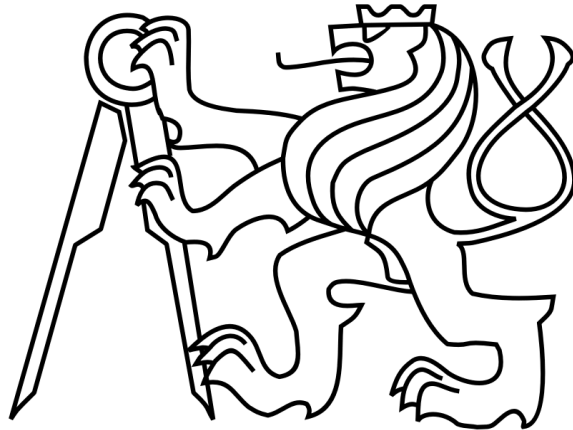


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**  
**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
**Vybrané aspekty výstavby v extrémních**  
**klimatických podmínkách**

**Bc. Filip Devera**

**2017**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Devera Jméno: Filip Osobní číslo: 380713  
Zadávací katedra: Technologie staveb  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Vybrané aspekty výstavby v extrémních klimatických podmínkách  
Název diplomové práce anglicky: Selected aspects of the construction in extreme climatic conditions

Pokyny pro vypracování:

Porovnání výstavby a technologických postupů vybraných stavebních procesů.

Porovnání energetické a finanční náročnosti výstavby vyvolané extrémními teplotami.

Porovnání STP (vybrané části) na konkrétní stavbě prováděné v ČR a na jižní Sibiři

Seznam doporučené literatury:

Jarský, Č. a kol.: Příprava a realizace staveb, multimediální učebnice, FSv ČVUT Praha 2005

Jarský, Č. – Musil, F. a kol.: Příprava a realizace staveb, CERM Brno 2003

Jarský, Č.: Automatizovaná příprava a řízení realizace staveb, CONTEC Kralupy nad Vltavou 2000

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Václav Pospíchal, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 4.10.2016 Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2017

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

## **Prohlášení autora**

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze dne 13. ledna 2017

.....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Václavu Pospíchalovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

## **Vybrané aspekty výstavby v extrémních klimatických podmínkách**

### **Anotace**

Účelem diplomové práce je přiblížit problematiku výstavby v extrémních klimatických podmínkách. Zjistit, které stavební procesy jsou nejvíce ohroženy extrémními klimatickými podmínkami a jaká technická opatření je nutno použít k eliminaci vlivu těchto podmínek na tyto procesy. Dále se tato práce zabývá určením nejvíce energeticky náročných stavebních procesů a jejich zdrojů energie v nízkých teplotách. Součástí je také finanční náročnost na konkrétním příkladu. Tato práce rovněž podrobně rozebírá betonáž v zimním období.

### **Klíčová slova**

Extrémní klimatické podmínky, Sibiř, betonáž v zimním období

## **Selected aspects of the construction in extreme climatic conditions**

### **Annotation**

The purpose of this thesis is to describe the issue of construction in extreme climatic conditions. Figuring out which building processes are most vulnerable to extreme weather conditions and what technical measures should be used to eliminate the effect of these conditions on these processes. Furthermore, this work deals with determining the most energy-intensive construction processes and their sources of power at low temperatures. It also includes financial demands on real example. This work also analyzes in detail the cold weather concreting.

### **Key words**

Extreme climatic conditions, Siberia, cold weather concreting

## Obsah

Úvod.....	9
<b>1 Základové konstrukce.....</b>	<b>10</b>
1.1 Pilotové založení .....	10
1.1.1 Hnané piloty .....	10
1.1.2 Vrtané piloty.....	18
1.2 Základový pas.....	29
<b>2 Betonáž v extrémních teplotních podmínkách .....</b>	<b>33</b>
2.1 Délka zimního období .....	34
2.1.1 Zimní období v ČR .....	34
2.1.2 Zimní období v Krasnojarsku.....	34
2.1.3 Porovnání zimních období .....	35
2.1.4 Shrnutí teplotních porovnání.....	37
2.2 Příčiny problémů betonáže v zimním období.....	37
2.2.1 Zpomalený vývoj pevnosti betonu .....	37
2.2.2 Tvorba ledu ve struktuře betonu .....	37
2.2.3 Sníh a led v bednění a na výztuži.....	38
2.2.4 Teplotní diference v průřezu konstrukce.....	38
2.3 Příprava, složení a doprava betonové směsi v zimních podmínkách .....	39
2.3.1 Teplota výchozí směsi.....	39
2.3.2 Složení betonové směsi .....	40
2.3.3 Transport betonu .....	42
2.4 Způsoby ohřevu betonové směsi .....	43
2.5 Elektroohřev betonu .....	44
2.5.1 Přeměna el. energie na tepelnou energii .....	44
2.5.2 Elektroohřev topnými dráty .....	44
2.5.3 Elektroohřev vodiči.....	46
2.6 Porovnání betonáže .....	50
<b>3 Porovnání energetické a finanční náročnosti výstavby v extrémních klimatických podmínkách .....</b>	<b>52</b>
3.1 Faktory ovlivňující náročnost výstavby .....	52
3.2 Nejvíce energeticky náročné procesy.....	54
3.2.1 Základové konstrukce .....	55

3.2.2	Hrubá stavba.....	56
3.2.3	Dokončovací procesy .....	57
3.2.4	Shrnutí energeticky náročných procesů .....	58
3.3	Finanční stránka výstavby v extrémních klimatických podmínkách .....	62
3.4	Porovnání finanční náročnosti výstavby v Rusku .....	64
3.4.1	Určení o kolik procent se prodraží stavba.....	65
3.4.2	Určení finančních nákladů ve vztahu Generální dodavatel x Subdodavatel .....	69
<b>4</b>	<b>Porovnání výstavby konkrétní stavby .....</b>	<b>71</b>
4.1	Stručný popis stavby .....	71
4.2	Porovnání finanční náročnosti.....	73
4.3	Porovnání stavebních procesů na základě HMG.....	74
4.3.1	Příklad prodloužení betonáže.....	74
4.3.2	Posouzení harmonogramu vůči zimnímu období.....	76
4.4	Zdravotní problematika .....	78
	<b>Závěr.....</b>	<b>80</b>
	<b>Použitá literatura .....</b>	<b>81</b>
	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>83</b>
	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>85</b>



## Úvod

Tématu výstavby v extrémních klimatických podmínkách není v našich zeměpisných šířkách věnováno mnoho pozornosti. To je způsobeno polohou České republiky, která náleží k mírnému klimatu. Podle mého názoru se jedná ale o problematiku, která má své opodstatnění nejen v dnešní době, ale bude aktuální i v budoucnu. Vlivem globálního oteplování se mění klimatické podmínky. V České republice můžeme častěji pozorovat extrémně nízké, ale naopak i vysoké teploty. Skutečnost, že klima se každým rokem více a více mění, jen potvrzuje fakt, že je potřeba se touto problematikou zabývat více i v České republice a do budoucna s ní počítat.

V současné době u nás není mnoho literatury ani článků zabývajících se výstavbou v extrémních klimatických podmínkách. Diplomová práce přibližuje tuto problematiku a zaměřuje se na extrémně nízké teploty.

Cílem této práce je popsat stěžejní technologické postupy při výstavbách, u kterých jsou nutná speciální opatření k jejich úspěšnému a kvalitnímu provedení. Dále se diplomová práce věnuje energetické a finanční náročnosti výstavby v extrémně nízkých klimatických podmínkách v obecné rovině. Také je tato práce zaměřena na finanční náročnost výstavby v Rusku, kde se extrémně nízké teploty vyskytují. Mimo jiné má tato práce poskytnout poznatky o problémech, které čekají české stavební firmy při nových zakázkách v těchto klimatech.

## **1 Základové konstrukce**

V Rusku se můžeme nejčastěji setkat se čtyřmi základovými konstrukcemi. Kterými jsou pilotové založení, základový pás, základová patka a základová deska. Výběr základové konstrukce se řídí podle druhu budovy, ekonomické stránky a hlavně podle druhu zeminy, kde mají být základy prováděny. Dalším faktorem při výběru základové konstrukce je i fakt, že na velké části Ruska se nachází permafrost. V této kapitole se vám pokusím přiblížit postup pilotového založení a základové patky, kde budou popsána opatření proti vlivu nízkých teplot.

### **1.1 Pilotové založení**

#### **1.1.1 Hnané piloty**

Hnané piloty jsou vyráběny z několika materiálů, kterými jsou: železobeton, kov, azbest a dřevo. Pilotové založení nám umožňuje proniknout dostatečně hluboko a přenést zatížení až na nestlačitelné půdy. To platí zejména tehdy, pokud zakládáme na nevhodných zeminách.

Nejvíce stabilním a trvanlivým typem hnaných pilot jsou piloty železobetonové prefabrikované nejčastěji čtvercového průřezu se špičatým koncem. Tento typ piloty nám dává stabilní a solidní základ s dobrou nosností. Velikost pilot se pohybuje od 3 metrů až do 12 metrů. V případě, že potřebujeme použít piloty delší, například okolo 20 metrů, je možné je spojit ze dvou kusů. Použití těchto pilot je v Rusku celkem hojné. Používají se na rodinné domy až po velké obytné stavby. Založení na pilotách se hodí v nestabilních a špatných zeminách, kdy pilota může dosáhnout díky své hloubce uložení na stabilní zeminu. Také tomuto založení nedělá problém vysoká hladina vody. Mnohdy je také toto řešení levnější než ostatní založení, protože nám odpadají výkopové práce a také nasazení pracovníků je na kratší dobu. Na Obr. 1 můžeme vidět železobetonové prefabrikované piloty čtvercového průřezu. Jak můžeme vidět, jejich uložení je ať už ve výrobně nebo na staveništi velice jednoduché.



*Obr. 1: Železobetonové prefabrikované piloty*

*Zdroj: <http://www.cckompl.ru/zhelezobetonnyie-svai/>*

Instalace pilot je vesměs jednoduchá. Na připraveném staveništi se na určené místo začne pomocí speciálního stroje razit železobetonová pilota. Pilota je v kolmé poloze k zemi, avšak takto to nemusím být pokaždé. V některých případech se piloty instalují i vychýlené od kolmé polohy. Pneumatickými rázy stroje je pilota vháněna do země. To je nejčastější způsob. V zastavěných oblastech, jako je centrum Krasnojarsku, není ovšem toto řešení moc šťastným, neboť otřesy od pilotovacího stroje mohou narušit okolní budovy. Proto je tu i druhý způsob instalace pilot, který vyžaduje speciální stroj, ten pilotu za pomoci velkého tlaku vtlačí do země. Tento způsob je daleko ohleduplnější k okolním budovám. Tato metoda má ale i své negativum, kterým je náročnější doprava stroje na staveniště a jeho manipulace po staveništi. Protože tento stroj je větší než stroj na zarážení pilot pomocí kladiva. Na Obr. 2 vidíme stroj na zarážení pilot.



Obr. 2: Stroj na zarážení prefabrikovaných pilot

Zdroj: <http://ustanovkasvai.ru>

Výhody hnaných železobetonových pilot:

- jelikož jsou zhotoveny ve speciálních výrobnách, mají piloty přesné rozměry a pevnosti dokládané výrobcem
- beton zaručuje dlouhou životnost až přes sto let
- maximální spolehlivost a nosnost v jakýchkoli půdních podmínkách
- rychlost instalace
- na rozdíl od pilot vrtaných je na piloty hnané vyvíjen větší tlak okolní zeminy důsledkem zatlačování piloty do země

### **Železobetonový rošt na prefabrikovaných pilotách**

Založení na vřáněných prefabrikovaných pilotách může mít mnoho variant. Od železobetonového roštu přes desku až po ocelový rošt. V této kapitole bude popsán postup výstavby železobetonového roštu.



*Obr. 3: Zarážení prefabrikovaných pilot*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Prvním krokem je připravit staveniště pro instalaci pilot. To znamená, odstranit ze staveniště stromy, křoviny a jiné věci, které by nám bránily v dalším postupu prací. Poté se může začít se zarážením pilot na předem stanovená místa, jak je vidět na Obr. 3.



*Obr. 4: Zarážené prefabrikované piloty*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Po zarážení všech pilot, které je možno sledovat na Obr. 4, nastává fáze, kterou je příprava pilot. Ta spočívá v tom, že piloty jsou několik centimetrů nad

úrovni terénu zaříznuty a jejich výztuž je obnažena. To můžete vidět na Obr. 5, kde jsou piloty odřezávány a na Obr. 6 je vidět konečný výsledek této fáze.



*Obr. 5: Odřezávání prefabrikovaných pilot*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*



*Obr. 6: Odřezané prefabrikované piloty*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Dalším krokem po odklizení odřezaných částí pilot, je geodetické vytyčení pro železobetonový rošt za pomoci provázku, jak nám ukazuje Obr. 7.



*Obr. 7: Vytyčení pro železobetonový rošt*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Po vytyčení polohy železobetonového roštu nastává další fáze. V této fázi se zhotoví bednění z dřevěných prken. Jak je vidět na Obr. 8.



*Obr. 8: Zhotovení dřevěného bednění*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Když je bednění dokončeno a jsou provedeny podpory proti vyvrácení bednění do stran způsobené tlakem betonů, může začít armováním roštu.



*Obr. 9: Armování roštu*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*



Na Obr. 9 vidíme hotovou armaturu. Můžeme si také všimnout, že do ní zasahuje i výztuž z prefabrikovaných pilot. Což nám zaručí provázání pilot s roštem. Následná tíha budovy tak bude přenesena přes tuhý železobetonový rošt do pilot, které končí v únosné půdě. Na Obr. 10 je vidět betonáž roštu.



*Obr. 10: Betonáž roštu*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Po vybetonování roštu se musí čerstvý beton dokonale zhutnit ručním vibrátorem. Beton se dále musí také po dobu jeho zrání ošetřovat. Ošetřování se různí podle doby, kdy se betonáž provádí. V teplých letních dnech se beton musí vlhčit a chránit před slunečními paprsky. Kdežto v zimě je péče o beton diametrálně odlišná. Při teplotách pod 0°C nám hrozí riziko zmrznutí vody v čerstvém betonu. V takovém případě je nutné beton zahřívát pomocí elektrického proudu. Při takovém ošetření betonu se pak betonáž může provádět i při teplotách okolo -25°C. O tomto způsobu bude řeč v dalších kapitolách této práce.



*Obr. 11: Hotový železobetonový rošt*

*Zdroj: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>*

Na obr. 11 je hotový železobetonový rošt připravený pro další fáze výstavby. Tento způsob základů je výhodný do méně stabilních půd. Piloty nám díky své hloubce umožní proniknout až do únosných půd a tím zajistit dokonalé základy pro budovy.

