



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

“Inovace studijního oboru Geotechnika”

reg. č. CZ.1.07/2.2.00/28.0009

STATIKA A DYNAMIKA GEOTECHNICKÝCH STAVEB

(prezentace k výuce předmětu pro 1. ročník navazujícího
magisterského studia oboru Geotechnika)

Prof. ing. Josef Aldorf, DrSc.

**Eurokód 7: Navrhování geotechnických
konstrukcí –
Část 1: Obecná pravidla**

**ČSN
EN 1997-1**

73 1000

Tato norma je českou verzí evropské normy
EN 1997-1:2004. Evropská norma EN 1997-
1:2004 má statut české technické normy.

73 1000

ČSN EN 1997-1

Norma ČSN EN 1997-1 přejímá evropskou normu EN 1997-1: Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla.

Nahradí předběžnou normu ČSN P ENV 1997-1:1996 (73 1000) Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla, včetně jejího národního aplikačního dokumentu, která bude zrušena po zavedení příslušného souboru EN Eurokódů.

- Národní příloha určuje národně stanovené parametry (NSP) v těch člancích evropské normy EN 1997-1, v nichž je dovolena národní volba.
- **Tyto národně stanovené parametry mají pro stavby umístěné na území České republiky normativní charakter.**

Podle vnitřních předpisů CEN/CENELEC jsou tuto evropskou normu povinny zavést národní normalizační organizace následujících zemí: Belgie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Lotyšska, Litvy, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemí, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Španělska, Švédsko, Švýcarsko a Spojeného království.

PŘEHLED EUROKÓDŮ

Program Eurokódů pro stavební konstrukce tvoří následující normy, které se obvykle sestávají z několika částí:

- EN 1990 Eurokód 0: Zásady navrhování konstrukcí
- EN 1991 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí
- EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
- EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
- EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí
- EN 1995 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí
- EN 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí
- EN 1997 **Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí**
- EN 1998 Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení
- EN 1999 Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí

Normy Eurokódy uznávají zodpovědnost řídicích orgánů v jednotlivých členských státech a ponechávají jejich právo stanovit hodnoty týkající se otázek bezpečnosti v předpisech na národní úrovni, takže se tyto hodnoty v jednotlivých státech nadále odlišují.

NÁRODNÍ PŘÍLOHY

Národní příloha může obsahovat informace pouze o těch parametrech, které jsou v Eurokódu ponechány otevřené pro národní volbu jako národně stanovené parametry, a které jsou používány pro navrhování pozemních a inženýrských staveb v daném státu.

NÁRODNÍ PŘÍLOHY

Národně stanovenými parametry mohou být např:

- hodnoty a/nebo třídy, které se použijí, pokud jsou v Eurokódu uvedeny alternativy;
- hodnoty, které se použijí, pokud je v Eurokódu uvedena pouze značka (veličiny);
- specifické údaje pro stát (geografické, klimatické apod.), např. mapa sněhových oblastí;
- postup, který se použije, pokud Eurokód uvádí alternativní postupy.

ZATÍŽENÍ OBECNĚ

Hodnoty zatížení pozemních a inženýrských staveb, které přicházejí v úvahu při návrhu různých typů konstrukcí, poskytuje EN 1991. Zatížení, které vyvolává základová půda, jako jsou zemní tlaky, se musí vypočítat na základě pravidel EN 1997.

OBSAH EC 7

- V EN 1997-1 jsou pojednány následující předměty:
- Kapitola 1: Všeobecně
- Kapitola 2: **Zásady navrhování geotechnických konstrukcí**
- Kapitola 3: Geotechnické údaje
- Kapitola 4: Stavební dozor, monitoring a údržba
- Kapitola 5: Násypy, odvodňování, zlepšování a vyztužování základové půdy
- Kapitola 6: Plošné základy
- Kapitola 7: Pilotové základy
- Kapitola 8: Kotvení
- Kapitola 9: Opěrné konstrukce
- Kapitola 10: Hydraulické porušení
- Kapitola 11: Celková stabilita
- Kapitola 12: Násypy

SOUČÁSTI EC 7

- Součástí EN 1997-1 jsou přílohy A – J, které poskytují:
 - v A: doporučené hodnoty dílčích součinitelů bezpečnosti; odlišné hodnoty dílčích součinitelů se mohou určit v národní příloze;
 - v B až J: další informativní návody jako jsou mezinárodně používané výpočetní metody.
- EN 1997-1 je doplněna EN 1997-2, která stanovuje požadavky na provádění a vyhodnocení terénních a laboratorních zkoušek.

