoboda software. Program Knauf KI Real nabízí široké možnosti posouzení skladeb i 3D detailů jako na Obr 29. Lze zadat parametry jednotlivých detailů celého objektu, od střechy, přes obvodové stěny, až po základy. Díky velice jednoduchému ovládání a zadávání vstupních parametrů dokáže program vypočítat hodnoty prostupu tepla, bilance vlhkosti i vnitřní povrchové teploty (Knauf, 2016).



Obr 29 Knauf KI-real, teplotní pole (KI-real, 2016)

Programy od Svoboda software má několik variant pro výpočet různých částí budovy a nabízí kompletní řešení pro stavební fyziku, od návrhu tlouštěk izolace, až po posouzení prostupu tepla (K-CAD, 2016).

3.9.3 Měření prostupu tepla termokamerou

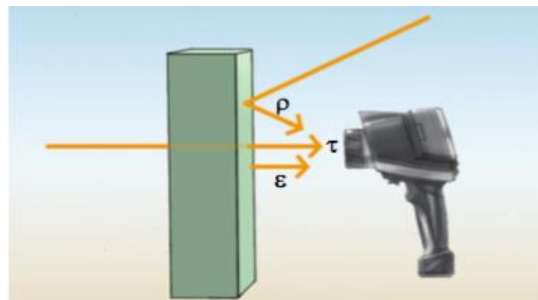
Termokamery pracují na principu záznamu intenzity elektromagnetického záření v infračervené části spektra a následně ho převádí na obraz, protože tato část spektra je pro lidské oko neviditelná. Jednotlivé barvy spektra zobrazují různé teploty. Infračervené záření se nachází mezi viditelnou a mikrovlnou částí spektra a jejím zdrojem je právě tepelné záření. Vstupující záření je přes elektroniku transformováno na radiometrický obraz, což následně umožňuje ze snímků odečítat teploty. Každý pixel na snímači představuje teplotní bod, který se zobrazuje na LCD display v konkrétní barvě.

Využití termokamer je velice široké. Pro použití ve stavebnictví jsou využívány jako neinvazivní metoda pro diagnostiku a monitorování budov a díky příslušenství zaznamenávají okolní parametry, kterými lze efektivně identifikovat problémy v konstrukci. Pomocí termografie lze bezpečně zjistit místa s nedostatečnou izolací.

Pro správné určení výsledků, je nutné znát problematiku měření termokamerou. Záření, které přijímá kamera ke zpracování, je složeno ze tří složek znázorněných na obr 31. Z vyzářené, odražené a přenesené složky záření zaznamenané zorným polem kamery. Na základě Kirchhofova zákona je součet těchto veličin roven jedné ($\epsilon + \rho + \tau = 1$). Emisivita (ϵ) je měřítkem schopnosti materiálu pohlcovat/vyzařovat infračervené záření, které závisí na charakteru povrchu s ideální hodnotou 1 platící pro černé těleso. Průměrná hodnota u nekovových materiálů se pohybuje mezi $\epsilon=0,8-0,95$. Hodnota reflexe (ρ) je pro každý materiál odlišná a udává schopnost odrazu záření od tělesa. Tato hodnota se odvíjí od teploty prostředí, a je nutné tuto hodnotu nastavit v termokameře, aby nedošlo k chybám při měření. Poslední složkou je přenos (τ), který je měřítkem schopnosti materiálu propouštět infračervené záření a odvíjí se od tloušťky materiálu. V praxi tuto hodnotu zanedbáváme (Flir, 2016) (Testo, 2015).



Obr 31 Termokamera Testo 876 -1i (Testo, 2016)



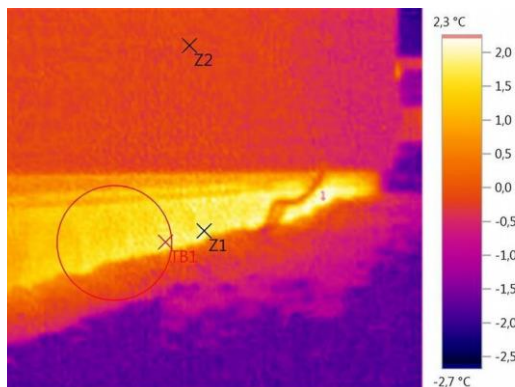
Obr 30 Emise, reflexe, transmise (Testo, 2016)

3.9.4 Měření- RD Hřebč, nezateplený sokl

Měření nezatepleného soklu obr 32 typového rodinného domu Futura v Hřebčici bylo provedeno termokamerou Testo 875-2i (Obr.30) za teploty 2,21°C při 80 % vlhkosti v 7:30 ráno. Sokl objektu byl změřen na několika místech. Z vypracovaného protokolu je zřejmé, že vyzařovaná teplota z nezateplené části objektu je podobná.



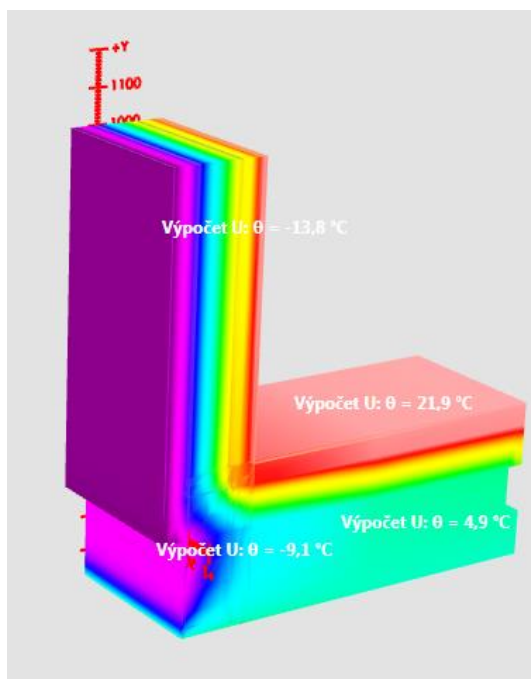
Obr 32 Snímek nezatepleného soklu



Obr 33 Snímek nezatepleného soklu- teplotní rozdíly

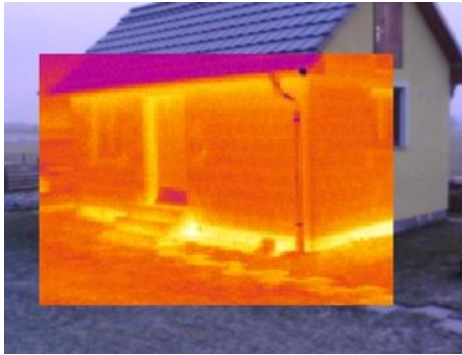
Měření termokamerou prokázalo, že v místech nezatepleného soklu bod Z1(2°C) na obrázku 33 je zvýšená teplota oproti fasádě Z2(-0,2°C). Jak vyplývá z protokolu o měření zpracovaném v softwaru Testo IRSoft je rozdíl teplot 1,8 °C. Tento výsledek může znamenat jistým způsobem únik tepla z vytápěného prostoru. Pokud však nahlédneme do výkresové dokumentace základové konstrukce v příloze B je zřejmé, že úroveň podlahy je až nad nezatepleným soklem a tím pádem zvýšená teplota

konstrukce spodní stavby nemusí být zákonitě způsobena únikem tepla přes systémovou hranici objektu. Z tohoto důvodu byl vytvořen model v programu Knauf KI-real, který po zadání parametrů konstrukce a podnebních podmínek dle normy ČSN 730540-2 pro vnitřní a vnější podmínky vypočítal a zobrazil teplotní pole. Tyto údaje jsou zobrazeny v obrázku 34 a

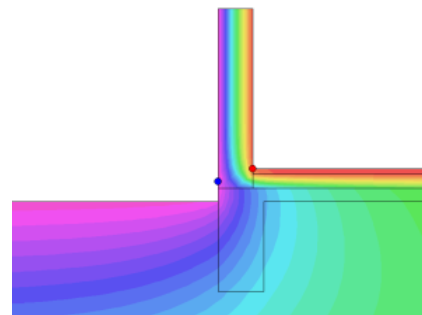


vypovídají o tom, že nedochází k prostupu tepla ve směru z interiéru do exteriéru, ale teplota v prostoru soklu je z části ovlivňována zeminou pod objektem. Při měření termokamerou je vždy nutné prověřit vlastnosti konstrukce a nespoléhat se pouze na snímek, který může být zavádějící díky zobrazeným teplotám. Dle slov majitele objektu nejsou pociťovány žádné tepelné ztráty. Naopak je vlastník velice spokojen s tepelnou bilancí a objekt je vytápěn pouze krbovou vložkou a jen v mrazivých dnech. Izolace soklu nebyla realizována z důvodu vysoké pořizovací ceny.

Tuto domněnku víceméně potvrzuje článek od Ing. Heinricha. Hovoří o pohledu na nezateplený sokl, jako na místo, které se automaticky stává místem vzniku tepelného mostu. Této praxi napomáhají právě snímky z termokamer, které jsou hlavně laikům vysvětlovány jako tepelné mosty, ale ne vždy je tomu tak. Tyto snímky působí přesvědčivě o tom, že je nutné sokl zateplít, avšak skutečnost je jiná.