### **1.1.2 Vrtané piloty**

Dalším typem pilot jsou piloty vrtané. Vrtané piloty jsou v Rusku méně časté než piloty hnané. Tento postup je fotograficky zdokumentován při návštěvě stavby ve městě Krasnojarsk. Piloty byly prováděny v prosinci, tudíž se muselo při betonáži pilot přistoupit k použití speciálního technologického postupu, aby bylo zabráněno zamrznutí čerstvého betonu. Tímto speciálním technologickým postupem byl elektroohřev betonu.

Tyto piloty slouží jako základová konstrukce pro stavbu, která bude mít tři nadzemní podlaží. Vizualizace této stavby je na Obr. 12.



*Obr. 12: Vizualizace kliniky*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Piloty jsou 12 metrů hluboké. Jejich průměr je 30 centimetrů. Jedná se o skupinové založení, kdy je nad šesti pilotami zhotovena železobetonová patka. Ta slouží jako pevný základ pro monolitický sloup. Na Obr. 13 je zobrazeno staveniště.



*Obr. 13: Staveniště*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Jak je vidět, tak se nejedná o velkou stavbu. Několik základových patek na piloty je již dokončeno, ale ještě jich více než polovina zbývá. Také ještě proběhne zbylé odtěžení zeminy a to v místě popředí fotografie, kde stojí muž v tmavé bundě. Zemní práce jsou na tuto část stavby naplánované na pozdější datum.

Na této fotografii také stojí za povšimnutí otázka bezpečnosti práce na staveništi. Pouze jedna z osob pohybující se na staveništi je vybavena ochranou helmou, ale žádná z těchto osob nemá reflexní vestu.



*Obr. 14: Skupinové piloty*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Na Obr. 15 je zachycen detail armování piloty. Malá černá hadička, kterou vidíme, slouží k napumpování cementové kaše pro stabilní základ piloty. K této části se přistoupí až po vybetonování piloty, což bude znázorněno na dalším obrázku.



*Obr. 15: Detail výztuže piloty*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Armování celé piloty je složeno ze dvou kusů, kdy se nejprve vloží do vyvrtané díry první kus připravené armatury. Poté pomocí tyče, která se provlékne třmínky, se armatura zafixuje, tak aby nad zemí zůstala její malá část. Dále se vezme druhá část armatury a přiloží se k již zasunuté části a přivaří se. Poté se fixační tyč vyjme a celá armatura se zasune do vrtu. Jak je vidět na Obr. 16.



*Obr. 16: Zasouvání armatury*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Když máme armatury zasazené ve vrtech, může se přejít k betonování. Betonování probíhalo velmi jednoduše. Z autodomíchávače, který přijel na stavbu, byl beton ukládán přímo do vrtu, jak je vidět na Obr. 17. Dělníci používali k přesnému ukládání betonu velký plechový trychtýř, který nasadili na armaturu.



*Obr. 17: Betonování piloty*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Po vybetonování piloty se beton ještě zhutnil ponorným vibrátorem, jak je vidět na Obr. 18. Po tomto zhutnění bylo vidět sedání betonu do vrtu piloty. Jsem trochu skeptický, že tímto došlo k dokonalému zhutnění v celé délce piloty, když si vezmeme, že pilota je hluboká 12 metrů a dělník dosáhl ponorným vibrátorem sotva do hloubky 2 metrů.



*Obr. 18: Vibrování piloty*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Po vybetonování a zhutnění piloty dělníci připravili míchací stroj s čerpadlem, kterým budou pod tlakem pumpovat směs cementu a vody do paty vybetonované piloty. Na Obr. 19 je vidět míchadlo spolu s čerpadlem. Voda v kádi se musí neustále zahřívat, aby nezamrzla.



*Obr. 19: Míchačka s čerpadlem*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Na Obr. 20 je vidět, jak dělník napojil hadici z čerpadla do předem připravené hadice, která vede do spodu piloty. Tlakem čerpadla je cementová směs pumpována a vytváří nám cementovou zátku na spodku piloty.



*Obr. 20: Pumpování cementové směsi*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*



Po aplikaci cementové směsi nastává nejzajímavější část, která se v ČR neprovádí. Tím je zahřívání betonu pomocí elektrického proudu. V době betonáže byla teplota vzduchu pod  $-10^{\circ}\text{C}$ . Tento postup začíná instalací vodičů do čerstvého betonu o průměru 4 milimetrů, jak je vidět na Obr. 21. Tyto vodiče, což není nic jiného, než ocelový drát se pomocí hliníkového drátu napojí na přívodní kabel, který vede z transformátoru umístěného na stavbě. Poté se ještě na čerstvý beton nasype vrstva dřevěných pilin, která slouží jako izolace, aby teplo vyprodukované elektrickým proudem nebylo ochlazováno teplotou vzduchu.



*Obr. 21: Elektrický ohřev piloty*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*



*Obr. 22: Izolace pilot pomocí dřevěných pilin*  
*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Jako poslední část tohoto postupu bylo zkoušení elektrického okruhu. Kdy dělník zkoušel pomocí kusu ocelového drátu okruh.



*Obr. 23: Zkoušení elektrického okruhu*  
*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Souběžně s pilotami probíhaly práce na železobetonových patkách zhotovených nad těmito piloty Obr. 24. Na něm je názorněji vidět zapojení ocelových drátů na elektrický obvod, kdy se dráty umísťovaly v řadách a zhruba 30 centimetrů od sebe. Na obrázku můžete také vidět zasypání pilinami jako izolací.



*Obr. 24: Elektrický ohřev základové patky*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*



*Obr. 25: Detail zapojení elektrického obvodu*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Po vybetonování pilot a železobetonových patek i následném umístění vodičů pro ohřev betonu, mohl být puštěn elektrický proud a začal proces zahřívání betonu. Vše bylo totiž zapojeno jako jeden velký okruh, který měl tři fáze. Na Obr. 25 je vidět detailní zapojení vodičů. Každá řada instalovaných drátů v železobetonové patce je napojena na určitou fázi. Fáze se střídají, po první následuje druhá, po druhé třetí a potom zase první a druhá. Na Obr. 26 je vidět transformátor, ze kterého je okruh napojen. Můžeme vidět tři kabely, které jsou napojeny na tři fáze. Pod každou fází se nacházejí rozdílné hodnoty napětí. Zahřívání se začíná na nejnižším napětí a jeho velikost se poté postupně zvyšuje. Velikost napětí závisí také na teplotě vzduchu. Podle teploty se totiž zvolí počáteční napětí, na kterém se začne beton zahřívát. V den betonáže bylo lehce pod  $-10^{\circ}\text{C}$ , v tom případě začíná zahřívání na 50 V a po pár hodinách zvýší napětí na 65 V. Ohřev betonu je totiž prováděn za sníženého napětí v rozmezí 55 V až 95 V. Beton je nutné takto zahřívát okolo 24 hodin, kdy je dosaženo jeho pevnosti alespoň 5 MPa a beton je schopný odolávat nízkým teplotám.



*Obr. 26: Elektrický transformátor*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Podle zjištěných informací takto betonovat lze i v teplotách okolo  $-25^{\circ}\text{C}$ . Ale provádí se to jen za podmínky, že tyto teploty trvají několik dní po sobě a je ohrožen časový plán stavby. Jestliže však má být tato teplota v horizontu dvou až tří dnů, betonáž se raději odloží. Při této teplotě musí být totiž bezpodmínečně dodržena technologická kázeň, neboť sebemenší chyba by ohrozila celý proces betonáže.

## 1.2 Základový pas

Dalším typem základové konstrukce je základový pas. V Krasnojarsku tento typ není zas až tak moc častou základovou konstrukcí, což je zapříčiněné špatným podložím, ovšem na pravém břehu Jeniseje se s tímto založením díky dobře únosným zeminám můžeme setkat. Tato kapitola nebude popisovat postup prací od vyměření pasů až po jejich betonáž, nýbrž jen její část a to ošetření betonu v nízkých teplotách. Tuto kapitolu jsem mohl zařadit do kapitoly 2, která pojednává o samotné betonáži, ale jelikož se jedná o základovou konstrukci, rozhodl jsem si ji umístit sem.

Základové pasy, které můžete vidět na Obr. 27, jsou těsně po betonáži. V levé části je vidět připravená výztuž k provedení bednění. Po betonáži přichází ihned fáze ošetřování čerstvé betonové směsi a opatření proti jejímu zamrznutí.



Obr. 27 Základový pas

Zdroj: Vlastní tvorba autora

V den betonáže bylo  $-10^{\circ}\text{C}$ , což není na zdejší poměry nijak dramatické. Beton je ošetřen plastifikačními přísadami, které nám sníží vodní součinitel a eliminují riziko zmrznutí vody v betonové směsi. Dále je postup ošetření betonu obdobný jako v předešlé kapitole. Na Obr. 28 jsou vidět instalované vodiče o průměru 5 milimetrů do čerstvého betonu, od kterých je veden hliníkový drát k připojení na hlavní třífázový rozvod elektrického proudu.



*Obr. 28: Příprava k zahřívání betonu*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Dřevěné prkno, které vidíte na obrázku výše, slouží jako rozvod elektrického proudu o třech fázích, tyto tři fáze představují tři silné dráty instalované na dřevěném prkně, na které se napojují jednotlivé hliníkové dráty vedoucí z vodičů, což jsou železné dráty zapíchnuté v čerstvém betonu. Na Obr. 29 jeden z dělníků zapojuje hliníkové dráty k hlavním rozvodným vodičům. Důležité je, aby zapojení probíhalo postupně po fázích, to znamená, že se začíná na první fázi, následuje druhá a třetí, to vše takto analogicky, až jsou zapojeny všechny vodiče.



*Obr. 29: Zapojení vodičů*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Po propojení všech vodičů se obvod zapojí na transformátor a tím je elektrický obvod hotov a může začít ohřev betonu. Na Obr. 30 můžete vidět tři silné kabely, které jsou napojeny na vodiče umístěné na dřevěném prkně. Každý z kabelů představuje jednu fázi.



*Obr. 30: Zapojení el. obvodu*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Pokud některý z vodičů instalovaných v čerstvé betonové směsi bude v kontaktu s ocelovou výztuží, nastává přehřátí vlivem vysokého odporu a hliníkový drát vedoucí od silného vodiče umístěného na dřevěném prkně k vodiči v čerstvém betonu je přetaven. Proto je nutné, aby se po zapnutí transformátoru zkontrolovaly všechny vodiče v betonové směsi a jestliže dojde k přetavení některého z drátů, musí se elektrický obvod vypnout a konkrétní vodič vyjmout a znovu umístit do betonové směsi tak, aby nebyl ve styku s ocelovou výztuží. Na Obr 31 můžete vidět přetavení hliníkového drátu vedoucího k vodiči.



*Obr. 31: Přetavený hliníkový drát*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*



## 2 Betonáž v extrémních teplotních podmínkách

Beton je jedním z nejvíce používaných materiálů ve stavebnictví. Z betonu se staví po celém světě, v některých částech světa o něco méně, v některých naopak zase o trochu více. Ale z určitosti lze říci, že bez betonu bychom nebyli schopni postavit takové stavby, jaké jsme dokázali postavit. To mě přivádí na otázku, co kdybychom neznali beton. Když si představíte, co vše je z betonu postaveno, napadne vás určitě mnoho věcí a to nemusíte mít ani stavební vzdělání. Jen si vezměte třeba elektřinu, věc, bez které si snad ani neumíme představit život. Proč to zmiňuji? Hned pochopíte. Elektřina se vyrábí v elektrárnách, naprostá většina pak v uhelných nebo jaderných elektrárnách. A tyto elektrárny jsou postaveny z betonu. Už pohledem z dálky můžete vidět ohromné betonové komíny tyčící se vysoko nad zemí. Ale nejen komíny jsou v elektrárnách z betonu. Příkladů by se dalo najít daleko, ale daleko více. Vlastně i drtivá většina vodních přehrad je z betonu. Výše zmiňovanými příklady jsem chtěl jen poukázat na to, jak je pro nás beton velmi důležitý, a že si jeho důležitost většinou jen tak neuvědomujeme. Zjednodušeně můžeme říci, že mu vděčíme za elektřinu, vodu a mnoho jiného. Proto je pro nás beton nesmírně důležitý.

Technologii betonu známe již už od starověkých Římanů přibližně okolo roku 200 př.n.l. Sice se na ni zapomělo se zánikem římské říše, ale v druhé polovině 18. století byla znovu objevena. Jak jsem říkal, z betonu se staví po celém světě a i na místech, která nejsou zrovna moc ideální díky svým teplotám. Řeč bude konkrétně o betonáži v zimních podmínkách. Betonovat se totiž dá i v zimě při teplotách, které jsou hluboko pod bodem mrazu, jen se musí provést speciální opatření. Samozřejmě, že pokud je možnost, je lepší provádět betonáž v období, kdy je teplota vyšší než 5°C. Ale někdy to prostě není možné.

Zaměřím se na betonáž prováděnou v České republice a na betonáž prováděnou v Rusku, konkrétně ve městě Krasnojarsk při teplotách nižších než 5°C. Objasníme si největší problémy spojené s nízkou teplotou, a jaké opatření musíme přijmout, abychom kvalitně provedli celý postup betonáže od namíchání betonové směsi přes ukládání až po ošetřování betonu.

## **2.1 Délka zimního období**

Zimní období je definováno jako perioda, kdy průměrná teplota prostředí v průběhu alespoň 3 dnů po sobě je nižší než 5°C. Je třeba vycházet z toho, že totální zpomalení hydratace cementu začíná již při teplotě 5°C a při dalším poklesu se úplně zastavuje. Tyto podmínky opravňují ke zvláštním opatřením při ukládání, dokončovacích pracích, ošetřování a ochraně betonu.

### **2.1.1 Zimní období v ČR**

Průměrný počet dní v ČR, které mají vliv na ukládání betonové směsi je následující:

- průměrný počet dní v roce, kdy je průměrná denní teplota nižší než 5°C, je zhruba okolo 150, toto období trvá asi od začátku listopadu do konce března
- počet ledových dní v roce je asi 30, ledový den je meteorologické označení dne, kdy maximální teplota nevystoupí nad bod mrazu a v celém průměru dne se drží pod 0°C

Z výše uvedeného nám vyplývá, že betonáž v zimním období není malým problémem, pokud totiž máme okolo pěti měsíců v roce teplotu nižší než 5°C, jsme nuceni provádět zvláštní opatření, bez kterých by mohla být betonáž ohrožena.