PŘEDPOKLADY EC 7

Ustanovení této normy se zakládají na předpokladech :

- údaje vyžadované pro navrhování se sbírají, zaznamenávají a interpretují příslušně kvalifikovaným personálem;
- konstrukce se navrhují příslušně kvalifikovaným a zkušeným personálem;
- existuje adekvátní propojení a komunikace mezi personálem, který se zabývá sběrem dat, návrhem konstrukce a prováděním;
- v továrnách, výrobnách a na staveništi existuje přiměřený dozor a kontrola jakosti;
- provádění se uskutečňuje podle příslušných norem a výrobních specifikací personálem, který má odpovídající zručnost a zkušenost;

PŘEDPOKLADY EC 7

- konstrukční materiály a výrobky se používají tak, jak je specifikováno v této normě nebo v příslušných materiálových nebo výrobních specifikacích;
- konstrukce se odpovídajícím způsobem udržuje, aby se zajistila její bezpečnost a použitelnost pro návrhovou dobu životnosti;
- konstrukce se bude užívat pro účely definované v návrhu.

Tyto předpoklady nemusí shodně uvažovat projektant a objednatel. Souhlas s nimi má být vždy dokumentován, např. v Geotechnické zprávě o návrhu, aby se předešlo nejistotám.

ZÁSADY EN 1997-1

V závislosti na charakteru jednotlivých článků se v EN 1997-1 rozlišují **zásady a aplikační pravidla.**

Zásady zahrnují:

- všeobecná ustanovení a definice, k nimž není dovolena žádná alternativa;
- požadavky a výpočetní modely, k nimž není dovolena žádná alternativa, pokud to není výslovně určeno.

Zásady jsou uvedeny písmenem P.

APLIKAČNÍ PRAVIDLA EN1997-1

Aplikační pravidla jsou příklady všeobecně uznávaných pravidel, která navazují na zásady a splňují jejich požadavky.

- K aplikačním pravidlům uvedeným v této normě se dovoluje použít alternativ za předpokladu, že alternativní pravidla souhlasí s relevantními zásadami a jsou nejméně rovnocenná co se týká stavební bezpečnosti, použitelnosti a trvanlivosti, které se předpokládají při užívání Eurokódů.

SPECIFICKÉ DEFINICE V EN 1997-1

- **geotechnické zatížení (*geotechnical action*)**

zatížení přenášené na konstrukci základovou půdou, násypem, stojící nebo podzemní vodou.

- **srovnatelná zkušenost (*comparable experience*)**

dokumentovaná nebo jinak jasně stanovená informace o základové půdě, která se uvažuje v návrhu, zahrnující stejný typ zeminy nebo horniny a u které se předpokládá podobné geotechnické chování; místně získaná informace se považuje za zvláště relevantní

- **základová půda (*ground*)** zemina, hornina a násyp uložený před prováděním stavebních prací

SPECIFICKÉ DEFINICE V EN 1997-1

- **konstrukce (*structure*)**

uspořádaná soustava navzájem propojených částí včetně násypu uloženého během provádění stavebních prací navržená tak, aby přenášela zatížení a zajišťovala přiměřenou tuhost.

Definice odvozena z EN 1990:2002.

- **odvozená hodnota (*derived value*)**

hodnota geotechnického parametru získaná z teorie, korelace nebo empiricky z výsledků zkoušek

SPECIFICKÉ DEFINICE V EN 1997-1

- **tuhost (*stiffness*)**

odpor materiálu proti deformaci

- **odpor (*resistance*)**

schopnost prvku nebo průřezu prvku odolávat zatížení bez mechanického porušení, např. odpor základové půdy, odpor v ohybu, odpor proti vybočení, odpor v tahu

DEFINOVÁNÍ MEZNÍCH STAVŮ

Pro každou geotechnickou návrhovou situaci se musí ověřit, že žádný z příslušných mezních stavů tak, jak je definován v EN 1990:2002, není překročen.