Obr 35 Nevytápěný zahradní dům (Heinrich, 2016)



Obr 36 Průběh teplot (Heinrich, 2016)

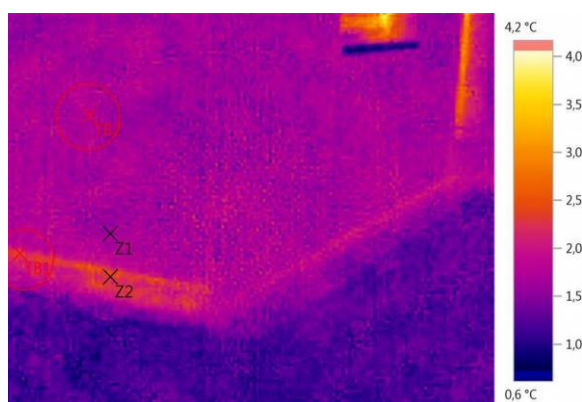
Vhodným případem pro porovnání, je snímek z termokamery Obr. 35. nezatepleného zahradního domu. Tento domek vykazuje znatelný rozdíl teplot mezi fasádou a „svítícím“ soklem objektu. Po porovnání s 2D simulací je patrné, že povrchové teploty jsou mnohem nižší a sokl by tolik „svítit“ neměl. Závěrem tohoto porovnání je fakt, že v případě hodnocení teplotního faktoru vnitřního koutu, nelze brát průběhy teploty v místě soklu za průkazné. (Heinrich, 2016)

3.9.5 Měření RD Škvorec- zateplený sokl

Měření zatepleného soklu rodinného pasivního domu Futura ve Škvorci na Obr.38 bylo provedeno termokamerou Testo 875-2i za teploty 4°C při 78% vlhkosti v 7:20 ráno. Měření bylo pro kontrolu provedeno na více místech a výsledky měření se téměř shodují.

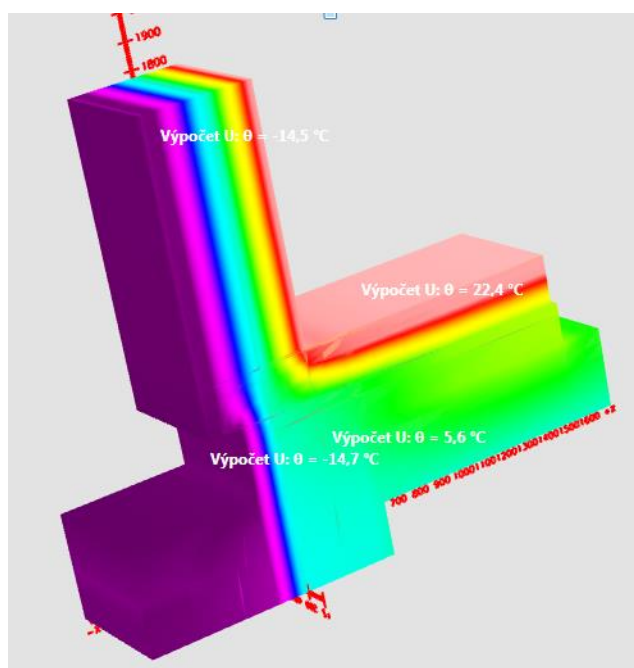


Obr 38 Snímek zatepleného soklu



Obr 37 Snímek termokamerou zatepleného soklu

Zateplení soklu je zřejmé na první pohled, kdy objekt téměř splývá s okolím a vykazuje minimální teplotní rozdíly. Ze snímku měření na Obr. 37 zpracovaném v softwaru Testo IRSoft víme, že v bodě Z2 v místě soklu je naměřená teplota 2,4°C a v bodě Z1 na fasádě je teplota 1,6°C. Rozdíl je pouhých 0,8°C. Kontrolní model na obr. 38 z programu Knauf KI-real po zadání parametrů konstrukce a podnebních podmínek dle normy ČSN 730540-2 zobrazuje teplotní pole. Vzhledem k volbě základové konstrukce, která je izolovaná pod podlahou vrstvou šterku z pěnoskla v tloušťce 300mm a z vnější strany soklu XPS v tloušťce 120mm vykazuje zateplený sokl lepší ochranu proti únikům tepla.



Obr 39 Zateplený sokl Škvorec- teplotní pole

Při srovnání zatepleného a nezatepleného soklu, které byly měřeny za stejných podmínek a se stejným nastavením termokamery jsou dle snímků jasně viditelné rozdíly tepleného toku do konstrukce podlahy. Rozdíl povrchové teploty v místě soklu mezi zatepleným a nezatepleným soklem činí 2,6°C. I když termokamera i 3D model na obr. 39 zobrazují určité teplotní rozdíly, jsou oba typy konstrukce dostatečně funkční, což

dokazuje povrchová teplota ve styku podlahy se svislou obvodovou konstrukcí a nemůže docházet ke kondenzaci. Není nutné navyšovat tloušťku izolace v podlaze, která by již nepřinesla zásadní změny, ale navýšila by náklady na výstavbu.

Zateplení soklu nemusí být ve všech případech rentabilní, protože vysoká cena XPS prodlouží návratnost investice na desítky let.

Přesnou částku za úsporu energie udává Ing.Heinrich. Energie tepelného toku přes nezateplený sokl je 11,26kWh a pro zateplený sokl je hodnota tepelného toku 2,719 kWh což je 3x méně! Teoretické náklady na vytápění 100m² podlahy objektu s nezatepleným soklem činí 549 Kč/rok a pro objekt se zatepleným soklem činí částka 132 Kč/rok. Z toho vyplývá, že rozdíl je pouze 417Kč/rok. Při ceně XPS 3500 Kč/m³ je návratnost investice na zateplení soklu 27 let. Pozitivním přínosem zatepleného soklu je menší tloušťka izolace ve skladbě podlahy (Heinrich, 2016).

3.10 Analýza ekonomických ukazatelů jednotlivých řešení

Pro analýzu ekonomického posouzení byly navrženy tři modelové typy základových konstrukcí (základové pasy, zemní vruty, základové ŽB deska na pěnoskle), které byly zároveň pro porovnání vyhotoveny v dalších třech variantách dle typu základového podloží (rovný terén, svažité terén, neúnosná zemina)Typ zeminy na rovném terénu jsou běžné základové hlinitopísčité půdy a neúnosná zemina je definována jako písčité. Ve všech případech je hladina podzemní vody(HPV) níže než 2m pod upraveným terénem z čehož vyplývá úroveň základové spáry minimálně 800mm pod úrovní terénu. (Skulinova).

Byly zvoleny takové typy konstrukcí, které mají pozitivní i negativní dopad na ekonomickou stránku realizace a zároveň jsou vhodné pro zakládání dřevostaveb v různorodém prostředí.

Všechny typy základů vychází ze stejného půdorysu menšího jednogeneračního rodinného domu 5+kk s užitnou plochou 141m² o rozměrech 10x8,5m. Pro porovnání nákladů na výstavbu jednotlivých typů základů a jejich variant, byl použit rozpočtový software CSP 4.1 (Ceník

stavebních prací) od firmy Verlag Dashofer. Tento program je určený pro oceňování stavebních prací a tvorbu rozpočtů. Ceny použitých materiálů jsou dle aktuálních ceníků výrobců daných materiálů 2016. Do jednotlivých kalkulací jsou zahrnuty hlavní materiály a stavební práce ovlivňující výslednou cenu základů, které jsou vypočítány na základě výkresové dokumentace. V příloze jsou uvedeny výkresy jednotlivých variant základových konstrukcí.

3.10.1 Základové pasy se ŽB deskou

Prvním typem základové konstrukce je klasický způsob založení na základových pasech. Tento druh základů je z hlediska udržitelného rozvoje ten nejméně vhodný, avšak na našem území stále velice rozšířený. Cenové rozdíly mezi jednotlivými variantami podloží ovlivňuje rozsah výkopových prací, plocha izolace soklového obkladu a hlavně množství použitého betonu do základových pasů. Nezanedbatelnou položkou je i částka za štěrkový zásyp. Nejdražší varianta je založení ve svažitém terénu dle tabulky č.3, činí 168444 Kč a je dražší oproti založení na rovném terénu o 29 704 Kč. Náklady na jednotlivé konstrukční varianty jsou zatnamenány v tabulkách 2,3,4.