### **2.1.2 Zimní období v Krasnojarsku**

Průměrný počet dní v Krasnojarsku, které mají vliv na ukládání betonové směsi je následující:

- průměrný počet dní v roce, kdy je průměrná denní teplota nižší než 5°C, je zhruba okolo 210, toto období zhruba začíná v říjnu a končí v dubnu
- počet ledových dní v roce je asi okolo 150

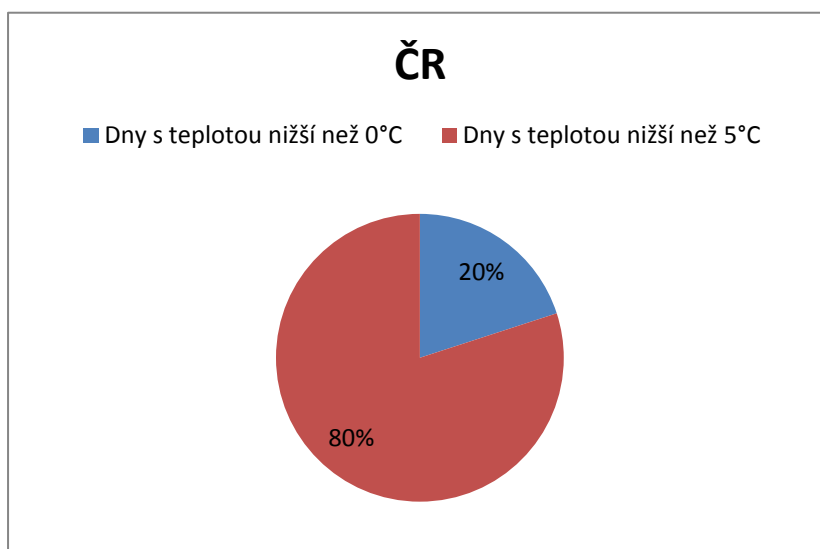
### 2.1.3 Porovnání zimních období

V Tab.1 můžeme vidět porovnání délek zimního období v ČR a v Krasnojarsku. V ČR máme zhruba o 60 dní kratší zimní období, ale daleko markantnější rozdíl můžeme vidět ve dnech s teplotou nižší než 0°C na Obr. 32 a Obr. 33. Tyto informace nejsou zcela přesné, nýbrž pouze orientační, ale i takto je vidět veliký rozdíl teplot, kdy máme dny s teplotou nižší než 0°C.

Tab. 1: Porovnání zimních dní

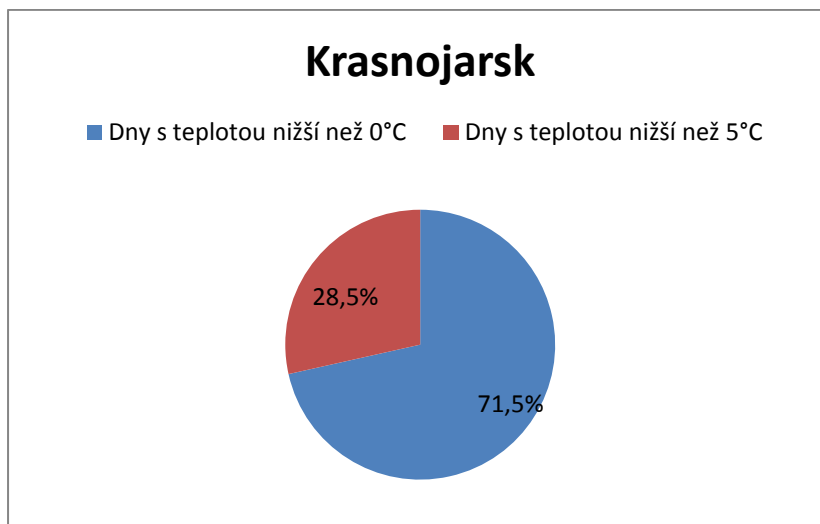
	Dny s teplotou nižší než 5°C	Dny s teplotou nižší než 0°C
<b>ČR</b>	Okolo 150	Okolo 30
<b>Krasnojarsk</b>	Okolo 210	Okolo 150

Zdroj: vlastní tvorba autora



Obr. 32: Graf teplot ČR

Zdroj: Vlastní tvorba autora



Obr. 33: Graf teplot Krasnojarsku

Zdroj: Vlastní tvorba autora

V Tab. 2 můžeme vidět průměrné měsíční teploty v roce. Pro snazší orientaci jsou teploty barevně rozlišeny po 5-ti stupňových intervalech. Z této tabulky je zřejmé, že teploty v Krasnojarsku dosahují nižších hodnot než v ČR. Velmi zajímavé však je, že teploty v šestém, sedmém a osmém měsíci jsou skoro totožné na obou místech, jak v ČR, tak v Krasnojarsku a také můžeme vidět razantnější přechod do minusových teplot. Tento fakt mohu potvrdit z vlastní zkušenosti, kdy se teplota během tří týdnů dostala od 15°C až k -5°C.

Tab. 2: Porovnání průměrných teplot v roce

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
ČR	-2,8	-1,1	2,5	7,3	12,3	15,5	16,9	16,4	12,8	8,0	2,7	-1,0
Krasnojarsk	-15,5	-12,8	-5,7	2	10,4	15,9	18,7	15,7	8,9	2	-7,2	-13,4

Zdroj: vlastní tvorba autora

### **2.1.4 Shrnutí teplotních porovnání**

Z teplotního porovnání nám vyšlo, že zimní období je v Krasnojarsku delší a při porovnání ledových dní z tohoto období zjistíme, že v ČR je 20% dní v zimním období ledových, kdy teplota neklesne pod 0°C, oproti tomu v Krasnojarsku jich je 71,5%. Také tu jsou výrazně nižší průměrné teploty než v ČR. Z vlastní zkušenosti mohu říci, že jsem tu už zažil týden, ve kterém se teplota pohybovala pod -30°C a i přes tuto teplotu jsem viděl jezdit ve městě autodomíchače s betonem. Tyto informace zdůrazňuji proto, že při takto nízké teplotě jsou velmi důležitá opatření, aby betonáž proběhla kvalitně a takto nízká teplota při betonáži neměla vliv na budoucí konstrukci.

## **2.2 Příčiny problémů betonáže v zimním období**

V této kapitole se pokusím nastínit základní problémy betonáže v zimním období, které nám mohou nastat. Budou to problémy cíleně zaměřené na samotnou betonáž, protože vyjmenování všech problémů, které mohou z části souviset s touto problematikou, by bylo opravdu mnoho, tak se budu snažit zaměřit jen na ty přímo související.

### **2.2.1 Zpomalený vývoj pevnosti betonu**

Hydratace se téměř zastavuje při teplotě betonu nižší než 5°C a při teplotách betonu okolo 0°C se může dokonce i přerušit úplně, protože nezbývá voda v tekutém stavu k reakci s cementem. Nárůst pevnosti je odvislý od rychlosti hydratace. Dle *ČSN EN 206-1* nesmí teplota čerstvého betonu v době dodávání být menší než +5°C.

### **2.2.2 Tvorba ledu ve struktuře betonu**

Objem vody se přechodem do tuhého skupenství zvětšuje o 9%. Tím se vytváří v pórové mikrostruktuře hydraulický tlak a nemá-li beton dostatečnou

pevnost, dochází vlivem napětí v tahu k místnímu porušení struktury. Následkem toho se snižuje pevnost betonu, soudržnost cementového kamene s povrchem kameniva s ocelovou výztuží. Proto je třeba beton v raném stádiu tvrdnutí chránit. Česká norma *ČSN EN 13670 Provádění betonových konstrukcí* říká, že teplota povrchu betonu nesmí klesnout pod 0°C, dokud povrch betonu nedosáhne pevnosti v tlaku, při které může odolávat mrazu bez poškození (obvykle více než 5 MPa). Tato minimální pevnost je však nedostatečná pro vícenásobné zmrazování, neboť vzniklé mikrotrhliny se opakovaným zmrazováním rozšiřují i prodlužují a po několika cyklech nastává viditelné porušení betonu

### **2.2.3 Sníh a led v bednění a na výztuži**

Sníh a led ve styku s čerstvým betonem taje a tím se zvyšuje vodní součinitel v oblastech zvýšeného namáhání. Před betonáží je nutné velmi pečlivě odstranit napadaný sníh a led, nejlépe vysušením horkým vzduchem. Výztuž rovněž očistit od ledu a zahřát ji na teplotu alespoň 0°C. V žádném případě se nesmí betonovat na zmrzlou a zledovatělou pracovní spáru. V době betonování má být teplota povrchu pracovní spáry vyšší než 0 °C. Mrazem se totiž nakypří původně ztuhlý podklad do velmi nepravidelné hloubky. Při zvýšení teploty nad bod mrazu nastane jeho nepravidelné sesedání, které může způsobit porušení celistvosti uloženého betonu. Betonáž na zeminu je proto nutné zajistit včasnou tepelnou ochranou podloží v dostatečném předstihu před příchodem mrazů a započítáním betonářských prací.

### **2.2.4 Teplotní diference v průřezu konstrukce**

Velmi účinnou ochranou betonu před zmrznutím je využívání hydratačního tepla vzniklého reakcí cementu. Hydratační teplo je velmi účinné zvláště u masivních konstrukcí, ale na povrchu betonu dochází k ochlazování venkovním chladným vzduchem a vznikají velké teplotní diference proti středu konstrukce, kde je teplota nejvyšší. Teplotní gradienty jsou doprovázeny rozdílnou teplotní dilatací a důsledkem jsou trhliny betonu. K omezení těchto faktorů předepisují opatření *ČSN 732400* a *ČSN ENV 206*.

## 2.3 Příprava, složení a doprava betonové směsi v zimních podmínkách

Jak jsem již uvedl, průběh hydratace určuje teplota betonu, ta je ovlivněna několika faktory, kterými jsou:

- teplota výchozí směsi daná teplotou jednotlivých složek
- složení betonové směsi
- změna při transportu a ukládání do bednění
- tvar konstrukce, druh bednění a tepelně izolační schopnosti bednění
- ošetřování betonu v závislosti na teplotě vzduchu

### 2.3.1 Teplota výchozí směsi

Teplota složek betonu určuje výrobní teplotu betonu a optimální složení betonu zajišťuje vývin hydratačního tepla snižující riziko zmrznutí betonové směsi:

- předehtátí vody (lze až na 70-80°C), avšak vodu o teplotě nad 60°C je třeba zamíchat nejprve s kamenivem, cement nesmí přijít do styku s vodou teplejší než 60°C
- kamenivo lze také předehtát
- ohřátí směsi v míchačce např. horkou párou atd.

Výchozí teplota betonu se dá stanovit obecně výpočtem:

$$T_b = (0,84 \times (C \times T_c + K \times T_k) + 4,2 \times V \times T_v) / (0,84 \times (C + K) + 4,2 \times V) \quad (1)$$

C, K, V                      množství cementu, kameniva, vody

T<sub>b</sub>, T<sub>c</sub>, T<sub>k</sub>, T<sub>v</sub>        teplota betonu, cementu, kameniva, vody

Nejsnazší variantou je ohřev vody, proto si ukažme následně vliv zvýšení teploty vody na celkovou teplotu betonu.

**Příklad:** Porovnejte vliv teploty záměsové vody 5°C a 55°C na stejné receptuře betonu.

množství složek:	cement	300 kg	5°C
	kamenivo	1900 kg	5°C
	voda	155 l	5 nebo 55°C

použitím vzorce (1) obdržíme následující hodnoty:

Teplota betonu  $T_b$  při  $T_v$  5°C = 5°C

$T_b$  při  $T_v$  55°C = 18,02°C

V případě prokazování tohoto vztahu v praxi si však musíme uvědomit, že přidáním takto ohřáté záměsové vody do betonové směsi nejprve razantně ohřejeme cementový tmel a teprve poté se začne následně vedením tepla ohřívat i kamenivo. Takže výsledné teplota betonové směsi vypočítané tímto vzorcem nastane v praxi až za určitou dobu. A pokud je teplota okolního vzduchu nízká, nemusí se teplota směsi dostat na teplotu vypočítanou vzorcem.

### 2.3.2 Složení betonové směsi

Dalším faktorem ovlivňujícím úspěšné provedení betonáže v zimním období, je samotné složení betonové směsi. Směs je třeba trochu pozměnit od jejího běžného složení, které se používá v období, kdy není beton ohrožen nízkými teplotami. Změny to nejsou nikterak zásadního charakteru, ale pár jich přeci jen je. Níže jsem se pokusil uvést ty, které hrají největší roli ve zdárném provedení budoucí betonové konstrukce.



## 1) Cement

U cementu se musí pozorně dbát na jeho uchování, to by mělo být hlavně v suchu a v zimním období by neměl být skladován dlouho. Rychlého vývinu hydratačního tepla je u konstrukcí ohrožených mrazem potřeba, ale je třeba zohlednit vliv tvaru konstrukce z hlediska rozměrů (u masivních konstrukcí je nebezpečí tvorby trhlin rozdílem vývinu tepla na povrchu a uvnitř konstrukce). Jako minimální množství cementu lze doporučit 280 kg/m<sup>3</sup> betonu. V Tab. 3 můžeme vidět nutnou dobu ve dnech pro dosažení pevnosti 5 MPa pro třídy cementu při různé teplotě betonu.

Tab. 3: Porovnání pevností betonů

cement	vodní součinitel	5°C	12°C	20°C
<b>42,2R/52,5/52,5R</b>	0,4	0,5	0,25	0,25
	0,6	0,75	0,5	0,5
<b>42,5/32,5R</b>	0,4	1	0,75	0,5
	0,6	2	1,5	1
<b>32,5</b>	0,4	2	1,5	1
	0,6	5	3,5	2

Zdroj: <http://docplayer.cz/287350-Betonovani-v-zimnim-obdobi.html>

## 2) Vodní součinitel

Voda představuje největší problém pro betonáž v nízkých teplotách. Díky vodě je možná hydratace cementu, ale voda mění své skupenství, jestliže její teplota klesne pod 0°C, tím je ukončen proces hydratace, nemluvě o tom, že se voda mění v led a zvětšuje svůj objem. Proto je doporučeno snížit vodní součinitel, čímž zásadně zrychlíme průběh hydratace. Snížení docílíme přidáním plastifikátorů. Dobré je volit vodní součinitel maximálně 0,55, lépe však pod 0,45.

### 3) Kamenivo

Kamenivo má největší vliv na teplotu betonové směsi, proto je vhodné jej chránit nebo ohřívat. V případě, že je kamenivo na otevřené skládce, jsou důležité údaje o hloubce promrzání kameniva na skládkách, především drobného kameniva - písku.