Při definování návrhových mezních stavů se mají uvažovat:

- podmínky staveniště vzhledem k celkové stabilitě a pohybům základové půdy;
- druh a velikost konstrukce a jejích prvků včetně speciálních požadavků, jako je návrhová životnost;
- podmínky vzhledem k okolí (např.: sousední konstrukce, doprava, sítě, vegetace, nebezpečné chemikálie);
- základové poměry;
- stav podzemní vody;
- regionální seismicita;
- vliv okolního prostředí (hydrologie, povrchová voda, poklesy, sezónní změny teploty a vlhkosti).

Mezní stavy se mohou vyskytnout buď v základové půdě nebo v konstrukci nebo k nim může dojít kombinovaným porušením konstrukce a základové půdy.

ZPŮSOBY OVĚŘENÍ MEZNÍCH STAVŮ

Mezní stavy se mají ověřit jedním nebo kombinací následujících způsobů:

- užitím výpočtu
- přijetím předepsaných opatření
- experimentálními modely a zatěžovacími zkouškami
- observační metodou

ZPŮSOBY OVĚŘENÍ MEZNÍCH STAVŮ

- Ve skutečnosti je z praktické zkušenosti patrné, jakým typem mezního stavu se návrh bude řídit a kontrolní zkouškou lze vyloučit nutnost posouzení ostatních mezních stavů.
- Budovy se mají běžně chránit proti pronikání podzemní vody nebo pronikání páry nebo plynů do jejich interiérů.
- Pokud existuje srovnatelná zkušenost, výsledky návrhu se s ní mají zkonfrontovat.

SLOŽITOST GEOTECHNICKÉHO NÁVRHU

Aby se stanovily minimální požadavky na rozsah a obsah geotechnických průzkumů, výpočtů a konstrukčních kontrolních zkoušek, musí se určit spolu se spojeným rizikem složitost každého geotechnického návrhu.

Zvláště se musí učinit rozdíl mezi:

- lehkými a jednoduchými konstrukcemi a malými zemními pracemi, pro které je možné zajistit, že minimální požadavky budou splněny se zanedbatelným rizikem na základě zkušeností a kvalitativním geotechnickým průzkumem;
- ostatními geotechnickými konstrukcemi

SLOŽITOST GEOTECHNICKÉHO NÁVRHU

Způsob, kterým budou tyto minimální požadavky splněny, může být uveden v národní příloze.

Zjednodušený návrhový postup se může použít pro konstrukce a zemní práce o nízké geotechnické složitosti a rizicích, tak jak je definován výše.

Ke stanovení geotechnických návrhových požadavků mohou být zavedeny tři geotechnické kategorie 1, 2 a 3.

GEOTECHNICKÉ KATEGORIE

Různé návrhové aspekty projektu mohou vyžadovat zpracování v různých geotechnických kategoriích. Nevyžaduje se zpracovat celý projekt podle nejvyšší z těchto kategorií.

1. GEOTECHNICKÁ KATEGORIE má zahrnovat pouze malé a relativně jednoduché konstrukce:

- pro které je možné zajistit, že základní požadavky budou splněny na základě zkušenosti a kvalitativního geotechnického průzkumu;
- se zanedbatelným rizikem.

GEOTECHNICKÉ KATEGORIE

Postupy podle 1. geotechnické kategorie se mají použít pouze tam, kde je zanedbatelné riziko vzhledem k celkové stabilitě nebo k pohybům základové půdy a v základových poměrech, které jsou známé ze srovnatelné místní zkušenosti a dostatečně spolehlivé.

V těchto případech mohou postupy pro návrh základu a provádění obsahovat rutinní metody.

Postupy podle 1. geotechnické kategorie se mají použít pouze tam, kde se neprovádí výkop pod hladinu podzemní vody nebo pokud srovnatelná místní zkušenost naznačuje, že navrhovaný výkop pod hladinu podzemní vody nebude komplikovaný.