Tabulka 2 Náklady na základové pasy- založení na rovném terénu

materiál /práce	množství [m3/ks]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
výkopy plošné hornina 2 do 100m3	6,66	92	613
výkopy rýha hornina 2 do 100m3	5,92	198	1172
štěrk drcený 8-16	17	732	12444
beton-základy C20/25	16,28	2127	34628
výztuž-karisíť 6x150x100 2x3m	15	432	6480
soklový obklad 150mm	3,33	2228,8	7422
betonová mazanina C20/25	4,25	2127	9040
beton- deska C20/25	12,75	2127	27119
izolace EPS 250 mm-podlaha	21,25	1314	27923
IPA hydroizolace- m2	85	140	11900
SUMA			138740

Tabulka 3 Náklady na základové pasy –založení ve svažitém terénu

materál /práce	množství [m3/ks]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
výkopy plošné hornina 2 do 100m3	6,66	92	613
výkopy rýha hornina 2 do 100m3	10,56	198	2091
štěrk drcený 8-16	44,2	732	32354
beton-základy C20/25	19,08	2127	40583
výztuž-karisíř 6x150x100 2x3m	15	432	6480
soklový obklad 150mm	4,64	2228,8	10342
betonová mazanina C20/25	4,25	2127	9040
beton- deska C20/25	12,75	2127	27119
izolace EPS 250 mm-podlaha	21,25	1314	27923
IPA hydroizolace- m2	85	140	11900
SUMA			168444

Tabulka 4 Náklady na základové pasy- založení v nesoudržné zemině

materál /práce	množství [m3/ks]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
výkopy plošné hornina 2 do 100m3	6,66	92	613
výkopy rýha hornina 2 do 100m3	14,8	198	2930
štěrk drcený 8-16	17	732	12444
beton-základy C20/25	23,68	2127	50367
výztuž-karisíř 6x150x100 2x3m	15	432	6480
soklový obklad 150mm	3,33	2228,8	7422
betonová mazanina C20/25	4,25	2127	9040
beton- deska C20/25	12,75	2127	27119
izolace EPS 250 mm-podlaha	21,25	1314	27923
IPA hydroizolace- m2	85	140	11900
SUMA			156238

3.10.2 Zemní vruty

Založení na zemních vrutech je nejnovějším způsobem zakládání a byl do výběru zahrnut z důvodu úspory času při výstavbě, kdy odpadají technologické přestávky, které jsou u ostatních variant v případě betonování a hlavně díky příznivému vlivu na životní prostředí. Druhým aspektem, který vyplývá z kalkulací v jednotlivých typech prostředí, je fakt, že se cena téměř neliší u žádného ze způsobů. Prvkem, který ovlivňuje cenu, jsou samotné zemní vruty. V případě založení v nesoudržné zemině, bylo zapotřebí užít delších vrutů a tím pádem dražších. V celkovém součtu se cena nijak výrazně neliší. Nezanedbatelnou položkou je i cena pronájmu vrtací soupravy, která je nutná pro zvolené zemní vruty. Pokud by se jednalo o menší stavbu a menší rozměr zemních vrutů, je možné provést zavrtání ručně. Mezi nejdražším a nejlevnějším způsobem je rozdíl zanedbatelných 2320 Kč. Náklady na jednotlivé konstrukce jsou uvedeny v tabulkách 5,6,7.

Tabulka 5 Náklady na zemní vruty- založení na rovném terénu

materál /práce	množství [m3/ks/m2/bm]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
vruty KSF M 76 × 1600-M16	16	3231	51696
dřevěné nosníky KVH 80x240mm	20	275	5500
dřevěné nosníky KVH 100x250mm	54	359	19386
minerální vata podlaha 240mm	85	123	10455
Podbití OSB 3 15mm	85	130	11050
Záklop OSB 18mm	85	160	13600
EPS izoalce podlaha 100mm	85	123	10455
půjčení vrtací soupravy	5000	1	5000
SUMA			127142

Tabulka 6 Náklady na zemní vruty- založení ve svažitém terénu

materál /práce	množství [m3/ks/m2/bm]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
vruty KSF M 76 × 2100-M16	8	3376	27008
vruty KSF M 76 × 1600-M16	8	3231	25848
dřevěné nosníky KVH 80x240mm	20	275	5500
dřevěné nosníky KVH 100x250mm	54	359	19386
minerální vata podlaha 240mm	85	123	10455
Podbití OSB 3 15mm	85	130	11050
Záklop OSB 18mm	85	160	13600
EPS izoalce podlaha 100mm	85	123	10455
půjčení vrtací soupravy	5000	1	5000
SUMA			128302

Tabulka 7 Náklady na zemní vruty- založení v nesoudržné zemině

materál /práce	množství [m3/ks/m2/bm]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
vruty KSF M 76 × 2100-M16	16	3376	54016
dřevěné nosníky KVH 80x240mm	20	275	5500
dřevěné nosníky KVH 100x250mm	54	359	19386
minerální vata podlaha 240mm	85	123	10455
Podbití OSB 3 15mm	85	130	11050
Záklop OSB 18mm	85	160	13600
EPS izoalce podlaha 100mm	85	123	10455
půjčení vrtací soupravy	5000	1	5000
SUMA			129462

3.10.3 Základová ŽB deska na podsypu z pěnoskla

Pro dosažení nejlepších izolačních vlastností se využívá pod základovou desku drcené pěnosklo. Díky svým vlastnostem utváří ideální podmínky pro zakládání nízkoenergetických domů. Samotný typ základů je vhodný do míst s nesoudržným podložím. Ve všech třech variantách se konstrukce ani množství použitého materiálu nezměnilo. Nejdražší variantou je založení ve svažitém terénu, protože bylo nutné přesunout velké množství zeminy. Cena založení na rovném terénu a neúnosné zemině je stejná a to 214158 Kč. Náklady na jednotlivé varianty skladby základů jsou uvedeny v tabulkách 8,9,10.

Tabulka 8 Náklady na založení ŽB desky na pěnoskle – založení na rovném terénu

materál /práce	množství [m3/ks]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
výkopy plošné hornina 2 do 100m3	98	92	9016
šterk drcený 8-16	13,87	732	10153
kročejova izolace Styroflor 40mm	85	42	3570
výztuž-karisíť 6x150x100 2x3m	15	432	6480
soklový obklad 150mm	1,38	2228,8	3076
beton- deska C20/25	21,25	2127	45199
drenážní potrubí	45	26	1170
Geotextilie	126	41	5166
IPA hydroizolace- m2	85	140	11900
kamenivo pěnosklo	65,25	1815	118429
SUMA			214158

Tabulka 9 Náklady na založení ŽB desky na pěnoskle- založení ve svažitém terénu

materál /práce	množství [m3/ks]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
výkopy plošné hornina 2 nad 100m3	144	92	13248
šterk drcený 8-16	13,87	732	10153
kročejova izolace Styroflor 40mm	85	42	3570
výztuž-karisíť 6x150x100 2x3m	15	432	6480
soklový obklad 150mm	1,38	2228,8	3076
beton- deska C20/25	21,25	2127	45199
drenážní potrubí	45	26	1170
Geotextilie	126	41	5166
IPA hydroizolace- m2	85	140	11900
kamenivo pěnosklo	65,25	1815	118429
SUMA			218390

Tabulka 10 Náklady na založení ŽB na pěnoskle- založení v nesoudržné zemině

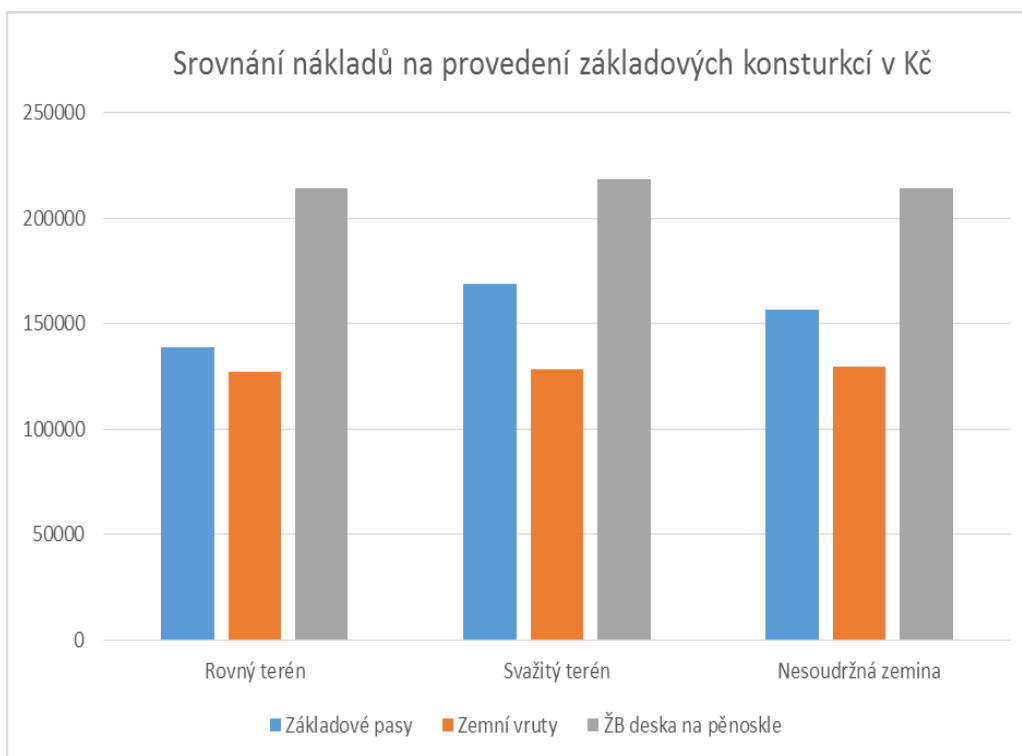
materál /práce	množství [m3/ks]	cena za jednotku [Kč]	cena celkem [Kč]
výkopy plošné hornina 2 do 100m3	98	92	9016
šterk drcený 8-16	13,87	732	10153
kročejova izolace Styroflor 40mm	85	42	3570
výztuž-karisíť 6x150x100 2x3m	15	432	6480
soklový obklad 150mm	1,38	2228,8	3076
beton- deska C20/25	21,25	2127	45199
drenážní potrubí	45	26	1170
Geotextilie	126	41	5166
IPA hydroizolace- m2	85	140	11900
kamenivo pěnosklo	65,25	1815	118429
SUMA			214158