### 4) Přísady

Použití přísad při zimní betonáži je skoro až nezbytné, pokud chceme eliminovat nepříznivé účinky nízkých teplot a jejich vliv na čerstvý beton. Nejdůležitějšími přísadami, které by se měly použít, jsou přísady plastifikační, které nám dovolí snížit vodní součinitel, tím nám zároveň sníží i riziko zamrznutí záměsové vody. V druhé řadě nám také zajistí lepší tekutost betonové směsi, což má za následek, že se směs dokonale rozlije do všech míst bednění a zlepší jakost betonu. Druhou přísadou jsou urychlovače tuhnutí. Ty mají za následek zrychlení hydratace, to vede k rychlejšímu nárůstu počáteční pevnosti, snížení času ošetřování a hlavně ke zkrácení doby tuhnutí v případě zimní betonáže. V minulosti byl jako urychlovač tuhnutí používán (chlorid vápenatý)  $\text{CaCl}_2$  jako snadno dostupná a vysoce účinná látka. V důsledku chloridových iontů však způsobuje iniciaci koroze výztuže, proto  $\text{CaCl}_2$  nemůže být použit pro vyztužené a předepnuté betonové konstrukce. Dnes se používají látky na bázi dusitanu vápenatého ( $\text{Ca}(\text{NO}_2)_2$ ), či dusičnanu vápenatého ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) a dalších. Použití dusičnanu vápenatého využívá jeho dvou účinků. Tím prvním je vápenatý iont  $\text{Ca}^{2+}$ , který vede k rychlejší tvorbě  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a tím probíhá tuhnutí betonu rychleji. Druhým je potom účinek dusičnanového iontu  $\text{NO}_3^{2-}$ , který vede k tvorbě  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  a tím se snižuje koroze výztuže v betonu.

#### 2.3.3 Transport betonu

Transport betonu do 15 minut v uzavřeném bubnu autodomíchače v případě plného nákladu 4 - 8 m<sup>3</sup> nesníží při teplotě vzduchu nad 0°C teplotu betonu. Řidiči automíchačů za těchto teplot využívají snížené otáčky bubnu, aby nedocházelo

k rychlému ochlazování betonu od povrchu bubnu. Při betonování v nižších teplotách lze průměrně očekávat ztrátu do cca 5K.

## **2.4 Způsoby ohřevu betonové směsi**

V praxi se můžeme setkat s mnoha druhy ohřevu čerstvé betonové směsi. Každý z těchto druhů má své pozitivní a negativní stránky, které se odrazí v jeho ceně nebo náročnosti na technickou kázeň.

### **Nepřímý ohřev betonové směsi**

Nepřímý ohřev betonové směsi lze použít zejména v případech, kdy provádíme betonáž v již stávajícím prostoru a jsme schopni tento prostor odizolovat od venkovního prostředí. Následně je tento prostor vytápěn horkým vzduchem. Tento způsob můžeme, ale také použít na staveništi, kdy obalíme celou konstrukci plachtou a budeme tento prostor vyhřívat. Způsob tohoto ohřevu není v praxi moc využíván díky své náročnosti

### **Ohřev betonu vyhřívaným bedněním**

Uložený beton je možné přímo ohřívat pomocí vyhřívaného bednění. Užívá se k tomu speciální systémové dvouplášťové bednění, které je z vnější strany opatřeno tepelnou izolací. K ohřevu bednění se používá topných elektrických kabelů apod. Ohřev musí být zajištěn tak, aby ani při tomto způsobu ohřevu nepřekročila teplota betonu hodnotu 60° C.

Tento způsob ohřevu není hojně využíván, protože je toto bednění je nákladné a často poruchové.

### **Elektroohřev betonu**

Elektroohřev betonu je zatím asi nejlepším způsobem ohřevu a to i v porovnání jeho nákladů a pracnosti k ostatním způsobům ohřevu betonu. Tento způsob využívá elektrické energie k přeměně na tepelnou a tím tak zahřívá betonovou směs.

## **2.5 Elektroohřev betonu**

Tento způsob ohřevu betonové směsi je nejvíce běžným pro svoji efektivitu a nižší pracnost, než je tomu u jiných způsobů ohřevu betonu. Tímto způsobem jsme schopni provádět betonáž i při  $-25^{\circ}\text{C}$ . Princip tohoto způsobu ohřevu je přitom velice jednoduchý, stručně řečeno, do betonu jsou instalovány vodiče, které jsou napojeny na elektrický obvod, a přeměnou elektrické energie na tepelnou je beton zahřívám.

### **2.5.1 Přeměna el. energie na tepelnou energii**

Protéká-li proud vodičem, dochází k jeho zahřívání a vzniká teplo. Při elektroohřevu se do betonu instalují vodiče, což není nic jiného než železný drát, jímž protéká elektrický proud. Využívá se jeho odporu, který klade při průchodu elektrického proudu, protože atomy krystalické mřížky vodičů tvoří překážky pohybu elektronů, elektrony do nich naráží a zpomalují svůj pohyb. Kmitání atomů nám způsobuje, že se vodič ohřívá.

### **2.5.2 Elektroohřev topnými dráty**

Tento způsob ohřevu betonu se používá u tenkostěnných konstrukcí, jako jsou stěny a stropy. Je to asi nejvíce rozšířený postup.

Základem tohoto druhu ohřevu je odporový drát, což je vlastně ocelový drát o průměru 1,0 - 1,4 mm obalený izolací. Instalace tohoto drátů probíhá zároveň s armovacími pracemi nebo těsně po nich, kdy je drát upevněn k výztuži a následně zabetonován. Na Obr. 34 je znázorněna jeho instalace na výztuži stropu budovy.

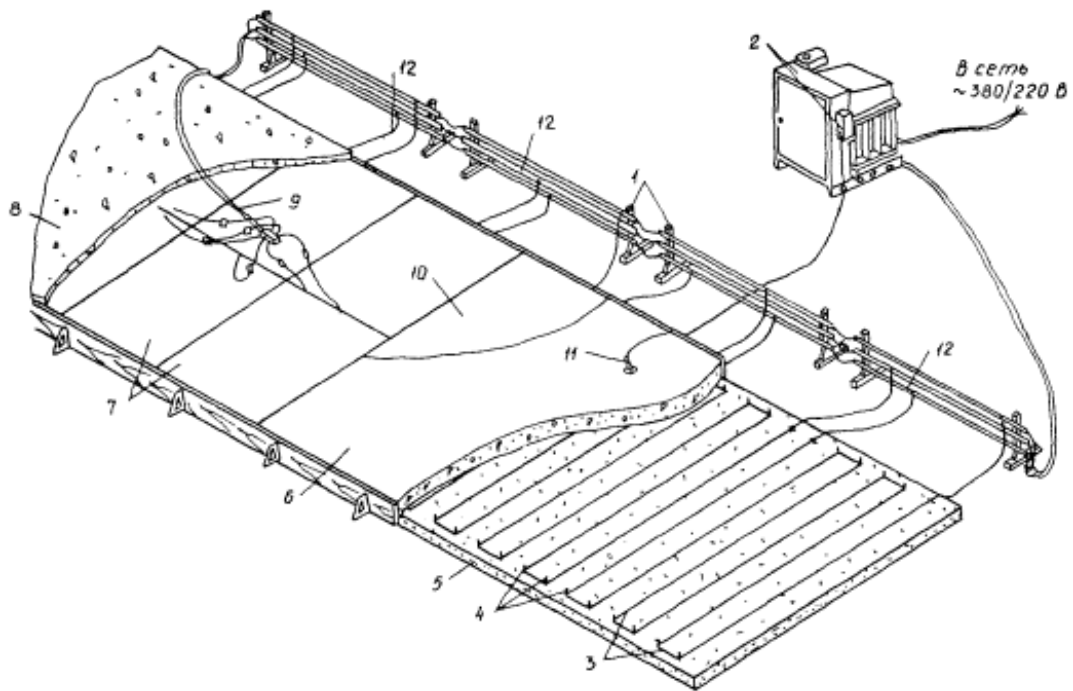


*Obr. 34: Instalace topných vodičů*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

Velice důležité je, aby smyčka instalovaného topného vodiče byla dokonale obklopena betonem, který vytvoří odpovídající tepelný svod a smyčka nesmí být v žádném případě vyváděna mimo betonovaný prvek. V takovém případě vzduch, jako špatný vodič tepla může způsobit přehřátí vodiče a jeho následné zlomení. Proto musí být vyvedení vodiče ke zdroji energie mimo beton uskutečněno vždy vodičem z materiálu s malým elektrickým odporem, který je připojen na topný vodič prostřednictvím spojky umístěné ještě v betonu. Zdrojem energie k ohřevu slouží transformátor k tomu přímo určený.

Na Obr. 35 můžete vidět konečné zapojení topného drátu. V betonové směsi jsou umístěné spojky, které spojují topný drát s vodičem o menším odporu, ten je dále napojen na tzv. přípojnicí, která je napojena přímo do speciálního transformátoru pro ohřev betonu.



Obr. 35: Zapojení topného drátu

Zdroj: [http://snipov.net/database/c\\_3384567095\\_doc\\_4293835907.html](http://snipov.net/database/c_3384567095_doc_4293835907.html)

### 2.5.3 Elektroohřev vodiči

Druhým hojně využívaným typem elektroohřevu je ohřev pomocí tyčových vodičů, což jsou nejčastěji ocelové dráty o průměru 4 - 6 mm a délce okolo 1 m, které jsou na rozdíl od předešlého způsobu ohřevu neizolované. Tento ohřev se dá použít jak pro tenkostěnné konstrukce (stěny, podlahy), tak i pro sloupky a základy, kde se primárně používá. V kapitole 1.2 jsou fotky pořízené přímo ze stavby, kde byl tento způsob ohřevu prováděn i s popisem zapojení. Na Obr. 36 můžete vidět, jak takové zapojení vypadá.



*Obr. 36: Zapojení topných vodičů*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

U tohoto způsobu ohřevu je nutné měřit teplotu betonu každé dvě hodiny a tento údaj zapisovat do protokolu. Na Obr. 37 můžete tento protokol vidět i jeho překladem v Tab. 4.

Дата пробки бетона	Марка бетона, наличие добавок, осадка конуса	Наименование изготавливаемых конструкций, № чертежа, схемы	$t^{\circ}$ бетона в момент приёма	Вид прогрева	$t^{\circ}$ наружного воздуха	$t^{\circ}$ бетона в момент подкл. эл.прогрева	Время замера (час, мин)	$t^{\circ}$ бетона в момент замера
30.01.16	M 300	Стяжка арматурная в осадке 160 мм по осадке 160 мм 24-1	+14 $^{\circ}$ C	электрический 5 ВРЛ	-12 $^{\circ}$ C	+11 $^{\circ}$ C	11 <sup>00</sup>	15 $^{\circ}$ C
							13 <sup>00</sup>	16 $^{\circ}$ C
							15 <sup>00</sup>	20 $^{\circ}$ C
							17 <sup>00</sup>	27 $^{\circ}$ C
							19 <sup>00</sup>	35 $^{\circ}$ C
							21 <sup>00</sup>	41 $^{\circ}$ C
							23 <sup>00</sup>	49 $^{\circ}$ C
							01 <sup>00</sup>	54 $^{\circ}$ C
							03 <sup>00</sup>	55 $^{\circ}$ C
							05 <sup>00</sup>	59 $^{\circ}$ C
							07 <sup>00</sup>	59 $^{\circ}$ C
							09 <sup>00</sup>	55 $^{\circ}$ C
							11 <sup>00</sup>	55 $^{\circ}$ C
							13 <sup>00</sup>	54 $^{\circ}$ C
							15 <sup>00</sup>	55 $^{\circ}$ C
							17 <sup>00</sup>	53 $^{\circ}$ C
							19 <sup>00</sup>	51 $^{\circ}$ C
							21 <sup>00</sup>	48 $^{\circ}$ C
							23 <sup>00</sup>	42 $^{\circ}$ C
							01 <sup>00</sup>	33 $^{\circ}$ C
							03 <sup>00</sup>	30 $^{\circ}$ C
							05 <sup>00</sup>	27 $^{\circ}$ C
							07 <sup>00</sup>	21 $^{\circ}$ C

Процесс выполнен 30.01.16  
 Мастер Работосеркин А.А.  
 Заместитель Мещеряков В.И.

Obr. 37: Protokol o teplotě betonu

Zdroj: Vlastní tvorba autora



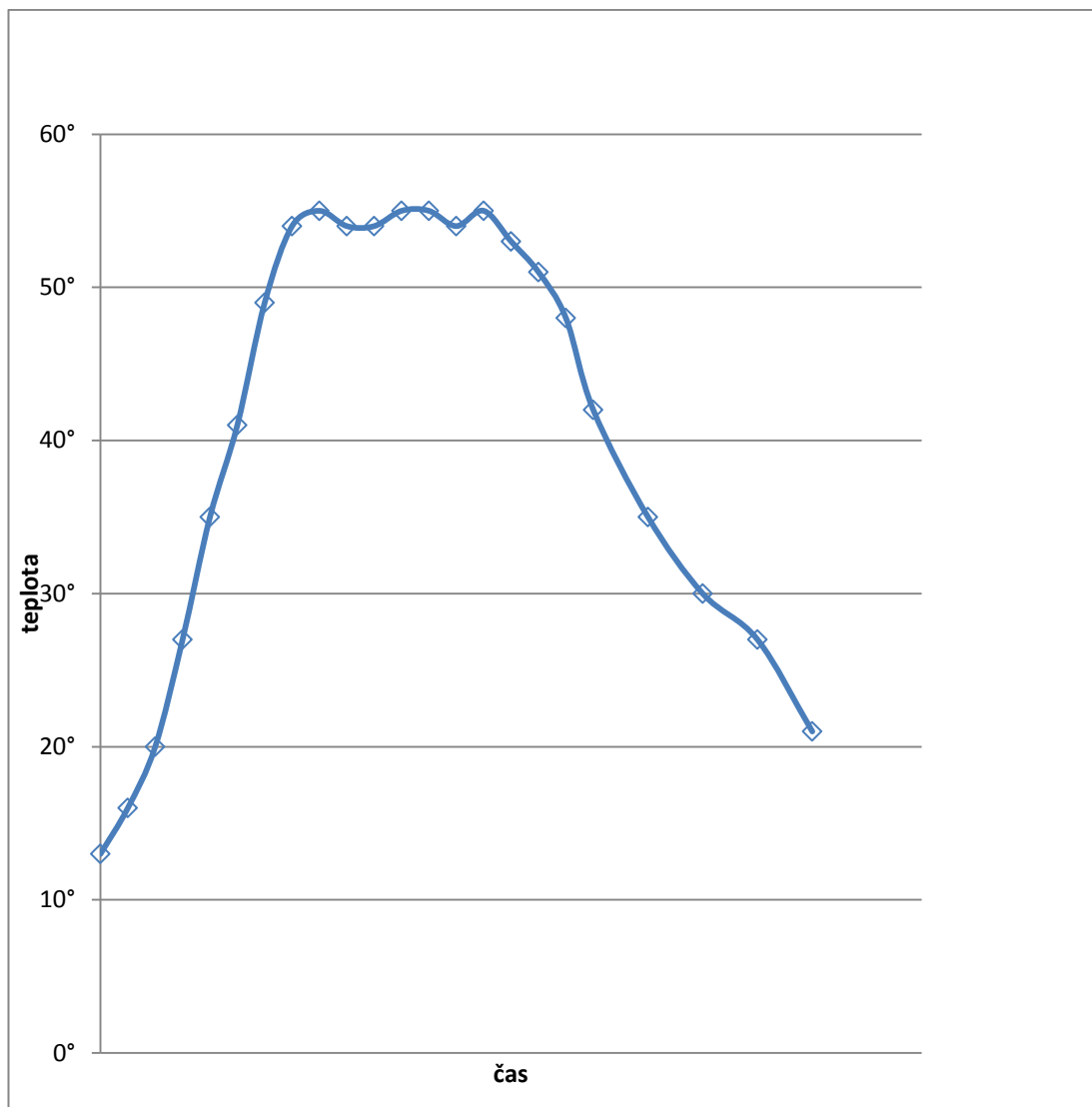
Tab. 4: Protokol o teplotě betonu

Teplota betonu v momentu přejímky	Způsob ohřevu	Teplota vzduch	Teplota betonu v momentu instalace el. ohřevu	Čas měření	Teplota betonu v době měření
+14°C	vodiči	-18 °C	+11°C	11:00	13°C
				13:00	16°C
				15:00	20°C
				17:00	27°C
				19:00	35°C
				21:00	41°C
				23:00	49°C
				1:00	54°C
				3:00	55°C
				5:00	54°C
				7:00	54°C
				9:00	55°C
				11:00	55°C
				13:00	54°C
				15:00	55°C
				17:00	53°C
				19:00	51°C
				21:00	48°C
				23:00	42°C
				4:00	35°C
				8:00	30°C
				12:00	27°C
				16:00	21°C

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Důležité zásady ohledně teploty jsou následující:

- dovolený nárůst teploty je maximálně 20°C za hodinu
- maximální teplota izotermického ohřevu nesmí překročit 60°C
- dovolený pokles teploty při chladnutí je nejvýše rychlostí 10°C za hodinu



Obr. 38: Graf teplot betonu

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Na Obr. 38 je znázorněn graf teploty betonové směsi závislý na čase. Hodnoty jsou vzaty z protokolu na Obr. 37. V grafu je jasně vidět počáteční nárůst teploty až do izotermického ohřevu, kdy se teplota ustálí a potom následuje proces chladnutí.