GEOTECHNICKÉ KATEGORIE

2. GEOTECHNICKÁ KATEGORIE má zahrnovat obvyklé typy konstrukcí a základů s běžným rizikem nebo jednoduchými základovými poměry či zatěžovacími podmínkami.

Návrhy konstrukcí ve 2. geotechnické kategorii mají zahrnovat kvantitativní geotechnické údaje a rozborů k ujištění, že jsou splněny základní požadavky.

Rutinní postupy pro terénní a laboratorní zkoušky, návrh a provádění se mohou používat pro návrhy podle 2. geotechnické kategorie

GEOTECHNICKÉ KATEGORIE

Příklady obvyklých konstrukcí nebo částí konstrukcí spadajících do 2. geotechnické kategorie:

- plošné základy;
- roštové základy;
- pilotové základy;
- stěny a ostatní konstrukce zadržující nebo podporující zeminu nebo vodu;
- výkopy;
- mostní pilíře a opěry;
- násypy a zemní práce;
- zemní kotvy a ostatní systémy, které vnášejí zatížení zpět do základové půdy;
- tunely v tvrdých neporušených horninách a nevyžadující zvláštní opatření na vodotěsnost nebo jiné vlastnosti.

GEOTECHNICKÉ KATEGORIE

3. GEOTECHNICKÁ KATEGORIE má běžně zahrnovat alternativní ustanovení a pravidla k těm, jež jsou v této normě.

3. geotechnická kategorie zahrnuje např. :

- velmi velké nebo neobvyklé konstrukce;
- konstrukce vyvolávající abnormální riziko nebo konstrukce ve složitých základových poměrech nebo konstrukce složitě zatížené;
- konstrukce ve vysoce seismických oblastech;
- konstrukce v oblastech pravděpodobné nestability staveniště nebo stálých pohybů základové půdy, které vyžadují zvláštní průzkum nebo speciální opatření.

NÁVRHOVÉ SITUACE

Musí se uvažovat jak dočasné tak dlouhodobé návrhové situace.

Tam, kde to připadá v úvahu, má podrobná klasifikace návrhových situací v geotechnickém návrhu zahrnovat:

- zatížení, jejich kombinaci a zatěžovací případy;
- obecnou vhodnost základové půdy, na které je umístěna konstrukce, vzhledem k celkové stabilitě a pohybům základové půdy;

NÁVRHOVÉ SITUACE

- dispozici a klasifikaci různých zón zeminy, horniny a prvků konstrukce, které se uplatní v jakémkoli výpočetním modelu;
- sklon podložních vrstev;
- **hornická díla, kaverny nebo jiné podzemní konstrukce;**
- v případě konstrukcí spočívajících na horninách nebo blízko hornin:
- mezilehlé tvrdé a měkké vrstvy;
- poruchy, pukliny, trhliny (diskontinuity);
- možnou nestabilitu horninových bloků;
- vyluhované dutiny jako jsou závrtky nebo diskontinuity vyplněné měkkým materiálem a pokračující proces vyluhování;
- prostředí, pro které je vypracován návrh zahrnující:
- vliv vyplavování, eroze a výkopu vedoucí ke změnám v geometrii zemského povrchu;
- vliv chemické koroze;

NÁVRHOVÉ SITUACE

- vliv zvětrávání;
- vliv promrzání;
- vliv dlouhodobého vysoušení;
- vliv změn výšky hladiny podzemní vody včetně vlivu odvodnění, možných povodní, poruch drenážního systému, využití vody;
- přítomnost plynů unikajících ze základové půdy;
- ostatní účinky času a prostředí na smykovou pevnost a ostatní vlastnosti materiálu, např. vliv děr způsobených zvířaty;
- zemětřesení;
- zemní pohyby zapříčiněné dolováním nebo jinými aktivitami;
- citlivost konstrukce na deformace;
- vliv nové konstrukce na stávající konstrukce, inženýrské sítě a místní prostředí.

TRVANLIVOST

Ve stadiu geotechnického návrhu se musí stanovit pořadí důležitosti podmínek prostředí na trvanlivost a učinit opatření na ochranu materiálu nebo přiměřeně zvýšit jeho trvanlivost.