Tabulka 11 Srovnání nákladů na provedení základových konstrukcí v Kč

	Rovný terén	Svažitý terén	Nesoudržná zemina	průměrná cena založení	%
Základové pasy	138740	168444	156238	154474	100
Zemní vruty	127142	128302	129462	128302	83
ŽB deska na pěnoskle	214158	218390	214158	215569	139

Závěrečné vyhodnocení ekonomického hlediska vychází z tabulky č.11. Nejdražším způsobem je založení ŽB desky na podsypu z pěnokla a to vzhledem k vysoké pořizovací ceně drceného pěnokla. Nejlevnějšímu způsobu založení je konstrukce na zemních vrutech. Volbou tohoto konstrukčního systému Rozdíl mezi těmito dvěma variantami činí 91248 Kč. Díky tomuto srovnání lze přibližně určit náklady na založení dřevostavby v konkrétních podmínkách. Nejvhodnější způsob založení musí být určen dle konkrétních podmínek. Doporučeným postupem před návrhem samotné konstrukce statikem je provedení geotechnologického průzkumu. Na základě zjištěných vlastností lze začít projektovat stavbu a konzultovat další postup navrhování s architektem. V případě, že nejsou dodrženy alespoň částečně tyto podmínky, může dojít ke značnému prodražení celé konstrukce.

Podrobný přehled je vyobrazen v grafu č.1. Na první pohled je zřejmé, že základové pasy jsou nejvíce ovlivněny místem, kde je základ prováděn.



Graf 1 Srovnání nákladů na provedení základových konstrukcí

3.11 Závěrečné vyhodnocení a doporučení včetně návrhu rozhodovacího klíče pro volbu optimálního řešení základové konstrukce pro dřevostavbu

Na základě informací získaných z literatury, vlastních měření a výpočtů, byl vypracován rozhodovací klíč na výběr ideální základové konstrukce v konkrétních podmínkách pro daný typ konstrukce dřevostavby.

Jednotlivé možnosti zohledňují ekonomické, ekologické a hlavně funkční hledisko. To bylo zohledněno hlavně z pohledu tepelně-izolačních vlastností, které ovlivňují výběr základové konstrukce pro energeticky úsporné objekty. Nejvhodnější způsob založení pro konkrétní variantu, lze vybrat z tabulky č. 12. Vhodné typy základových konstrukcí leží na průsečíku spojnic typu konstrukce a druhu podloží.

Tabulka 12 rozhodovací klíč pro výběr ideální základové konstrukce

		Druh podloží				
		rovinatý terén	svažitý terén	nesoudržná zemina	vysoká hladina podzemní vody	obtížně dostupný terén
Typ konstrukce	Lehká konstrukce (dřevěný rám)	pasy	pasy	pasy	pasy	pasy
		patky	patky	patky	patky	patky
		ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska
		zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty
		crawl space	crawl space	crawl space	crawl space	crawl space
	Středně těžká konstrukce (sendvičové panely)	pasy	pasy	pasy	pasy	pasy
		patky	patky	patky	patky	patky
		ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska
		zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty
		crawl space	crawl space	crawl space	crawl space	crawl space
	Těžký dřevěný skelet (dřevěné trámy)	pasy	pasy	pasy	pasy	pasy
		patky	patky	patky	patky	patky
		ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska
		zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty
		crawl space	crawl space	crawl space	crawl space	crawl space
	Těžká konstrukce (srub,roubenka)	pasy	pasy	pasy	pasy	pasy
		patky	patky	patky	patky	patky
		ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska	ŽB deska
		zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty	zemní vruty
		crawl space	crawl space	crawl space	crawl space	crawl space

Legenda: výběr základové konstrukce

Základové konstrukce vhodné k založení v daném místě	
Základové konstrukce nevhodné pro použití v daném místě	
Základové konstrukce, které jsou funkční, ale méně ekonomické	

V tabulce č. 12 jsou základové konstrukce rozděleny do tří kategorií. Zelená barva označuje základové konstrukce vhodné pro založení v daných podmínkách a splňuje jak ekonomické tak i funkční hledisko. Oranžová barva označuje základové konstrukce splňující funkčnost, ale ekonomické hledisko není v optimální hladině. Červeně označené základové konstrukce nejsou vhodné pro realizaci pro dané konstrukce a jejich realizace by byla neekonomická.

Z ekonomického hlediska jsou u lehkých a středně těžkých konstrukcí dřevostaveb preferovány lehké typy základových konstrukcí, protože by bylo neekonomické zakládat v takovém případě na předimenzovaných základových pasech. Pro těžké konstrukce dřevostaveb byly z hlediska zatížení upřednostněny masivní základové konstrukce.

Pro založení na rovinném terénu se nabízí větší množství základových konstrukcí pro všechny typy dřevostaveb. Výjimku tvoří základ s provětrávanou mezerou crawl space, který nejlépe funguje při založení ve svahu. Dalším vhodným způsobem založení ve svažitém terénu jsou zemní vruty a patky. Při zakládání na nesoudržné zemině je nejvhodnějším způsobem založení na ŽB desce s podsypem z pěnoskla. V případě zemních vrutů je sice nutné použít delší vruty, které dosáhnou do únosní zeminy, ale pořizovací není o tolik odlišná jako v případě základových pasů. Založení v místech s vysokou hladinou podzemní vody není všeobecně vhodné pro založení na základové desce, protože pěnosklo nesmí být trvale ponořeno do vody. Vhodným typem jsou základové patky, které jsou mnohem úspornější variantou, než základové pasy. Posledním typem je založení v těžce dostupném terénu. Těžké konstrukce dřevostaveb nelze v takovém prostředí realizovat, protože není vhodný způsob, který by tuto variantu umožňoval. V případě lehkých konstrukcí postačuje bez užití mechanizace zavrtat zemní vruty a pokračovat dále ve výstavbě.

4. Závěr

V této diplomové práci byly porovnávány známé způsoby základových konstrukcí vhodných pro založení dřevostavby. Porovnání bylo sestavováno z ekonomické a funkční stránky. Dále byly zjišťovány tepelně technické vlastnosti základových konstrukcí resp. soklu stavby na realizovaných rodinných domech firmy Domesi. Měření proběhlo na dvou objektech. Se zatepleným a nezatepleným soklem. Snímky z termokamery byly porovnány s navrženým 3D modelem a na základě tohoto srovnání bylo stanoveno, že snímky z termokamery nevyovídají o skutečném stavu konstrukce a velice záleží na nastavení kamery, které je ovlivněno emisivitou. Nezateplený sokl vykazuje dle snímků jisté tepelné ztráty v oblasti soklu, ale může to být zavádějící. Dle průběhu teplot ze 3D modelu tepelného toku je teplota konstrukce v inkriminovaném místě ovlivňována teplem ze zeminy tekoucím betonovým základovým pasem z vyšší hloubky. Vzhledem k dostatečně vysoké povrchové teplotě podlahy v interiéru nedochází k nežádoucím kondenzacím a není nutné dodatečně sokl zateplovat. Dodatečné zateplení by znamenalo jistou úsporu energie na vytápění. Návržnost této investice však vychází v řádech desítek let.

Z ekonomického hlediska porovnáním základových konstrukcí byly navrženy tři vzorové modely na třech různých variantách podloží, ze kterých byly stanoveny kalkulace na realizaci. Nejvýhodnější variantou se jeví založení na zemních vrutech a to ve všech typech základového podloží. Průměrná cena založení na zemních vrutech běžného rodinného domu o rozměrech 10x8,5m činí 128 302 Kč což je o 17% méně než u základových pasů. Varianta založení ŽB desky na pěnoskle nabízí vynikající izolační vlastnosti a eliminuje vznik tepelných mostů, avšak vzhledem k vysoké ceně drceného pěnoskla jsou náklady na realizaci 215569 Kč, což je o 39% procent více než cena založení základových pasů. Samozřejmě, že ne všechny varianty lze přímo porovnávat mezi sebou, a proto byl vytvořen rozhodovací klíč, na základě kterého je možné určit optimální základovou konstrukci pro jednotlivé typy dřevostaveb.

Všeobecně lze říci, že pro lehké a středně těžké konstrukce dřevostaveb jsou nejvhodnější základovou konstrukcí zemní vruty, popřípadě základové patky, a pro těžké konstrukce to jsou základové patky.

Přínosem této práce jsou přehledné a ucelené informace o základových konstrukcích pro dřevostavby se související problematikou, které mohou sloužit pro stanovení nejvhodnější varianty základové konstrukce před samotnou realizací.