## 2.6 Porovnání betonáže

Jestliže se rozhodneme porovnat betonáž v Rusku oproti betonáži v ČR, hraje zde hlavní faktor délka zimního období, která je popsána v kapitole 2.1.3 a také v

kapitole 3.4.1, a dále také ještě extrémnost klimatu. V Rusku díky tomuto klimatu musely vzniknout speciální metody, jak provádět betonáž i v těchto podmínkách, protože by jinak byl růst stavebního průmyslu velice eliminován.

V ČR takové problémy nemusíme řešit, proto nemáme mnohdy o takovýchto metodách ani ponětí, což je asi největší rozdíl, pokud porovnááme betonáž. V Tab. 5 můžete vidět porovnání betonáže v zimním období.

Tab. 5: Porovnání betonáže v zimním období

<b>Porovnání betonáže v zimním období</b>		
	<b>ČR</b>	<b>Rusko</b>
Min. teplota betonové směsi ve chvíli dodání	5°C	5°C
Min. teplota vzduchu, kdy se může betonovat	-	-25°C
Opatření pro betonáž v nízkých teplotách zaneseno v legislativě	Ne	Ano

Zdroj: Vlastní tvorba autora

### **3 Porovnání energetické a finanční náročnosti výstavby v extrémních klimatických podmínkách**

V této kapitole se budu věnovat, jak dokáží či mohou ovlivnit extrémní klimatické podmínky výstavbu, kde se zaměřím konkrétně na energetickou a finanční stránku. Extrémními podmínkami mám na mysli velmi nízké teploty, ale pokusím se udělat i malé porovnání s teplotami naopak vysokými.

Energetická a finanční stránka je úzce spojena, pokud musíme vynaložit k výstavbě velké množství energie, znamená to, že finanční prostředky nám úměrně vzrostou ku energii. Ne vždy však tato závislost platí. Je potřeba se na tuto problematiku podívat podrobněji, protože to, co se nám v České republice může zdát drahé a energeticky náročné, nemusí pro ostatní země vypadat stejně. Pokud se oprostíme od tohoto pohledu na věc a zaměříme se jen na náročnost energetických, potažmo finančních prostředků na výstavbu, jsme schopni sestavit jakési hlavní obecné aspekty této problematiky. V této kapitole si také ukážeme příklad porovnání finanční a energetické stránky, který se bude týkat města Krasnojarsk.

#### **3.1 Faktory ovlivňující náročnost výstavby**

Nejvíce ovlivňujícími faktory náročnosti výstavby v extrémních klimatických podmínkách jsou:

- poloha místa určeného k výstavbě
- dopravní spojení na toto místo
- klimatické podmínky
- geologické podmínky
- zdroj energie k výstavbě (el. proud, benzín,...)

Pokud známe tyto hlavní faktory, jsme předběžně schopni odhadnout náročnost výstavby. Tyto faktory jistě platí i pro výstavbu v běžných klimatických podmínkách, pokud se ale podíváme na stránku věci z jiného úhlu pohledu, zjistíme,

že v extrémních klimatických podmínkách to platí dvojnásob. Protože v oblastech, kde jsou extrémní klimatické podmínky, nemusí být rozvinuta taková infrastruktura jako v oblastech s mírným klimatem. Není tam logicky tak velké zalidnění, což vede i k menšímu počtu služeb poskytovaných na tomto území. Ale může nastat i opačný případ, kdy je i v takových místech rozvinuta infrastruktura.

### **Poloha místa**

Proto je poloha jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňující náročnost výstavby. Pokud se totiž stavba nachází daleko od větších měst nebo míst, kde jsou situovány betonárny a sklady stavebních materiálů, zvýší to o mnoho finanční stránku věci. Jako příklad si můžeme uvést stavbu chemického závodu na těžbu nerostných surovin na severu Sibíře. Stavba může být vzdálena několik stovek kilometrů od civilizace, proto bude velice nákladná doprava materiálu na stavbu a také zdroj elektrické energie, který bude muset být zajištěn agregáty na fosilní paliva jako je benzin nebo nafta. Jestliže nastane druhý případ, který je daleko častější a stavba je prováděna buď v extrémních klimatických podmínkách, ale již v blízkosti měst, či přímo v nich, je situace diametrálně odlišná. Odpadá problém zásobování stavebním materiálem a také elektrickou energií.

### **Dopravní spojení**

Dopravní spojení je největším problémem, pokud se stavba nachází daleko od nejbližších měst, či v takové vzdálenosti, kdy nelze bezpečně přepravit betonovou směs vlivem extrémních teplot.

### **Klimatické podmínky**

Klimatické podmínky se mohou lišit i v již už tak extrémních podmínkách. A je rozdíl jestli betonujete -25°C, což je docela běžné a nebo v -50°C, kdy už jde o samotné zdraví pracovníků a nehledě na to, že by opatření byla nesmírně nákladná.

## **Geologické podmínky**

Geologické podmínky hrají velmi důležitou roli, protože v oblastech, kde jsou extrémní klimatické podmínky, se většinou nachází také permafrost, na kterém je velice těžké správně založit budovu. A dalším nepříznivým faktorem, pokud zrovna nechceme zakládat na permafrostu, je ten fakt, že země je zmrzlá a musíme vynaložit velké množství energie k odtěžení její zmrzlé vrstvy.

## **Zdroj energie**

Zdrojem energie k výstavbě je v našem případě elektrický proud, bez něj bychom se neobešli. Drtivá většina pracovních nářadí a mnoho jiných věcí ať už jeřábů, světel nebo stavebních výtahů, které se nachází na stavbě, funguje právě díky již zmiňovanému elektrickému proudu. V extrémních klimatických podmínkách je ho potřeba skutečně mnoho a to čtyřicet hodin denně.

## **3.2 Nejvíce energeticky náročné procesy**

V této kapitole si představíme nejvíce energeticky a potažmo i finančně náročné procesy, které se v běžné výstavbě mohou vyskytnout. Budeme uvažovat, že stavba je prováděna ve městě a tudíž bude jediným ovlivňujícím faktorem nízká teplota, také všechny zmíněné stavební procesy budou probíhat v extrémních klimatických podmínkách a stavba bude prováděna za pomoci mokrého způsobu, nikoliv suchého. Stavění je totiž možné rozdělit podle způsobu provádění na tzv. procesy suché a procesy mokré:

- mokrý způsob zahrnuje výstavbu přímo na místě s využitím malty a cihel nebo formou železobetonových konstrukcí. Výstavba tímto způsobem je tradiční a velmi rozšířená, obnáší však nevýhody v zimních měsících, kdy malta či beton nemusí kvůli nízkým teplotám správně vytvrdnout a je proto buď nutné stavbu přerušit, nebo použít zvláštní opatření

- suchý způsob využívá tzv. systém prefabrikace, kdy je budoucí konstrukce vyráběna předem a zpravidla sériově v továrně, ze které se hotové prvky převážejí na místo stavby a zde se následně montují dohromady a kompletuje se celá stavba

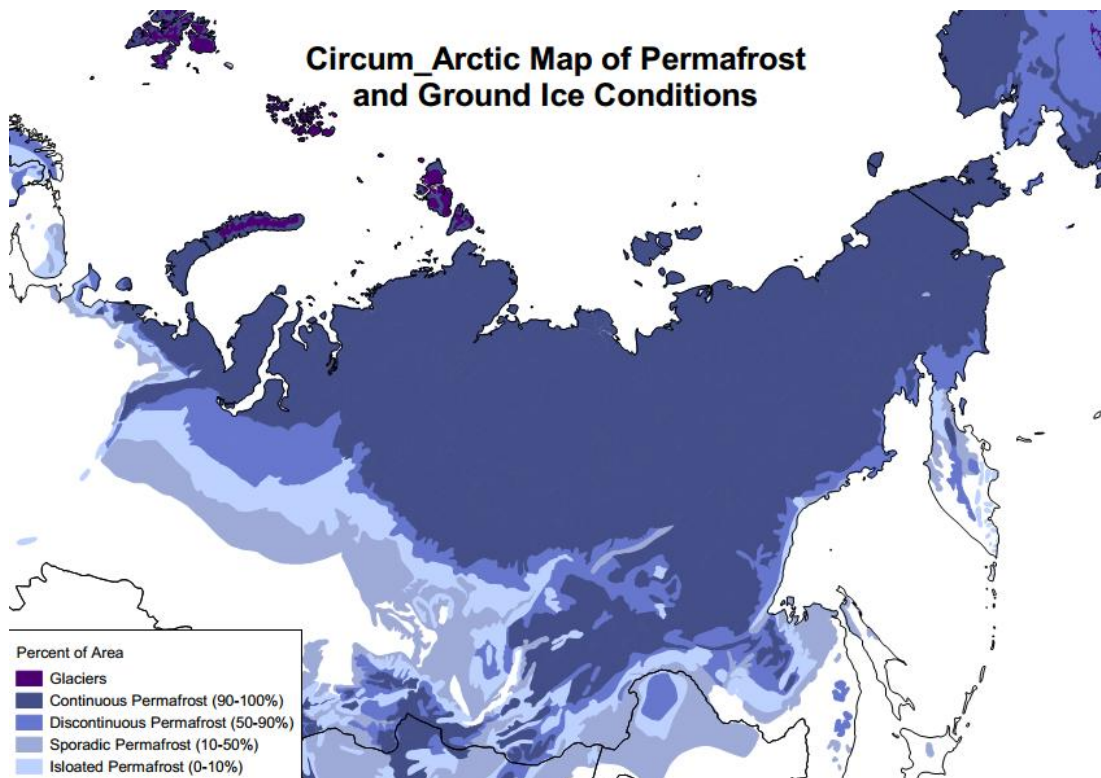
Z tohoto rozdělení plyne, že největší úskalí výstavby představuje mokrá způsob, proto jsou také nejvíce náročnými procesy výstavby v extrémních klimatických podmínkách ty, u kterých je nutnost potřeby vody. Potom jsou naším hlavním cílem udělat taková opatření, která nám zabezpečí, že jsem schopni i za nízkých teplot provádět mokré procesy bez toho, aby byla ohrožena jejich výsledná kvalita. Ta musí odpovídat platným normám a předpisům, proto jsou obzvláště v zimním období prováděny rozsáhlé zkoušky na betonových konstrukcích, aby se ověřila kvalita.

### **3.2.1 Základové konstrukce**

Základové konstrukce jsou velmi důležité, neboť na nich stojí celá budova, kvůli tomu je jejich dokonalé provedení nezbytné. Z hlediska energetické náročnosti skýtá jejich výstavba hlavní problémy, kterými jsou:

- a) zmrzlá země
- b) základová konstrukce prováděna mokrým procesem

Zmrzlá země představuje problém v oblastech s extrémními klimatickými podmínkami, jelikož se v těchto místech nachází buď permafrost a pokud ne, tak země může být promrzlá do hloubky až několika metrů. Jako dobrý příklad si můžeme uvést Rusko, které je znázorněno na Obr. 39. Na této mapě je vidět, že více než 65% jeho plochy pokrývá permafrost. Zakládat stavby na permafrostu je nesmírně náročné a složité.



Obr. 39: Mapa permafrostu v Rusku

Zdroj: Vlastní tvorba autora

### 3.2.2 Hrubá stavba

V extrémních klimatických podmínkách je velmi častá a oblíbená výstavba z prefabrikovaných dílců a to z toho důvodu, že se nám minimalizují mokré procesy. Tím odpadají drahé opatření na ošetřování maltových a betonových směsí a taky se výstavba výrazně urychlí.

Ve druhém případě je stavba prováděna pomocí tzv. mokrých procesů, mohlo by se zdát, že tento způsob provádění staveb nebude mít velké zastoupení kvůli již zmíněným důvodům, ale i zde je pravdou a tyto stavby se staví v hojném počtu navzdory svým negativům.

U hrubé stavby je bezesporu nejvíce energeticky náročným stavebním procesem betonáž. V kapitole 2 je podrobněji rozebrána její problematika.

Dalším velice náročným procesem je zdění. Ne všechny stavby jsou monolitické železobetonové, a jak víme, ke zdění je zapotřebí malty a ta je též založená na mokrém procesu.



### 3.2.3 Dokončovací procesy

U dokončovacích procesů máme několik procesů, které jsou v extrémních klimatických podmínkách energeticky náročné. Znovu se to bude týkat hlavně procesů mokrých, kterými jsou: zhotovení přiček, lití podlah, pokládka dlažby a mnoha dalších. Nemusí se to ale týkat jen mokrých procesů, protože dokončovací práce vyžadují velkou přesnost a pečlivost, což se ve velkých mrazech bude pracovníkům jen těžko dodržovat. Proto zde máme jedno řešení, které nám tyto problémy vyřeší, i když je energeticky náročné a tím je zakrytí patra nebo prostoru, kde probíhají práce plachtou nebo jiným materiálem. Tento uzavřený prostor je pak vyhříván například horkovzdušnými ventilátory a tím je docílena optimální teplota k úspěšnému provádění těchto stavebních procesů. Je to de facto jediné řešení pro všechny tyto procesy.