Při návrhu trvanlivosti materiálů, které se užijí v základové půdě, se má uvažovat následující:

pro beton:

- agresivní chemické sloučeniny v podzemní vodě nebo v základové půdě nebo v materiálu zasypu jako jsou např. kyseliny a síranové soli;

TRVANLIVOST

pro ocel:

- chemické napadení, pokud základové prvky jsou vetknuty do základové půdy, která je dostatečně propustná, aby dovolila proudění podzemní vody a kyslíku;
- koroze na líci štětových stěn vystavených volné vodě, zvláště v průměrné výšce vodní hladiny;
- „dolíčkový“ typ chemického napadení oceli vetknuté do potrhaného nebo pórovitého betonu, zvláště u válcované oceli, kde okuje působí jako katoda a vyvolávají elektrolytický děj s povrchem bez okují, který působí jako anoda;

TRVANLIVOST

pro dřevo:

- houby a aerobní bakterie za přítomnosti kyslíku;

pro umělá vlákna:

- účinek stárnutí vlivem vystavení ultrafialovému záření nebo ozonové degradaci nebo kombinovanému vlivu teploty a napětí, druhotné vlivy způsobené chemickou degradací.

NÁVRH GEOTECHNICKÝCH KONSTRUKCÍ VÝPOČTEM

Návrh výpočtem zahrnuje:

- zatížení, kterými mohou být buď vnesená zatížení nebo vnesená posunutí, např. vlivem pohybu základové půdy;
- vlastnosti zemin, hornin a jiných materiálů;
- geometrické údaje;
- mezní hodnoty deformací, šířek trhlin, vibrací apod.;
- výpočetní modely.

NÁVRH GEOTECHNICKÝCH KONSTRUKCÍ VÝPOČTEM

Má se vzít v úvahu, že znalost základových poměrů závisí na rozsahu a kvalitě geotechnického průzkumu. Taková znalost a kontrola prací je pro splnění základních požadavků obvykle mnohem důležitější, než je přesnost výpočetních modelů a dílčích součinitelů.

Výpočetní model musí popisovat předpokládané chování základové půdy v uvažovaném mezním stavu.

VÝPOČETNÍ MODEL

Pokud není k dispozici pro určitý mezní stav spolehlivý výpočetní model, musí se vypracovat analýza jiného mezního stavu, která prokáže, že dosažení původního mezního stavu je dostatečně nepravděpodobné.

VÝPOČETNÍ MODEL

Alternativně se musí provést návrh na základě normativních opatření, experimentálních modelů a zatěžovacích zkoušek nebo observační metodou.

ROZDĚLENÍ VÝPOČETNÍCH MODELŮ

Výpočetní model se může skládat z kteréhokoliv z následujících modelů:

- analytického;
- semi-empirického;
- numerického

ROZDĚLENÍ VÝPOČETNÍCH MODELŮ

Jakýkoli výpočetní model musí být buď přesný nebo nepřesnost musí být na straně bezpečnosti.

Výpočetní model může obsahovat zjednodušení.

Je-li potřeba, mohou se na základě modelu upravit výsledky, aby se potvrdilo, že návrhový výpočet je buď přesný nebo chyba je na straně bezpečnosti.

VLIV PLASTICITY

Mnoho výpočetních modelů je založeno na předpokladu dostatečného plastického chování systému základová půda/konstrukce.

Nedostatek plasticity vede k meznímu stavu charakterizovanému náhlým zhroucením.

VLIV PLASTICITY

Numerické metody mohou být přijatelné,
pokud se uvažuje kompatibilita přetvoření
nebo interakce mezi konstrukcí a zemínou.

ZATÍŽENÍ

Hodnoty zatížení, které připadají v úvahu, se musí převzít z EN 1991.

Musí se vybrat hodnoty geotechnických zatížení, které jsou známy před výpočtem; mohou se změnit během tohoto výpočtu.

ZATÍŽENÍ

Hodnoty geotechnických zatížení se mohou změnit v průběhu výpočtu. V takových případech budou uvedeny jako první odhad, aby výpočet začal s předběžně známou hodnotou.

Při určování zatížení pro návrh se musí vzít v úvahu jakákoli interakce mezi konstrukcí a základovou půdou.