Z vlastního pohledu mohu říci, že lze postupem času dospět k pozitivnímu postoji ve vztahu k trvale udržitelnému trendu výstavby na základě čehož bude docházet k šetrnějšímu zacházení s přírodními zdroji a zároveň k nemalé úspoře finančních prostředků.

5. Citovaná literatura

A-Glass. 2016. [Online] 2016. <http://www.drevoastavby.cz/cs/vse-o-drevostavbach/stavba-drevostavby/zaklady/3675-postupy-a-porovnani-nakladu-pri-zalozeni-stavby-na-penovem-skle-a-glass>.

Brotánek, Aleš. 2016. [Online] 2016. <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/6342-prakticka-reseni-pri-zakladani-pasivnich-domu>.

—, 2016. [Online] Centrum pasivního domu, 2016. <http://www.nulovedomy.org/prakticke-informace-a-rady-pro-stavbu/druhy-clanek.htm#!prettyPhoto>.

domy, Nulové. 2016. [Online] 2016. <http://www.nulovedomy.org/prakticke-informace-a-rady-pro-stavbu/druhy-clanek.htm#!prettyPhoto>.

Elegohouse. 2016. [Online] 2016. <http://www.elegohouse.cz/zakladove-desky/typy-zakladovych-desek/klasicka-zakladova-deska/>.

Fibran. 2016. [Online] 2016. <http://www.polystyreny.eu/detail/1205-Extrudovany-polystyren-Fibran-300-L>.

Flir. 2016. Využití termografie při diagnostice budov. [Online] 2016. [Citace: 15. 3 2016.] https://www.conrad.cz/data/flir/vyuziti_termografie_pri_diagnostice_budov.pdf.

Foamglas. 2016. [Online] 2016. <http://www.foamglas.com>.

—, 2016. Foamglas. *Foamglas Building*. [Online] Foamglas, 15. 3 2016. [Citace: 15. 3 2016.] www.foamglas.cz.

Fotolia. 2016. [Online] 2016. <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>.

Hazucha, Juraj. 2014. Centrum pasivního domu. [Online] 3. 7 2014. [Citace: 1. 4 2016.] <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/11435-jak-na-efektivni-zakladani-pasivnich-domu>.

—, 2016. Centrum pasivního domu. [Online] 2016. <http://www.pasivnidomy.cz/detaily/obvodova-stena-u-zakladu-zakladove-pasy-92>.

- , 2016. Centrum pasivního domu. [Online] 2016. <http://www.pasivnidomy.cz/detaily/obvodova-stena-u-zakladu-zakladova-deska-na-xps-46>.
- , 2016. Centrum pasivního domu. [Online] 2016. <http://www.pasivnidomy.cz/detaily/obvodova-stena-u-zakladu-reseni-s-provetravanou-mezerou-lvl-nosnik-95#konstrukcni-detail>.
- Heinrich, Pavel. 2016.** HELUZ cihlářský průmysl, v.o.s. [Online] 16. 3 2016. [Citace: 1. 4 2016.] <http://stavba.tzb-info.cz/prostup-tepla-stavebni-konstrukci/13923-je-nutne-zateplovat-sokl-nepodsklepenych-budov>.
- Hudec, Mojmír. 2013.** *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Praha : Grada, 2013. str. 65. ISBN 978-80-247-4243-4.
- Isover. 2016.** [Online] 2016. <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace> .
- K-CAD. 2016.** Tepelná technika. *K-CAD*. [Online] 2016. [Citace: 15. 3 2016.] <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/>.
- KI-real. 2016.** Knaufinsulation. [Online] 2016. <http://www.knaufinsulation.cz/ki-rea>.
- Knauf. 2016.** *Knauf Insulation*. [Online] 2016. [Citace: 15. 3 2016.] <http://www.knaufinsulation.cz/ki-real>.
- Kolb, Josef. 2008.** *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha : Grada, 2008. str. 12. ISBN 978-80-247-4071-3.
- Krinner. 2016.** [Online] 2016. <http://www.apleg-zemnivruty.cz/zemni-vruty-pro-drevost>.
- , 2016. Dřevo a stavby. [Online] 2016. <http://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba/156-zaklady/1833-zemni-vruty-krinner-jde-to-i-bez-betonu>.
- , 2016. Zemní vruty Krinner. [Online] 2016. <http://www.zemnivruty-krinner.cz/fotogalerie?fotoid=46>.
- Matilainen, Miimu. 2003.** Moisture conditions and energy consumption in heated crawl spaces in cold climates. *Energy and Buildings* 35. 2 2003, stránky 203–216.

Novák, Jiří. 2011. Stavební tepelná technika. [Online] 2011. [Citace: 20. 3 2016.]

—, **2016.** Stavební tepelná technika. [Online] 2016. [https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/ST1/jiri%20nova k%20-%20stavebni%20tepelna%20technika.pdf](https://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/ST1/jiri%20nova%20-%20stavebni%20tepelna%20technika.pdf).

Pazderský, Zdeněk. 2016. [Online] 2016. <http://forum.tzb-info.cz/118658-samonosna-zakladovka-na-xps-penoskle-realizace-a-zkusenosti>.

PB24. 2016. [Online] 2016. <http://www.pb24.cz/drevostavby/vyhody-drevostaveb.html>.

Refaglass. 2014. Refaglass. *Refaglass*. [Online] 2014. [Citace: 15. 3 2016.] <http://www.refaglass.cz/produkty/sterk-z-penoveho-skla/zrnitost-0-63mm/>.

Refglass. 2016. [Online] 2016. <http://www.refaglass.cz>.

Růžička, Martin. 2014. *Moderní dřevostavba*. Praha : Grada, 2014. str. 142. ISBN 978-80-247-3298-5.

—, **2006.** *Stavíme dům ze dřeva*. Praha : Grada, 2006. str. 12. 80-247-1461-2.

Shutterstock. 2016. [Online] 2016. www.shutterstock.com.

Skulinova, Darja. *Pozemní stavitelství I. základové konstrukce*.

Smola, Josef. 2011. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha : Grada, 2011. str. 159. ISBN 978-80-247-2995-4.

—, **2007.** *Stavba rodinného domu krok za krokem*. místo neznámé : Grada, 2007. str. 130. ISBN 978-80-247-2148-4.

Šála, Jiří. 2013. Problematika provětrávaného prostoru založení energeticky efektivních dřevostaveb. *Tepelná ochrana budov 3/2013*. [Online] 30. 9 2013. [Citace: 15. 3 2016.] <http://www.tzb-info.cz/10387-problematika-provetravaneho-prostoru-zalozeni-energeticky-efektivnich-drevostaveb>.

Šubrt, Roman. 2011. *Tepelné mosty pro nízkoenergetické a pasivní domy*. Praha : Grada, 2011. str. 9. ISBN 978-80-247-4059-1.

Testo. 2016. [Online] 2016. <http://www.merici-pristroje.eu/>.

- . **2015.** Průvodce termografií . *Testo*. [Online] 2015. [Citace: 15. 3 2016.]
22 <http://termokamera.com/prirucka-termografie/>.
- . **2016.** příručka termografie. [Online] 2016.
<http://termokamera.com/prirucka-termografie/>.
- Tywniak, Jan. 2008.** *Nízkoenergetické domy 2*. Praha : Grada, 2008. str.
73. ISBN 978-80-247-2061-6.
- TZB-info. 2001-2016.** Minerální izolace. *stavebnictví, úspory energií,
technická zařízení budov*. [Online] 2001-2016. [Citace: 15. 3 2016.]
<http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>.
- Vaverka, Jiří. 2008.** *Dřevostavby pro bydlení*. Praha : Grada, 2008. str.
59. ISBN 978-80-247-2205-4.
- Zahradníček, Václav. 2011.** *Moderní dřevostavba*. místo neznámé :
Grada, 2011. stránky 8-11. ISBN 978-80-2513-568-6.
- Základy-RD. 2016.** [Online] 2016. <http://www.zaklady-rd.cz/>.