Na Obr. 40 můžete takovéto zakrytí vidět. Jedná se o zakrytí celé stavby, kde bude probíhat rekonstrukce.



*Obr. 40: Obalení stavby*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*

### **3.2.4 Shrnutí energeticky náročných procesů**

V této kapitole si stručně shrneme nejvíce náročné stavební procesy z hlediska vynaložené energie na jejich provedení. Každá stavební část bude mít svoji tabulku, kde budou uvedeny její nejvíce náročné procesy, důvod, proč jsou tyto procesy tak náročné, jejich řešení a jako poslední bude uveden hlavní zdroj energie, který je k tomu zapotřebí. Toto shrnutí můžete vidět v Tab. 6,7 a 8.

Tab. 6: Porovnání náročnosti procesů základových konstrukcí

<b>ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE</b>			
<b>ENERGETICKY NÁROČNÉ PROCESY</b>	<b>DŮVOD NÁROČNOSTI</b>	<b>ŘEŠENÍ</b>	<b>ZDROJ ENERGIE</b>
- jakýkoliv zásah do půdy (skrývka)	- půda je zmrzlá až do hloubky	- postup prací po menších	- fosilní paliva
- rozmrazování půdy	- půda je zmrzlá až do hloubky několika metrů = obtížná těžitelnost	- použití hořlavých látek, které se aplikují na půdu k jejímu rozmražení  - rozmrazení půdy pomocí el. proudu	- fosilní paliva  ( benzín, nafta )  - dřevo  -uhlí  -rašelina

Zdroj: vlastní tvorba autora

Tab. 7: Porovnání náročnosti procesů hrubé stavby

<b>HRUBÁ STAVBA</b>			
<b>ENERGETICKY NÁROČNÉ PROCESY</b>	<b>DŮVOD NÁROČNOSTI</b>	<b>ŘEŠENÍ</b>	<b>ZDROJ ENERGIE</b>
<b>- betonáž</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- v teplotách pod 5°C se zpomaluje proces hydratace cementu a v teplotě pod bodem mrazu se tento proces zastaví s tím je spojen problém dopravy a taky ošetřování čerstvého betonu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- jednotlivé složky betonové směsi jsou předem ohřáty</li> <li>- jsou provedena opatření ke zvýšení teploty betonové směsi umístěné v bednicích prvcích</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vodní pára v betonárnách</li> <li>- el. proud</li> </ul>
<b>- zdění</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- přítomnost vody v maltě a její možné zamrznutí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- přísady proti zamrznutí vody</li> <li>- obalení budov a její následné vyhřívání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- el. proud</li> </ul>

Zdroj: vlastní tvorba autora

Tab. 8: Porovnání náročnosti procesů dokončovacích prací

<b>DOKONČOVACÍ PROCESY</b>			
<b>ENERGETICKY NÁROČNÉ PROCESY</b>	<b>DŮVOD NÁROČNOSTI</b>	<b>ŘEŠENÍ</b>	<b>ZDROJ ENERGIE</b>
<p><b>- všechny mokré procesy</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nebezpečí zmrznutí vody ( betonové mazaniny, lepidla, malta,... )</li> <li>- tyto procesy jsou náročné na přesnost, což se ve velkých mrazech pracovníkům nemusí podařit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- obalení patra nebo celé konstrukce či utěsnění jeho otvorů a následné vyhřívání</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- el. proud</li> </ul>

Zdroj: vlastní tvorba autora

## **Závěr**

Pokud shrneme tuto kapitolu, kde jsme si určili nejvíce energeticky náročné procesy, jsme schopni z toho udělat závěry. Z tabulek výše nám vyplývá několik zajímavých faktů, kterými jsou:

- nejvíce energeticky náročné stavební procesy mají jedno společné a tím je tzv. mokry proces
- hlavní zdroj energie na tyto procesy je elektrický proud

Proto si trůfám říci, že výstavba v extrémních klimatických podmínkách je podmíněna množstvím mokrych procesů. A stavba je více energeticky náročná, protože musí přijmout určitá technická opatření, aby se tyto procesy daly vůbec provést.

Hlavním energetickým zdrojem je elektrický proud, který je nezbytně nutný, aby mohla být taková opatření provedena. A jeho spotřeba je několikrát vyšší než za optimálních podmínek pro výstavbu, kdy nepotřebujeme opatření, která jsou vyvolána extrémními klimatickými podmínkami.

### **3.3 Finanční stránka výstavby v extrémních klimatických podmínkách**

Určitě jste si všimli, že v předchozích kapitolách věnovaným energetické a finanční náročnosti výstavby v extrémních klimatických podmínkách, nebyly zmínky o finanční stránce, nýbrž jen o té energetické. Důvod to má prostý, v předchozích kapitolách jsme si nejdříve museli určit nejvíce energeticky náročné procesy. Poté, jaké opatření jsou zapotřebí, aby mohly být tyto procesy úspěšně provedeny a hlavně také největší zdroj energie, který je použit k jejich provedení. Pokud toto vše známe, můžeme se zaměřit na finanční stránku věci. Má to ale jeden háček, zatímco jsme schopni bezpečně určit náročnost těchto procesů, které se dají aplikovat kdekoliv na světě, tak u finanční náročnosti to tak jednoduché nebude.

Energetická náročnost na stavební procesy je přibližně stejná, ať už stavíme na Sibiři nebo na severu Kanady. Klimatické podmínky jsou stejně extrémní na obou

těchto místech, liší se jen svou extrémností, kdy na jednom místě mohou být teplotní podmínky horší než na druhém, což nám ovlivní spotřebu energie.

U finanční náročnosti to tak obecně neplatí, protože nás už ovlivňuje více faktorů, než to bylo u energetické náročnosti. Zatímco u energetické náročnosti jsme řešili stavební procesy v extrémních klimatických podmínkách a zdroj této energie k jejich provedení, teď se nám do hry dostává poloha místa, konkrétně, ve kterém státu, bude výstavba prováděna. Tomuto zjištění jsou následně podmíněny tyto faktory, kterými jsou:

- rozdílné ceny energií
- možnost zásobování těmito energiemi
- ceny stavebních materiálů
- ceny jednotlivých prací

Jistě by se dalo najít spoustu dalších důvodů, ale tyto jsou těmi hlavními, které nám ovlivní cenu nutných technických opatření a procesů vyvolaných extrémními klimatickými podmínkami. Druhý z důvodů uvažujeme pouze tehdy, je-li stavba prováděna ve velké vzdálenosti od možných energetických zdrojů, například, když místo pro stavbu leží stovky kilometrů od nejbližší civilizace. Možná si říkáte, proč tu uvádím zrovna tento extrémní příklad, ale vysvětlení je jednoduché. Protože pokud se rozhodnete stavět v extrémních klimatických podmínkách má to dva hlavní důvody, kterými jsou:

- stavba je z největší pravděpodobnosti budována na tak odlehlém místě a v takto extrémních klimatických podmínkách z důvodu finančního zisku, které toto místo zaručuje, příkladem mohou být továrny na zpracování drahých kovů či ropné závody, ale je tu i druhý nekomerční důvod, kterým je vybudování vědeckých stanic na takových to místech
- v místech s extrémními klimatickými podmínkami již existují města a toto území má vyvinutou infrastrukturu jako v místech s mírnějším klimatem

U prvního z důvodů se bude jednat o provádění staveb průmyslového charakteru a staveb speciálních. Tyto stavby nejsou zdaleka stavěny s takovou frekvencí jako stavby ve druhém případě, kdy se jedná o stavby k bydlení a občanské vybavenosti.

### **3.4 Porovnání finanční náročnosti výstavby v Rusku**

Aby bylo možné spočítat cenu stavby v Rusku, existuje norma, která se touto problematikou přímo zabývá. Nazývá se *ГЧН 81-05-02-2007 Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время*, přeložit by se dala jako sborník dodatečně odhadovaných nákladů při výrobě stavebních a montážních prací v zimním období. Jednoduše řečeno, jsme schopni z této normy vypočítat procento, o které se nám stavba prodraží. Tato norma vychází z několika faktorů, které nám zvýší cenu stavby a jimiž jsou:

**a) faktory, které ovlivňují pokles produktivity práce:**

- omezení pohybu pracovníku vlivem teplého oblečení
- zhoršení viditelnosti v zimě na pracovišti, přítomnost ledu a sněhu na pracovišti, potřeba procesu odstraňování sněhu z pracoviště
- ztráta pracovní doby spojené s přestávkami k ohřátí, pokud je venkovní teplota od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $-35^{\circ}\text{C}$  a s nížením pracovní doby při teplotě nižší než  $-30^{\circ}\text{C}$
- zhoršení vlastností mechanických strojů

**b) složitost procesů způsobené nízkou teplotou**

- příprava dočasných zařízení pro vytápění
- dočasné oteplování nádrží s vodou

**c) nutnost použití speciálních metod práce při teplotách pod bodem mrazu**

- uvolnění zmrzlé půdy
- ochrana půdy před mrazem



- rozmrazování půdy
- urychlování tvrdnutí betonu a malty
- použití elektroohřevu
- vytápění

**d) dodatečné náklady na ztráty materiálu při práci v zimním období**

### 3.4.1 Určení o kolik procent se prodraží stavba

Jak už bylo řečeno, jsme z této normy schopni spočítat, o kolik procent se nám celá stavba prodraží vlivem již zmíněných faktorů v předešlé kapitole. Abychom mohli ale určit přesné procento, je potřeba znát vstupní údaje o stavbě. To znamená, že musíme vědět, kde chceme stavbu provádět a o jaký typ stavby se jedná. Rusko je velká země, je dokonce největší na světě, a proto má každý region jiné klimatické podmínky. Jak můžete vidět v Tab. 9, je Rusko rozděleno do osmi teplotních zón podle teplotních podmínek.

Tab. 9: Teplotní zóny

Teplotní zóny	Průměr měsíčních teplot v zimním období [C°]
I	do -3
II	do -5
III	do -8
IV	do -12
V	do -18
VI	do -25
VII	do -31
VIII	-31 a níže

Zdroj: FCH 81-05-02-2007

Tabulka výše nám udává jen počet teplotních zón, ale je nezbytná k dalším krokům. Podle polohy místa k plánované výstavbě jsme totiž schopni určit, v jaké teplotní zóně se naše stavba nachází. To zjistíme z tabulky, která zahrnuje celé území Ruska. Její malý výsek s vybranými regiony můžete vidět v Tab. 10.

Tab. 10: Teritoriální rozdělení Ruska podle teplotních zón

Pořadové číslo	Název republiky, území, kraje, okresu	Teplotní zóna	Délka zimního období		Koeficient
			začátek	konec	
14	Republika Sacha (Jakutsko)				
	Vjerchojanskij, Momskij, Ojmjajonskij, Tomponckij okres	VII	25.9.	15.5.	1
20	Čečenská republika	I	10.11.	28.2.	1
24	Krasnojarský kraj				
	a) severní území Tajmyru a severních souostroví	VI	10.9.	25.5.	1,5
	b) zbytek území Tajmyru	VI	10.9.	25.5.	1,2
	c) Evjenkijská oblast	VI	1.10.	5.5.	1
	d) Území na jih od Kopjevo - Novoselovo - Aginskoje	V	20.10.	15.4.	0,9
	e) zbytek území	V	10.10.	20.4.	1
50	Moskevská oblast a Moskva	III	5.11.	5.4.	1

Zdroj: FCH 81-05-02-2007

V této tabulce můžete určit, v jaké teplotní zóně se nachází konkrétní oblast, délku zimního období pro tuto oblast a také koeficient, se kterým budeme dále pracovat.

Tabulka čítá 87 oblastí, z nichž se některá dál dělí na další jednotlivá území, jako například oblast s číslem 24, Krasnojarský kraj, protože území této oblasti je natolik rozsáhlé, jsou v něm různé klimatické oblasti a takovýchto oblastí je v této tabulce více. Zajímavá je oblast číslo 14, Republika Sacha, též nazývaná Jakutsko. Krom toho, že je to největší ruská autonomní oblast, je to také jediná oblast, kde můžeme najít jediné dvě území, které se nachází v teplotní zóně 7 a také jediné území ze všech oblastí Ruska, které se nachází v teplotní zóně 8. Na tomto území pro

zajímavost byla ve vesnici Ojmjakon v roce 1924 naměřena rekordní teplota  $-71.2^{\circ}\text{C}$ , a proto je tato obec považována za nechladnější trvale osídlené místo na světě.

K dalšímu kroku potřebujeme znát typ stavby, což potřebujeme, abychom určili procento navýšení ceny stavby v zimním období. To určíme z Tab. 11, ve které je uvedeno 14 různých typů staveb a každý typ stavby má ještě své další podrobnější rozdělení. U každého typu stavby je potom 8 různých procentuálních ohodnocení a každé ohodnocení náleží právě jedné teplotní zóně. To můžete vidět v Tab. 12, kde je malý výsek z této tabulky.

U typu staveb obytné a veřejné budovy, konkrétně v bodech 11.1 - 11.3 se mohou připočíst ještě další dva koeficienty. Jimiž jsou:

- budovy z panelů a dřeva - 2
- budovy z cihel - 1,7

Tyto koeficienty se započítávají pouze tehdy, jestliže projekt bere v úvahu výstavbu vnějších inženýrských sítí, příjezdových komunikací, terénních úprav, atd.

Tab. 11: Rozdělení podle typu konstrukce

Odhadované náklady podle typu konstrukce									
Pořadové číslo	konstrukce	Teplotní zóny							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
<b>4</b>	<b>Mosty a nadjezdy</b>								
4.1	Betonové	1,5	2,9	4,3	6,6	8,3	12,5	13,6	17,4
4.2	ocelové	0,6	1,3	2	3,2	4,2	7,2	8,7	9,8
<b>11</b>	<b>Obytné a veřejné budovy</b>								
11.1	Bytové domy z panelů	0,3	0,5	1	1,4	1,8	2,9	4	4,7
11.2	Bytové domy z cihel a tvárnic	0,4	0,7	1,2	1,7	2,2	3,7	4,9	5,8
11.3	Bytové domy dřevěné	0,4	0,8	1,2	1,9	2,5	4,2	4,4	5,4
11.4	Veřejné budovy	0,5	1	1,5	2,2	3	4	6,5	7,5

Zdroj: ICH 81-05-02-2007

Pro lepší pochopení si uvedeme malý příklad výpočtu nákladů, které nám vzniknou v zimním období.

**Příklad:**

V plánu je postavit bytový dům v celkové hodnotě 135 000 000 Kč, v projektu se počítá s výstavbou příjezdových komunikací, terénních úprav a inženýrských sítí. Stavba leží ve městě Krasnojarsk a nosnou konstrukci tvoří plně cihly.