PŘEHLED GEOTECHNICKÝCH ZATÍŽENÍ

Při navrhování geotechnických konstrukcí se mají uvažovat jako zatížení:

- tíha zeminy, horniny a vody;
- napětí v základové půdě;
- zemní tlaky a tlak podzemní vody;
- tlaky volné vody včetně tlaků vln;
- tlaky podzemní vody;
- průsakové síly;

PŘEHLED GEOTECHNICKÝCH ZATÍŽENÍ

- stálá a proměnná zatížení z konstrukcí;
- užitná nebo vložená zatížení z konstrukcí;
- přitížení povrchu;
- vázací síly;
- odstranění zatížení nebo výkop základové půdy;
- zatížení dopravou;
- pohyby vyvolané dolováním nebo jiným budováním podzemních prostor nebo tunelováním;
- bobtnání a smršťování vyvolané vegetací a změnami podnebí nebo vlhkosti;
- pohyby vyvolané sekundární konsolidací, sesouváním nebo sedáním základové půdy;

PŘEHLED GEOTECHNICKÝCH ZATÍŽENÍ

- pohyby vyvolané degradací, disperzí, dekompozicí, vlastním zhutňováním a rozpouštěním;
- pohyby a zrychlení vyvolané zemětřesením, výbuchy, vibracemi a dynamickými zatíženími;
- vliv teploty včetně účinků mrazu;
- zatížení ledem;
- vnesená předpětí v zemních kotvách nebo rozpěrách;
- negativní tření.

PŘEHLED GEOTECHNICKÝCH ZATÍŽENÍ

Pozornost se musí věnovat proměnným zatížením, která se mohou vyskytovat jak společně, tak samostatně.

Trvání zatížení se musí uvažovat ve vztahu k účinkům na materiálové vlastnosti zeminy, zvláště propustnost a stlačitelnost jemnozrnných zemin.

OPAKOVANÁ A DYNAMICKÁ ZATÍŽENÍ

Je nutné uvažovat zatížení, která **působí opakovaně a zatížení s proměnnou intenzitou**, která mohou vést např. k obnovení pohybů, ztekucení zeminy a změně tuhosti a smykové pevnosti základové půdy.

Zatížení, **která vyvolávají dynamickou odezvu** v konstrukci a v základové půdě, je zvláště nutné vzít v úvahu.

Zatížení, ve kterých **převládají tlaky podzemní a volné vody**, je nutné stanovit zejména s ohledem na deformace, puklinatost, proměnnou propustnost a erozi.

VLASTNOSTI ZÁKLADOVÉ PŮDY

Vlastnosti zemních a skalních masivů, které jsou kvantifikovány pro návrh výpočtů geotechnickými parametry, se musí získat z výsledků zkoušek buď přímo nebo korelací, teorií nebo empiricky a z jiných relevantních údajů.

Hodnoty získané z výsledků zkoušek a ostatní údaje se musí pro uvažovaný mezní stav přijatelně interpretovat.

Pozornost se musí věnovat rozdílu mezi vlastnostmi základové půdy a geotechnickými parametry získanými z výsledků zkoušek a těmi, které řídí chování geotechnické konstrukce.

FAKTORY ZMĚN VLASTNOSTÍ

Změny mohou způsobit následující faktory:

- četné geotechnické parametry nejsou pravé konstanty, ale závisí na úrovni napětí a způsobu deformace;
- stavba zeminy a horniny (puklinatost, vrstevnatost nebo velké částice) může hrát různou roli při zkoušce a v geotechnické konstrukci;
- vliv času;
- účinek prosakující vody na snížení smykové pevnosti zemin a hornin;

FAKTORY ZMĚN VLASTNOSTÍ

- možný účinek změkčení dynamickým zatížením;
- křehkost nebo tažnost zkoušené zeminy a horniny;
- metoda výstavby geotechnické konstrukce;
- vliv kvality provádění na uměle nasypanou nebo zlepšenou základovou půdu;
- vliv stavební činnosti na vlastnosti základové půdy.