5.1 Seznam obrázků, grafů, tabulek

5.2 Seznam obrázků

Obr 1 Základové pasy RD (Základy-RD, 2016).....	18
Obr 2 Základy dřevostavba-crawl space (Shutterstock, 2016).....	20
Obr 3 Desky XPS (Fibran, 2016).....	23
Obr 4 Pěnosklo deska Foamglas (Foamglas, 2016).....	25
Obr 5 Pěnosklo-štěrk (Refglass, 2016).....	25
Obr 6 Desky z minerální vlny (Isover, 2016).....	26
Obr 7 Role minerální vlny (Fotolia, 2016).....	26
Obr 8 Základové pasy s deskou (Hazucha, 2016).....	27
Obr 9 Základová deska na pasech (Elegohouse, 2016).....	27
Obr 10 Základová deska- podsyp z pěnoskla.....	28
Obr 11 Základová deska podsyp z pěnoskla 2 (A-Glass, 2016).....	28
Obr 12 Základová deska na XPS (Hazucha, 2016).....	29
Obr 13 Základová deska na XPS (Pazderský, 2016).....	29
Obr 14 Základová patka (Hudec, 2013 str. 67).....	30
Obr 15 Základová patka 2 (Brotánek, 2016).....	30
Obr 16 Založení na pilotách (domy, 2016).....	30
Obr 17 Založení na pilotách (Brotánek, 2016).....	30
Obr 18 Založení na vrutech (Krinner, 2016).....	31
Obr 19 Založení na vrutech (Krinner, 2016).....	31
Obr 20 Zemní vrut (Krinner, 2016).....	31
Obr 21 crawl space (Hazucha, 2016).....	34
Obr 22 Crawl Space (PB24, 2016).....	34
Obr 23 založení na základových pasech s izolací nad ŽB deskou (Hazucha, 2016).....	35
Obr 24 založení na izolované základové desce pěnosklem (Hudec, 2013 str. 67).....	36
Obr 25 založení na izolované ŽB desce na XPS (Hazucha, 2016).....	36
Obr 26 založení na základových patkách (Zdroj: (Hudec, 2013 str. 67).....	37
Obr 27 založení nad terénem s provětrávanou mezerou-crawl space (Hazucha, 2016).....	37
Obr 28 Systémová hranice.....	38
Obr 29 Knauf KI-real, teplotní pole (KI-real, 2016).....	40
Obr 30 Termokamera Testo 876 -1I.....	42
Obr 31 Emise, reflexe, transmise (Testo, 2016).....	42
Obr 32 Snímek nezatepleného soklu.....	42
Obr 33 Snímek nezatepleného soklu- teplotní rozdíly.....	42
Obr 34 Nezateplený sokl RD Hřebeč- teplotní pole.....	43
Obr 35 Nevytápěný zahradní dům.....	44

Obr 36 Průběh teplot (Heinrich, 2016)	44
Obr 37 Snímek termokamerou zatpleného soklu	44
Obr 38 Snímek zatepleného soklu	44
Obr 39 Zateplený sokl Škvorec- teplotní pole	45

5.3 Seznam tabulek

Tabulka 1 přehled vlastností vybraných materiálů	25
Tabulka 2 Náklady na základové pasy- založení na rovném terénu	47
Tabulka 3 Náklady na základové pasy –založení ve svažitém terénu	48
Tabulka 4 Náklady na základové pasy- založení v nesoudržné zemině	48
Tabulka 5 Náklady na zemní vruty- založení na rovném terénu	49
Tabulka 6 Náklady na zemní vruty- založení ve svažitém terénu	49
Tabulka 7 Náklady na zemní vruty- založení v nesoudržné zemině	49
Tabulka 8 Náklady na založení ŽB desky na pěnoskle – založení na rovném terénu.....	50
Tabulka 9 Náklady na založení ŽB desky na pěnoskle- založení ve svažitém terénu.....	50
Tabulka 10 Náklady na založení ŽB na pěnoskle- založení v nesoudržné zemině.....	50
Tabulka 11 Srovnání nákladů na provedení základových konstrukcí v Kč.....	50
Tabulka 12 rozhodovací klíč pro výběr ideální základové konstrukce.....	52

5.4 Seznam grafů

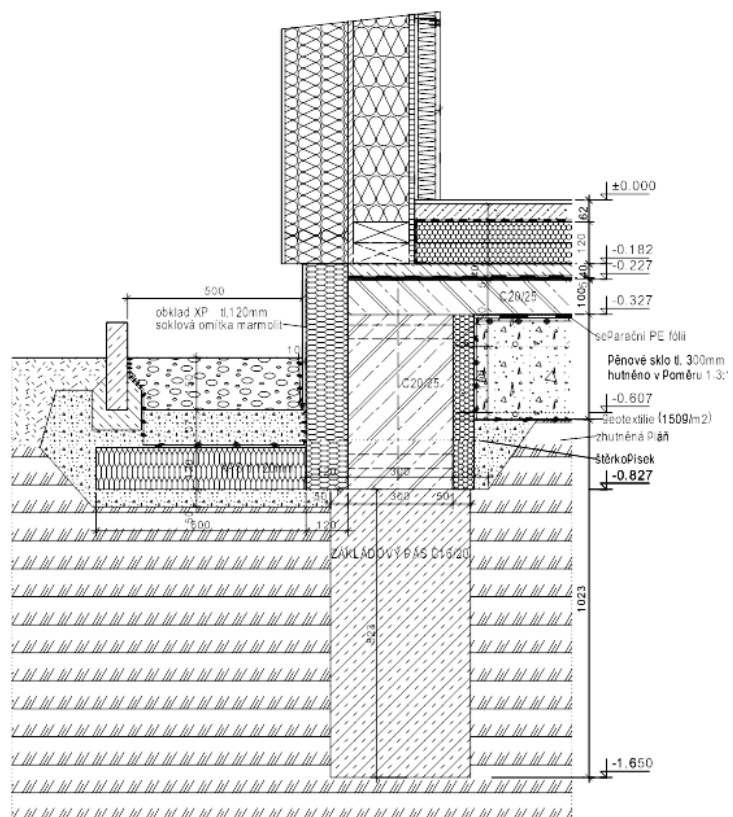
Graf 1 Srovnání nákladů na provedení základových konstrukcí.....	51
--	----

6. Přílohy

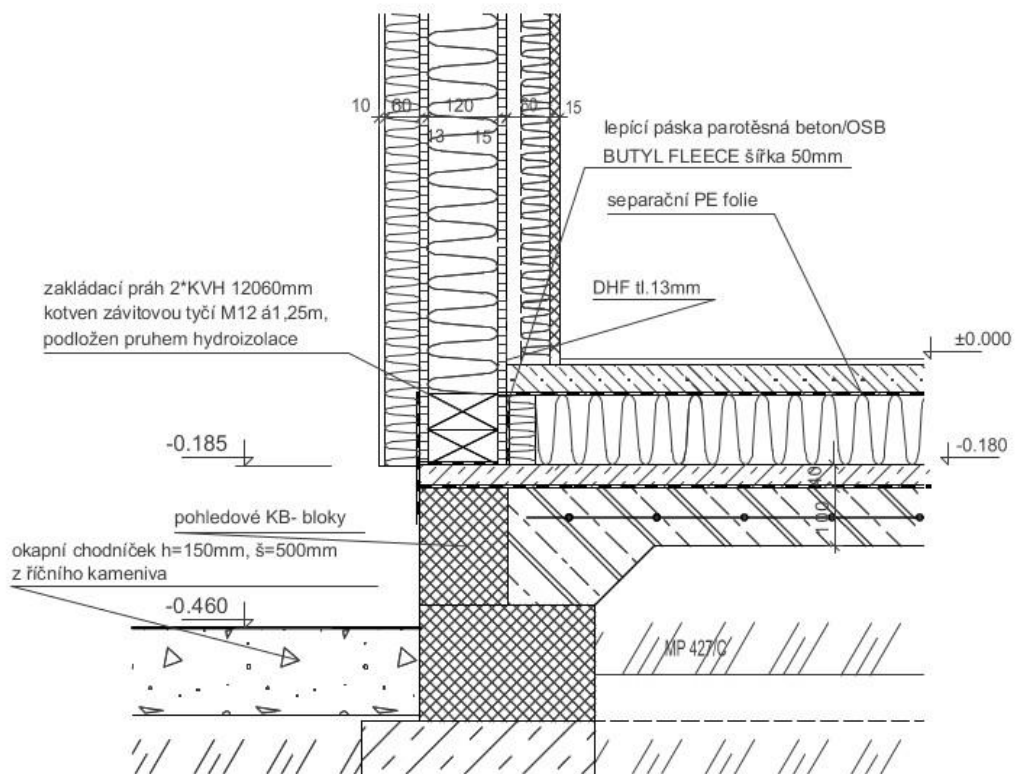
6.1 Seznam příloh

A Výkres skladby základů RD-Škvorec	62
B- Výkres skladby základů RD- Hřebeč.....	63
C Výkres základových kostrukcí základové pasy	64
D Výkres základových kostrukcí –ŽB základová deska na pěnoskle	64
E výkres základových kostrukcí- zemní vruty	64
F- Protokol z měření termokamerou –RD Škvorce (zateplený sokl) str. 1.....	64
G Protokol z měření termokamerou –RD Škvorce (zateplený sokl) str. 2	64
H- Protokol z měření termokamerou- RD Hřebeč (nezateplený sokl) str. 1	64
I: Protokol z měření termokamerou- RD Hřebeč (nezateplený sokl) str2.....	64
J:Protokol z měření termokamerou RD Hřebeč –(nezateplený sokl) str. 3.....	64