- pro oblast, kde leží město Krasnojarsk, je počítána teplotní zóna V a koeficient je roven 1
- pro bytové domy z cihel v teplotní zóně V je procento navýšení ceny odhadnuto na 2,2%
- jelikož se počítá s výstavbou vnějších sítí, musíme použít ještě koeficient 1,7

Jestli známe všechny tyto potřebné údaje, jsme schopni určit prodražení celé stavby, které se spočte podle tohoto vzorce:

$$P = k_1 * k_2 * C \quad (2)$$

kde  $P$  = celkové prodražení [%]

$k_1$  = koeficient dané oblasti [-]

$k_2$  = koeficient započítání vnějších sítí [-]

$C$  = procentuální navýšení ceny konstrukce [-]

v tomto případě potom dostaneme:

$$P = 2,2\% * 1,7 * 1 = 3,74\%$$

Cena stavby se nám prodraží o 3,74%, což dělá 5 049 000 Kč z její celkové částky, tudíž výsledná cena stavby je 140 049 000 Kč.

Toto cenové porovnání je uplatňováno pro vztah investora s generálním dodavatelem, ale ne vždy tomu tak ve všech případech musí být, protože tato norma není závazná a není nutné se jí řídit. Pravda je ale taková, že stavební firmy vycházejí z této normy a na jejím základě určují výslednou cenu stavby.

### 3.4.2 Určení finančních nákladů ve vztahu Generální dodavatel x Subdodavatel

Jiná situace nastává, když se nejedná o stavbu hodnocenou jako celek. Tento případ nastane, pokud si generální dodavatel objedná na některé stavební práce subdodavatele. Opět je nutno říci, že se jedná o stavební práce prováděné v zimním období. Jak už zde bylo napsáno, délka trvání zimního období je přesně vymezena podle zeměpisné polohy v normě *FCH 81-05-02-2007*.

Pro ohodnocení jednotlivých stavebních prací je v normě *FCH 81-05-02-2007* přímo uvedena tabulka, která všechny tyto práce zahrnuje. V tabulce je uvedeno 51 druhů částí mnoha různých typů staveb a u každého jednotlivého typu části stavby je uvedeno několik činností, které s touto částí stavby souvisí. Můžeme se tu setkat se zemními pracemi, které jsou rozděleny do mnoha různých činností, od skrývky ornice přes hloubení rýh až po vrtání pilot. Dále tu mají zastoupení činnosti spojené s ropným průmyslem, které jsou pro nás neznámé, ale jsou tu i činnosti spojené s betonáží, které jsou nejvíce běžné ve stavebním průmyslu. V Tab. 12 můžete vidět opět jen malou ukázkou činností, které se v ní uvádějí.

Tab. 12: Rozdělení podle typu stavebních prací

Odhadované náklady na stavební činnosti									
Pořadové číslo	Název části stavby, druhu činnosti	Teplotní zóna							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
<b>6</b>	<b>Betonové a železobetonové monolitické konstrukce</b>								
6.1	<i>Obytné, veřejné a</i>								

	<i>průmyslové stavby</i>								
6.1.1	Všechny konstrukce krom základů	4,65	5,42	7,21	8,52	10,08	12,05	15,21	17,90
6.1.2	Základy	3,05	3,38	3,67	4,49	4,87	5,72	8,13	9,10
6.2	Zařízení pro vodu a sanaci	18,91	19,23	20,10	20,95	22,07	23,86	27,13	30,19
<b>7</b>	<b>Betonové a železobetonové montované konstrukce</b>								
7.1	Průmyslové stavby	0,96	1,39	2,45	3,61	4,35	5,40	7,04	8,00
7.2	Bytové a občanské stavby	0,73	1,05	1,66	2,48	3,00	4,14	5,61	6,76
7.3	Silážní věže pro skladování obilí	0,72	0,82	1,11	1,52	1,83	2,44	3,34	4,05
7.4	Hlavní konstrukce tepelných elektráren	0,62	0,82	1,12	1,41	1,41	2,01	2,92	3,21
7.5	Zařízení pro vodu a sanaci	1,37	1,87	3,14	4,52	5,67	7,47	9,93	12,05
<b>8</b>	<b>Stavba z cihel a tvárnic</b>								
8.1	Stavba z cihel	2,64	5,03	7,59	9,94	10,26	16,80	19,38	22,38

Zdroj: FCH 81-05-02-2007

Za pozornost si stojí povšimnout odhadované náročnosti u monolitických staveb a staveb zděných, kdy procentuální rozdíly mezi nimi nejsou nijak velké, ba naopak si jsou velmi podobné. To ale neplatí u staveb prefabrikovaných, kde je rozdíl daleko markantnější a míra odhadovaných nákladů je daleko menší než u obou předešlých příkladů, což má na svědomí eliminace mokrých procesů

Tato tabulka slouží k ohodnocení prací, které provádí jednotliví subdodavatelé. Ale jak bylo již řečeno, slouží pouze jako doporučení nebo podklad pro odhad přibližné ceny a nikoliv jako závazný dokument.

## **4 Porovnání výstavby konkrétní stavby**

V této kapitole porovnáme, v jakých věcech by byla ovlivněna výstavba konkrétní stavby, kdyby se prováděla v Rusku ve městě Krasnojarsk. Jedná se o dům sociálních služeb, který se nachází v Praze v Libni.

### **4.1 Stručný popis stavby**

Je navržen konstrukční systém skelet z monolitického železobetonu. Stropní konstrukce je rovněž z monolitického železobetonu. Konstrukční výška všech podlaží je navržena 3,6 m a světlá výška místností 3,0 m. Základovou konstrukci bude tvořit základová železobetonová deska, která bude uložena na velkorozměrových vrtaných pilotách zakotvených do skalního podloží.

Fasáda objektu je navržena jako vyzdívka z keramických bloků POROTHERM P+D tl. 400 mm s kontaktním zateplením v celé ploše z exteriéru objektu pěnovým polystyrenem tl.100 mm. V částech objektu je navrženo zateplení kontaktní z minerálních vláken tl.120 mm a opláštění z cementovláknitých fasádních desek CEMBONIT MTX a FUNDERMAX na systémových předsazených roštech.

Sokl objektu a fasáda při zásobovacích rampách budou opatřeny keramickým obkladem.

Výplně otvorů jsou navrženy z dřevěných eurooken s izolačními dvojskly. Velkorozměrová prosklení budou provedena izolačními dvojskly do hliníkových systémových konstrukcí se skrytými rámy. Oplechování objektu bude provedeno z TiZn plechu v šedomodrém odstínu.

Střešní plášť je navržen v kombinaci pochozí terasy a vegetačního souvrství. Na střeše objektu bude rovněž situován systém slunečních kolektorů pro dohřev TUV.

Pro přisvětlení centrálního prostoru jídelny v 1.NP budou sloužit světlovody, pro přisvětlení jídelny ve 2.NP bude sloužit střešní zasklený světlík vynechaný ve střešní konstrukci objektu.

Na Obr. 41, 42, 43 můžete vidět, jak stavba vypadá po dokončení.



*Obr. 41: Přední pohled*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*



*Obr. 42: Boční pohled*

*Zdroj: Vlastní tvorba autora*





Obr. 43: Zadní pohled

Zdroj: Vlastní tvorba autora

## 4.2 Porovnání finanční náročnosti

Stavba prováděná v Rusku ve městě Krasnojarsk bude po finanční stránce bezpochyby dražší, díky extrémním klimatickým podmínkám. O kolik se stavby prodraží, si můžeme spočítat na základě normy *ГЧН 81-05-02-2007 Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время*, což je sborník dodatečně odhadovaných nákladů při výrobě stavebních a montážních prací v zimním období. K výpočtu odhadovaných nákladů použijeme tabulky z kapitoly 3.4.1, ze které zjistíme, že Krasnojarsk se nachází v páté teplotní zóně s koeficientem polohy 1. Dále víme, že procento navýšení z Tab. 1 bude 2,2% a nesmíme zapomenout na existenci vnějších sítí a tak musíme použít koeficient 1,7.

Výpočet bude vypadat takto:

$$1 * 2,2 * 1,7 = 3,74\% \quad (2)$$

Celkové procento navýšení stavby je tedy 3,74%.

Cena této stavby v ČR byla zhruba 150 000 000 Kč. Po přičtení navýšení 3,74% se dostaneme na částku 155 610 000 Kč.

### 4.3 Porovnání stavebních procesů na základě HMG

Dalšími aspekty, které by ovlivnily výstavbu, jsou technická a technologická opatření stavebních procesů, které jsou zapříčiněny extrémními klimatickými podmínkami. V předešlé kapitole je spočteno finanční navýšení, které v sobě již zahrnuje výdaje na tyto opatření, ale jeden velmi důležitý faktor nezohledňuje a tím je čas, o který se nám výstavba objektu může prodloužit. Je to právě ten čas, který je nutný na tyto technologická opatření, která se musí provést, aby výstavba nebyla ohrožena extrémními klimatickými podmínkami a s tím je nutno počítat a brát to v potaz.

#### 4.3.1 Příklad prodloužení betonáže

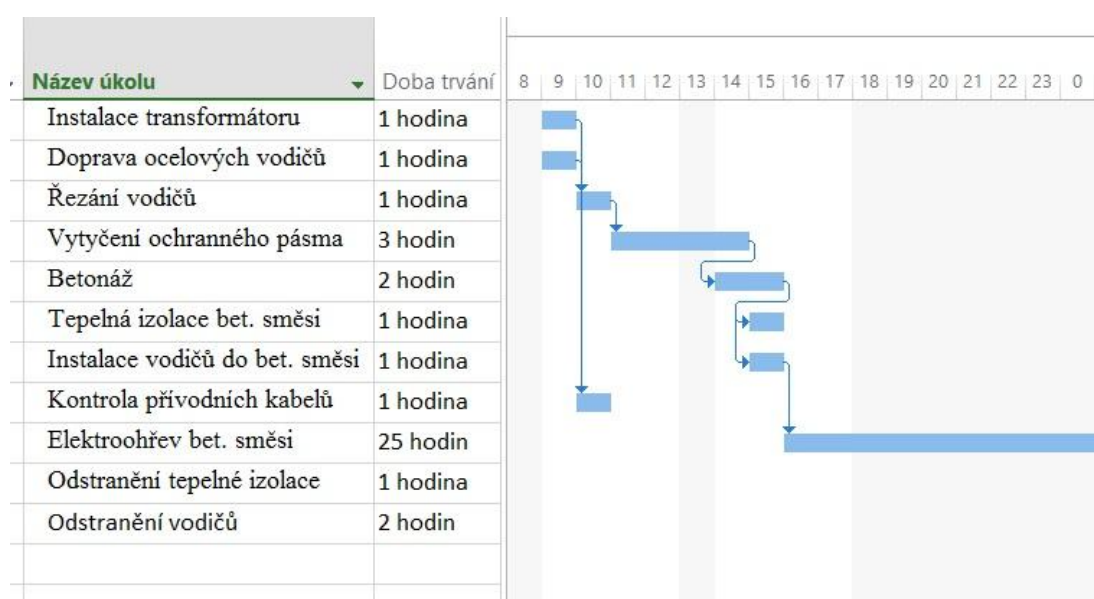
Jako příklad si uvedeme elektroohřev 10 m<sup>3</sup> betonu vodiči. Tento postup je rozebrán na jednotlivé činnosti v Tab. 13 a znázorněn v harmonogramu na Obr. 43. Podrobněji je tento postup popsán v kapitole 2.5.3 a 1.2.

Tab. 13: Rozbor elektroohřevu

	Práce	Jednotka	Množství	Normohodina	Doba práce	Počet lidí
1	Instalace transformátoru	Ks	1	2	1	2
2	Doprava ocelových vodičů	T	0,03	1,2	0,036	1
3	Vytyčení ochranného pásma	M <sup>2</sup>	56	0,1	2,8	2
4	Řezání vodičů	Ks	100	0,008	0,8	1
5	Betonáž	M <sup>3</sup>	10	0,48	1,2	4
6	Tepelná izolace bet. směsi	M <sup>2</sup>	30	0,002	0,06	1
7	Instalace vodičů do bet. směsi	M <sup>3</sup>	10	0,1	1	1

8	Kontrola přívodních kabelů	Ks	1	0,24	0,24	1
9	Elektroohřev bet. směsi	Hod.	10	1	25	1
10	Odstranění tepelné izolace	M <sup>2</sup>	30	0,002	0,06	1
11	Odstranění vodičů	M <sup>3</sup>	10	0,2	2	1

Zdroj: Vlastní tvorba autora



Obr. 44: Harmonogram elektroohřevu

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Jak můžete vidět, tak přípravy před betonáží trvají několik hodin. V tomto případě na ohřev 10m<sup>3</sup> betonu nám přípravy zabraly 5 hodin a po betonáži následoval ještě elektroohřev dlouhý 25 hodin, po kterém následuje ještě odstranění tepelné izolace, což jsou ve většině případů dřevěné piliny a odstranění vodičů z betonu. Jedná se o odstranění částí vodičů, které nejsou zabetonovány. To vše nám zabere další 3 hodiny. V součtu nám betonáž s tímto opatřením zabere 35 hodin, za normálních podmínek by betonáž trvala jen 2 hodiny. Abychom byli přesní, musíme oněch zmíněných 25 hodin odečíst od celkových 35 hodin, jelikož v tuto dobu beton jen ohříváme a kontrolujeme jeho teplotu v podmínkách příznivých pro betonáž, by

rovněž probíhalo tuhnutí betonu, jen bez příspěvku elektrické energie. Tudiž jsme se celkem dostali na hodnotu 8 hodin, krom 2 hodin betonáže, které nám toto opatření trvalo. V Tab. 14 je rozdíl této délky betonáže názorně shrnut.

Tab. 14: Porovnání betonáže podle teplotních podmínek

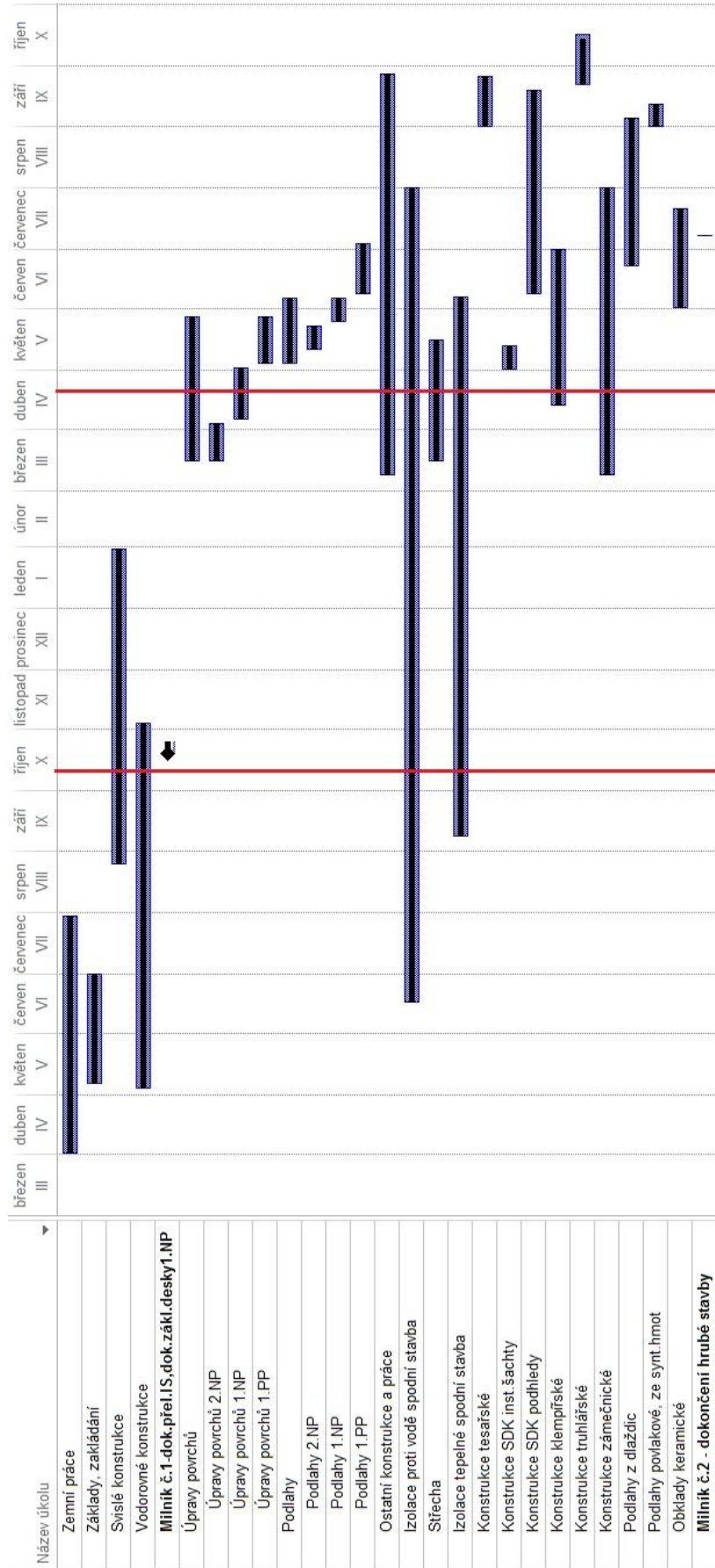
<b>Betonáž 10 m<sup>3</sup> betonu</b>		
	Extremní klimatické podmínky	Příznivé klimatické podmínky
<b>čas</b>	10 hodin	2 hodiny

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Pokud vezmeme v potaz, že tyto přípravy se musí provádět před každou betonáží, v konečném výsledku se nám z hodin stanou dny. Betonovat totiž nelze v nějakých velkých kvantech, protože elektroohřev betonu se dá provádět jen do určitého množství m<sup>3</sup> betonu, aby byl účinný.

#### 4.3.2 Posouzení harmonogramu vůči zimnímu období

Ve výše zmíněném příkladu betonáže v zimním období je názorně vidět, že technologické opatření pro provedení betonáže v nízkých teplotách nám prodlužuje dobu výstavby. Toto prodloužení se ale týká i jiných procesů výstavby než jen betonáže, proto musíme porovnat harmonogram výstavby s délkou zimního období v oblasti, kde se nachází Krasnojarsk. Zimní období je zde od 10. října do 20. dubna. Na Obr. 44 je znázorněn harmonogram stavby vystavěné v Praze s výraznějším zimním obdobím.



Obr. 45: Harmonogram Domu sociálních služeb

Zdroj: Vlastní tvorba autora

Z harmonogramu je jasně vidět, jaká část stavby se bude provádět v zimním období. Zemní práce začínají na začátku dubna, což znamená, že budou probíhat ještě 20 dní v nepříznivých podmínkách, ale v tuto dobu nejsou již tak nízké teploty a pro stavební mechanizaci nebude problém pracovat v takové zemi.

U vodorovných a svislých konstrukcí však bude nutné počítat s technologickými opatřeními. Vodorovné konstrukce sice zasahují jen do začátku listopadu, jenže v tomto čase teploty klesají pod 5°C a to znamená, že musíme přistoupit k ohřevu betonu. V tomto případě se bude jednat o betonáž stropu, což je plošná konstrukce, pro kterou se používá metoda ohřevu topnými dráty, její postup je popsán v kapitole 2.5.2.

Svislé konstrukce se budou provádět ve své větší části v zimním období. Jedná se o provádění železobetonových sloupů a vyzdívky fasády z keramických bloků. U železobetonových sloupů se musí rovněž přistoupit k elektroohřevu betonové směsi, u vyzdívek je možné zdít do -15°C. Pokud by měla být teplota dlouhodobě nižší než -15°C, je možné jednotlivá patra uzavřít a přistoupit k ohřevu ventilátory.

Činnosti jako jsou úpravy povrchů, zámečnické konstrukce a další, které začínají na konci zimního období, je nutné konzultovat s jednotlivými subdodavateli, jestli kvalita provedení těchto prací bude ohrožena nízkými teplotami. Jelikož se jedná o konec zimního období, nelze s přesností říci, jestli teploty budou stále ještě tak nízké, aby byly ohroženy tyto práce.

#### **4.4 Zdravotní problematika**

V extrémních klimatických podmínkách nám hrozí mnoho zdravotních problémů. Práce ve velmi nízkých teplotách s sebou nese mnoho rizik, na které pracovníci, potažmo jejich nadřízení musí být připraveni.

Největší riziko představuje podchlazení, které je způsobeno nevyhovujícím pracovním oděvem nebo velmi dlouhým pobytem ve venkovním prostředí. V nejhorším případě, ke kterému může dojít, jsou omrzliny, kdy je tkáň nenávratně poškozena a v závažnějších případech musí být amputována. Proto by v žádném případě nemělo docházet k tomu, že pracovníci jsou nedostatečně vybaveni pro práci v nízkých teplotách. Zaměstnavatel je povinen vybavit pracovníky vhodným

pracovním oděvem a ochrannými pomůckami. Co se týče vystavení pracovníků nízkým teplotám, měly by se dodržovat časté přestávky, při kterých je umožněno pracovníkům pobývat ve vytápěných prostorech.

Velmi důležitý je také pitný režim. Tělo nemá pocit žízně, což vede k mylnému závěru, že v nízkých teplotách nemusíme dodržovat pitný režim. Opak je pravdou. Tělo je vystaveno velké fyzické zátěži a pitný režim je nutné dodržovat. V zimních měsících hrozí také největší riziko nachlazení nebo chřipky, která je vysoce nakažlivá.

## Závěr

Hlavním cílem této práce bylo přiblížit problematiku výstavby v extrémních klimatických podmínkách, což je, jak jsem zjistil velice náročný úkol. Tato práce neobsáhla všechny aspekty této problematiky, avšak analyzovala ty, které hrají důležitou roli při výstavbě v takto náročných podmínkách.

První část této práce přiblížila a popsala technologické postupy při výstavbě základových konstrukcí, které se používají pro omezení negativních vlivů nízkých teplot. Informace a podklady pro tuto část práce byly získány především od stavbyvedoucích při návštěvách ruských staveb. Další část diplomové práce je zaměřena na betonáž. Betonáž je jedna z nejdůležitějších částí výstavby, která je silně ohrožena nízkými teplotami. Tato část práce popisuje technologické postupy betonáže v nízkých teplotách. Z výsledku plyne, že nejrozšířenějším způsobem ochrany proti zamrznání vody v betonu je ohřev betonové směsi elektrickým proudem, při němž se dá betonáž kvalitně provádět i v teplotách okolo  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Dále tato práce analyzovala energetickou a finanční náročnost při výstavbě v extrémních klimatických podmínkách. Bylo zjištěno, že energetická náročnost výstavby je podmíněna několika hlavními faktory. Mezi ně patří poloha místa stavby, geologické podmínky a další. Poté byly specifikovány nejvíce energeticky náročné postupy a rozděleny podle jednotlivých částí výstavby. U finanční náročnosti lze obecně říci, že její výše je podmíněna složitostí daných stavebních procesů. Finanční náročnost vyvolaná extrémními klimatickými podmínkami byla prezentována na příkladu výstavby v Rusku. V poslední části této práce bylo nastíněno, jak by byla ovlivněna výstavba konkrétní stavby, která byla postavena v České republice, kdyby se realizovala v Krasnojarsku. Ovlivnění výstavby bylo porovnáno podle harmonogramu výstavby již realizované stavby v České Republice.

Dá se předpokládat, že problematika výstavby v extrémně nízkých teplotách bude s postupem času získávat stále více na aktuálnosti. Proto by bylo vhodné dále toto téma rozvíjet, neboť je velmi pravděpodobné, že se realizace staveb při nízkých teplotách v budoucích letech stane běžnou součástí výstavby v České republice.



## **Použitá literatura**

Betonování v zimním období. *DocPlayer.cz*. [online]. © 2009 [cit. 2016-11-11]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/287350-Betonovani-v-zimnim-obdobi.html>

ČSN EN 206 - *Beton*

ČSN 732400 *Provádění a kontrola betonových konstrukcí*

ČSN EN 13670 *Provádění betonových konstrukcí*

СТО 43.99.40 *Возведение монолитных конструкций в зимних условиях*

Электродный прогрев бетона. *Прогрев бетона*. [online]. © 2013-2017 [cit. 2016-11-05]. Dostupné z: <http://betonprogre.ru/technology/progrevelektrodami.html>

Гныря, А.И. Технология бетонных работ в зимних условиях [Текст] : учеб. пособие / А.И. Гныря, С.В. Коробков. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. – 412 с. – ISBN 978-5-93057-400-5.

Прогрев бетона проводом. *Прогрев бетона*. [online]. © 2013-2017 [cit. 2016-11-05]. Dostupné z: <http://betonprogre.ru/technology/progrevprovodom.html>

Прогрев бетона трансформатором. *Прогрев бетона*. [online]. © 2013-2017 [cit. 2016-11-05]. Dostupné z: <http://betonprogre.ru/technology/progrevtransformatorom.html>

ГОСТ 28013-98 *Растворы строительные. Общие технические условия*

ГСН 81-05-02-2007 *Сборник сметных норм дополнительных затрат при производстве строительно-монтажных работ в зимнее время*

Устройство фундаментов возведенных на забивных сваях. *fundamentclub*. [online]. © 2014-2015 [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zabivnye-svai-dlya-fundamenta.html>

Устройство фундаментов, строительство нулевого цикла. *СтройТрэйдинг*. [online]. © 2017 [cit. 2016-11-02]. Dostupné z: <http://stroy-trading.ru/services/building/fund>

Устройство свайного фундамента. *Ремонт и строительство своими руками – это просто!*. [online]. © 2012–2015 [cit. 2016-12-01]. Dostupné z: <http://postroy-prosto.ru/ustrojstvo-svajnogo-fundamenta/>

Железобетонные сваи для фундаментаі. *fundamentclub*. [online]. © 2014-2015 [cit. 2016-11-15]. Dostupné z: <http://fundamentclub.ru/svajnyj/zhelezobetonnyie-svai-dlya-fundamenta.html>

## Seznam obrázků

Obr. 1: Železobetonové prefabrikované piloty.....	11
Obr. 2: Stroj na zarážení prefabrikovaných pilot.....	12
Obr. 3: Zarážení prefabrikovaných pilot.....	13
Obr. 4: Zaražené prefabrikované piloty.....	13
Obr. 5: Odřezávání prefabrikovaných pilot.....	14
Obr. 6: Odřezané prefabrikované piloty.....	14
Obr. 7: Vytyčení pro železobetonový rošt.....	15
Obr. 8: Zhotovení dřevěného bednění.....	16
Obr. 9: Armování roštu.....	16
Obr. 10: Betonáž roštu.....	17
Obr. 11: Hotový železobetonový rošt.....	18
Obr. 12: Vizualizace kliniky.....	19
Obr. 13: Staveniště.....	19
Obr. 14: Skupinové piloty.....	20
Obr. 15: Detail výztuže piloty.....	21
Obr. 16: Zasouvání armatury.....	22
Obr. 17: Betonování piloty.....	23
Obr. 18: Vibrování piloty.....	23
Obr. 19: Míchačka s čerpadlem.....	24
Obr. 20: Pumpování cementové směsi.....	24
Obr. 21: Elektrický ohřev piloty.....	25
Obr. 22: Izolace pilot pomocí dřevěných pilin.....	26
Obr. 23: Zkoušení elektrického obvodu.....	26
Obr. 24: Elektrický ohřev základové patky.....	27
Obr. 25: Detail zapojení elektrického obvodu.....	27
Obr. 26: Elektrický transformátor.....	28
Obr. 27: Základový pas.....	29
Obr. 28: Příprava k zahřívání betonu .....	30

Obr. 29: Zapojení vodičů.....	31
Obr. 30: Zapojení el. obvodu.....	31
Obr. 31: Přetavený hliníkový drát.....	32
Obr. 32: Graf teplot ČR.....	35
Obr. 33: Graf teplot Krasnojarsku.....	36
Obr. 34: Instalace topných drátů.....	45
Obr. 35: Zapojení topného drátu.....	46
Obr. 36: Zapojení topných vodičů.....	47
Obr. 37: Protokol o teplotě.....	48
Obr. 38: Graf teplot betonu.....	50
Obr. 39: Mapa permafrostu v Rusku.....	56
Obr. 40: Obalení stavby.....	57
Obr. 41: Přední pohled.....	72
Obr. 42: Boční pohled.....	72
Obr. 43: Zadní pohled .....	73
Obr. 44: Harmonogram elektroohřevu.....	75
Obr. 45: Harmonogram Domu sociálních služeb.....	77

## Seznam tabulek

Tab. 1: Porovnání zimních dní.....	35
Tab. 2: Porovnání průměrných teploty v roce.....	36
Tab. 3: Porovnání pevností betonů.....	41
Tab. 4: Protokol o teplotě betonu.....	49
Tab. 5: Porovnání betonáže v zimním období.....	51
Tab. 6: Porovnání náročnosti procesů základových konstrukcí.....	59
Tab. 7: Porovnání náročnosti procesů hrubé stavby.....	60
Tab. 8: Porovnání náročnosti procesů dokončovacích prací.....	61
Tab. 9: Teplotní zóny.....	65
Tab. 10: Teritoriální rozdělení Ruska podle teplotních zón.....	66
Tab. 11: Rozdělení podle typu konstrukce.....	67
Tab. 12: Rozdělení podle typu konstrukce.....	70
Tab. 13: Rozbor elektroohřevu.....	60
Tab. 14: Porovnání betonáže podle teplotních podmínek.....	76