A Výkres skladby základů RD-Škvorec

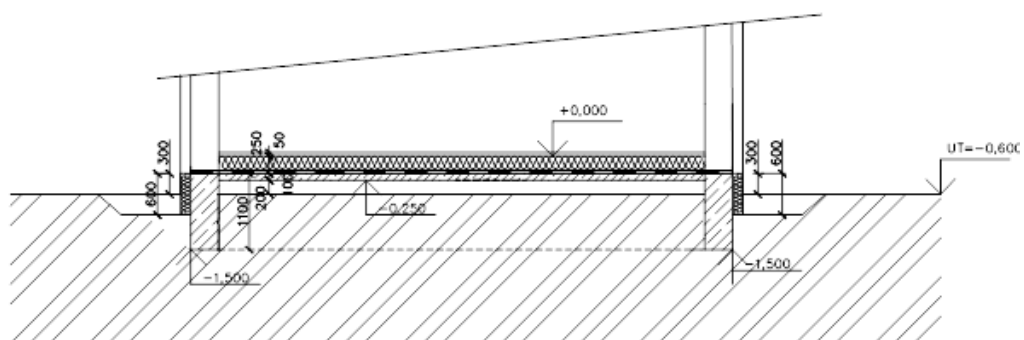


B- Výkres skladby základů RD- Hřebeč

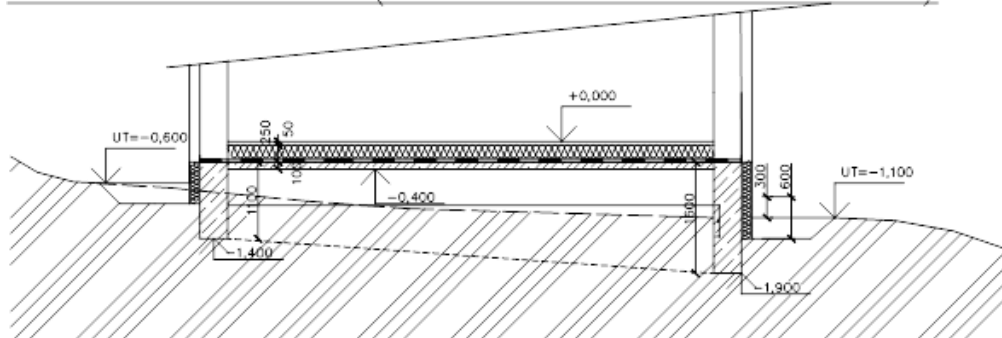


C Výkres základových konstrukcí základové pasy

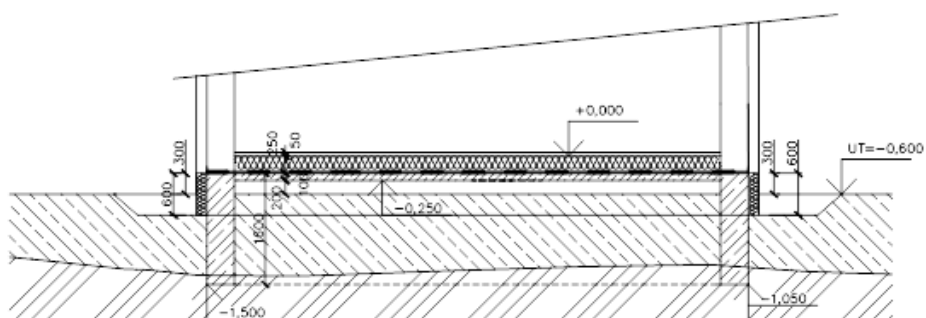
ŘEZ – ZÁKLADOVÉ PASY (ZALOŽENÍ V IDEÁLNÍCH PODMÍNKÁCH)



ŘEZ – ZÁKLADOVÉ PASY (ZALOŽENÍ VE SVAŽÍM TERÉNU)

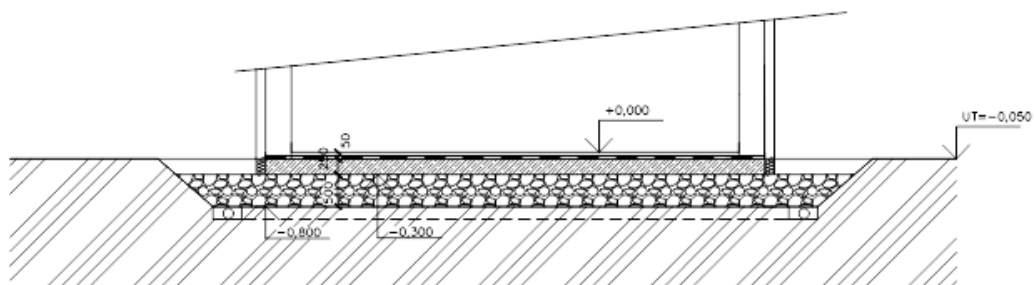


ŘEZ – ZÁKLADOVÉ PASY (ZALOŽENÍ V NESOUDRŽNÉ ZEMINĚ)

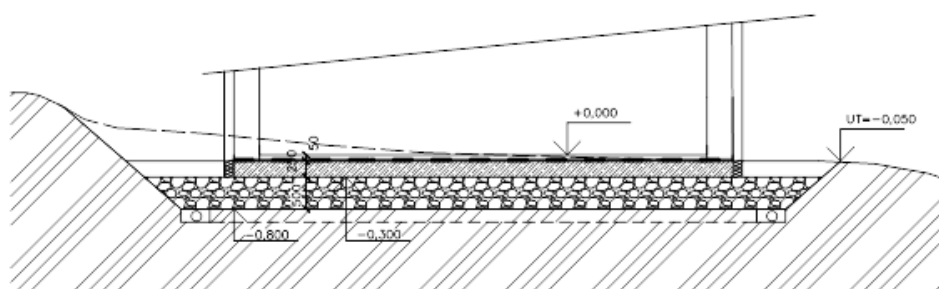


D Výkres základových konstrukcí – ŽB základová deska na pěnoskle

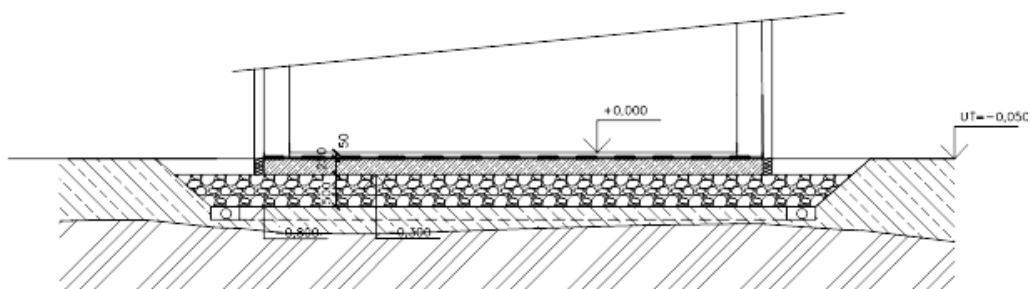
ŘEZ ZÁKLADOVÁ DESKA (ZALOŽENÍ V IDEÁLNÍCH PODMÍNKÁCH)



ŘEZ ZÁKLADOVÉ DESKA(ZALOŽENÍ VE SVAŽITÉM TERÉNU)

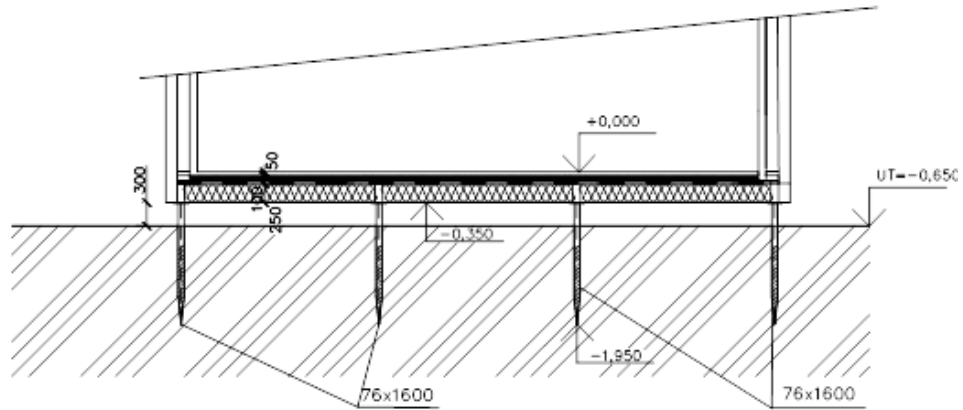


ŘEZ ZÁKLADOVÉ DESKA(ZALOŽENÍ V NESOUDRŽNÉ ZEMINĚ)

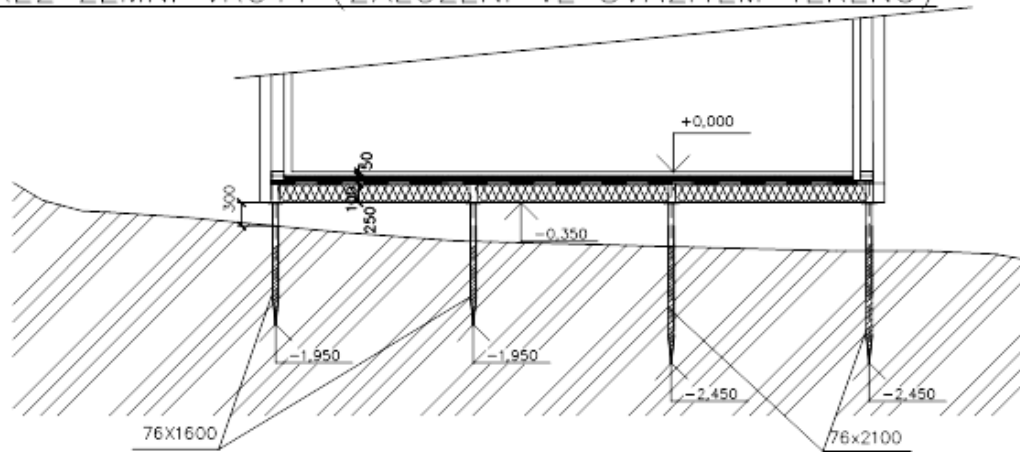


E výkres základových konstrukcí- zemní vruty

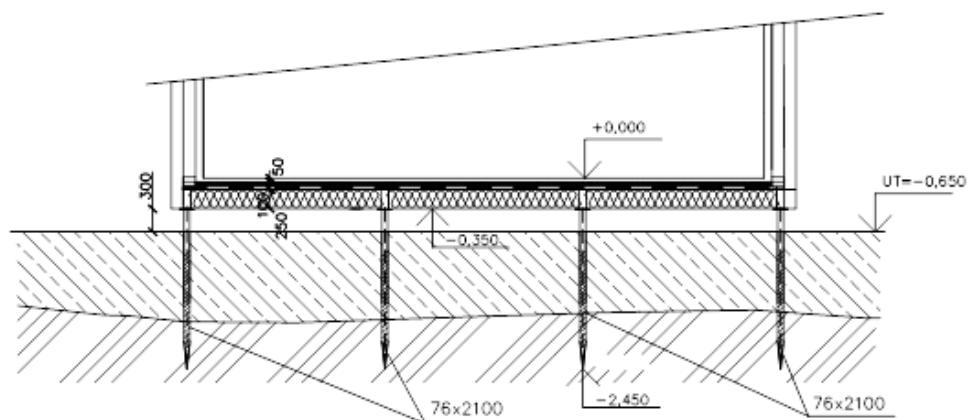
ŘEZ ZEMNÍ VRUTY (ZALOŽENÍ V IDEÁLNÍCH PODMÍNKÁCH)



ŘEZ ZEMNÍ VRUTY (ZALOŽENÍ VE SVAŽITÉM TERÉNU)



ŘEZ ZEMNÍ VRUTY (ZALOŽENÍ V NESOUDRŽNÉ ZEMINĚ)





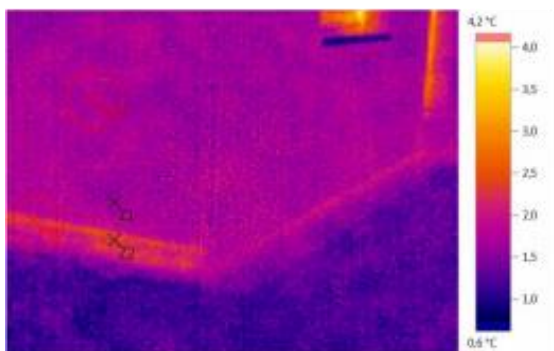
Měření termokamerou-zateplený sokl

Firma _____ Objednatel pasivní dům Futura
K E denu
Škvorec

Zkušební technik J. Brich

Přístroj testo 875-2i Výrobní č.: 2787513 Objektiv: Standardní 32°

Zakázka měření zatepleného soklu pasivního domu, teplota 4°C, vlhkost 78%



Data obrázku: Datum: 29.2.2016
Čas: 7:20:10
Soubor: IV_00332.BMT

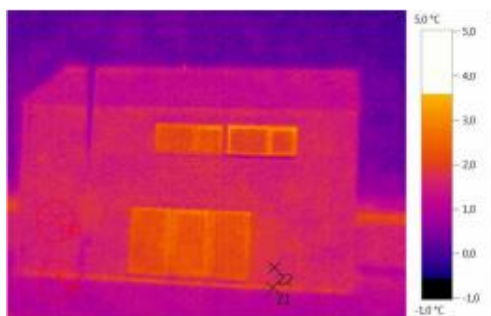
Stupeň emisivity: 0,93
Odraž. teplota [°C]: 0,0

Značení obrázku:

Měřený objekt	Teplota [°C]	Emisivita	Odraž. tepl. [°C]	Poznámky
Bod měření Z1	1,6	0,93	0,0	teplota fasády
Bod měření Z2	2,4	0,93	0,0	teplota soklu
Nejteplejší bod TB1	2,5	0,93	0,0	nejteplejší bod soklu
Nejteplejší bod TB 2	2,1	0,93	0,0	nejteplejší bod fasády



Měření termokamerou-zateplený sokl



Data obrázku: Datum: 29.2.2016
 Čas: 7:19:18
 Soubor: IV_00331.BMT

Stupeň emisivity: 0,93
 Odraž. teplota [°C]: 0,0

Značení obrázku:

Měřený objekt	Teplota [°C]	Emisivita	Odraž. tepl. [°C]	Poznámky
Bod měření Z1	2,2	0,93	0,0	teplota soklu
Bod měření Z2	1,7	0,93	0,0	teplota fasády
Nejteplejší bod TB1	2,2	0,93	0,0	nejteplejší místo soklu
Nejteplejší bod TB2	1,9	0,93	0,0	nejteplejší místo fasády

Souhm: Stavba nevykazuje zásadní únik tepla v prostoru soklu. Teplota obvodového pláště s místem základu je téměř totožná.

J.Brich



měření Termokamerou- nezateplený sokl

Firma		Objednatel	typový dům Futura- nezateplený sokl Polní Hřebeč
Zkušební technik	J.Brích		
Přístroj	testo 875-2i	Výrobní č.:	2787513
		Objektiv:	Standardní 32°
Zakázka	měření nezatepleného soklu, teplota 2,2°C, vlhkost 80,20%		



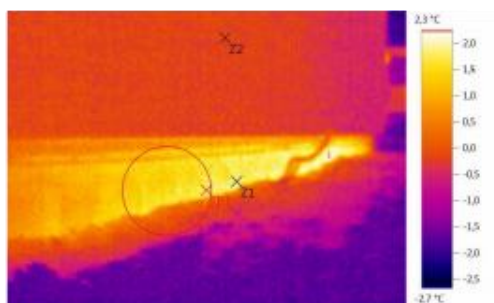
Data o brázku:	Datum:	2.3.2016	Stupeň emisivity:	0.93
	Čas:	7:22:12	Odraž. teplota [°C]:	0.0
	Soubor:	IV_00384.BMT		

Značení obrázku:

Měřený objekt	Teplota [°C]	Emisivita	Odraž. tepl. [°C]	Poznámky
Bod měření Z 1	-0.5	0.93	0.0	teplota nezatepleného soklu
Bod měření Z 2	1.4	0.93	0.0	teplota fasády
Nejteplejší bod místa TB1	1.3	0.93	0.0	teplota soklu nejteplejší bod
Nejteplejší bod místa TB2	-0.4	0.93	0.0	teplota fasády nejteplejší bod



měření Termokamerou- nezateplený sokl

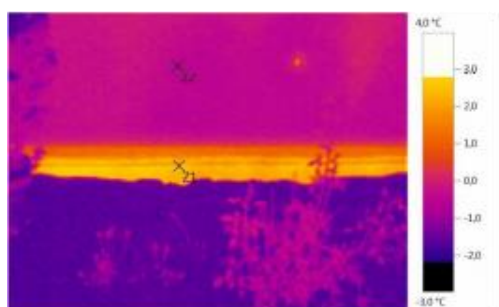


Data obrázku: Datum: 2.3.2016
 Čas: 7:22:45
 Soubor: IV_00385.BMT

Stupeň emisivity: 0,93
 Odraž. teplota [°C]: 0,0

Značení obrázku:

Měřený objekt	Teplota [°C]	Emisivita	Odraž. tepl. [°C]	Poznámky
Bod měření Z1	2,0	0,93	0,0	teplota soklu
Bod měření Z2	-0,2	0,93	0,0	teplota fasády
Nejteplejší bod soklu TB1	2,2	0,93	0,0	nejvyšší teplota soklu



Data obrázku: Datum: 2.3.2016
 Čas: 7:30:14
 Soubor: IV_00394.BMT

Stupeň emisivity: 0,93
 Odraž. teplota [°C]: 0,0

Značení obrázku:

Měřený objekt	Teplota [°C]	Emisivita	Odraž. tepl. [°C]	Poznámky
Bod měření Z1	2,2	0,93	0,0	teplota soklu



měření Termokamerou- nezateplený sokl

Měřený objekt	Teplota [°C]	Emisivita	Odraž. tepl. [°C]	Poznámky
Bod měření Z 2	-0,4	0,93	0,0	teplota fasády

Souhrn: V místě nezatepleného soklu byl prokázán úniku tepla díky značnému rozdílu teplot mezi povrchovou teplotou obvodového pláště a základem.
Dle vyjádření majitele objektu nebyl sokl zateplen z důvodu vysoké ceny izolace a nízké návratnosti. V současné době je majitel s náklady na vytápění spokojen. Pro vytápění objektu slouží pouze krbová vložka s velmi nízkou spotřebou dřeva a průměrnou teplotou 22°C.

J.Brich