STANOVENÍ HODNOT GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Při stanovení hodnot geotechnických parametrů se musí uvažovat následující:

- publikované a dobře známé informace relevantní k užití každého typu zkoušky v příslušných základových poměrech;
- hodnota každého geotechnického parametru se má porovnat s relevantními publikovanými údaji a místní a všeobecnou zkušeností;

STANOVENÍ HODNOT GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ

- proměnnost geotechnických parametrů, které jsou relevantní k návrhu;
- výsledky terénních zkoušek v jakémkoli měřítku a měření ze sousední výstavby;
- jakékoli korelace mezi výsledky z více než jednoho typu zkoušky;
- jakékoli významné zhoršení vlastností základové půdy, které se může vyskytnout za životnosti konstrukce.

GEOMETRICKÉ ÚDAJE

Jako geometrické údaje se musí uvažovat úroveň a sklon povrchu základové půdy, úroveň vody, úroveň styku mezi vrstvami, úroveň výkopů a rozměry geotechnické konstrukce.

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Výběr charakteristických hodnot geotechnických parametrů se musí zakládat na výsledcích a odvozených hodnotách z laboratorních a terénních zkoušek doplněných osvědčenou zkušeností.

CHARAKTERISTICKÉ HODNOTY GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Charakteristická hodnota geotechnického parametru se musí vybrat jako **obezřetný odhad** hodnoty ovlivňující výskyt mezního stavu.

Při určování charakteristických hodnot c' a $\text{tg } \phi'$ se musí uvažovat větší proměnnost c' ve srovnání s $\text{tg } \phi'$.

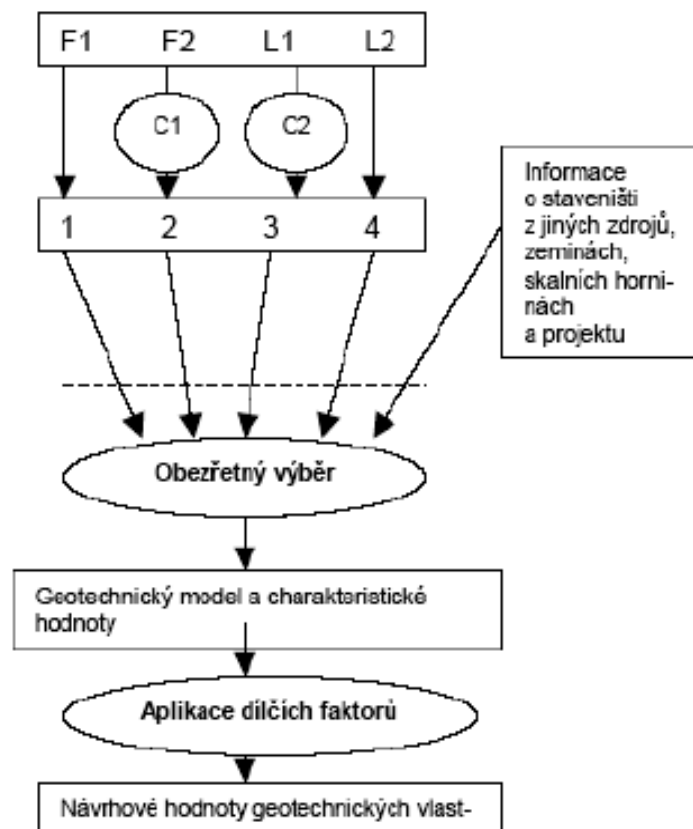
Druh zkoušky
F = terénní, L = Laboratorní

Korelace

Výsledky zkoušek a odvozené hodnoty

EN 1997-2

EN 1997-1



FAKTORY VÝBĚRU

Výběr **charakteristických hodnot** geotechnických parametrů musí vzít v úvahu následující:

- geologické a jiné informace, jako jsou údaje z předcházejících projektů;
- proměnnost hodnot měřených vlastností a jinou relevantní informaci, např. ze stávající znalosti;
- rozsah terénního a laboratorního průzkumu;

FAKTORY VÝBĚRU

- typ a počet vzorků;
- rozsah zóny základové půdy řídící chování geotechnické konstrukce v uvažovaném mezním stavu;
- schopnost geotechnické konstrukce přenášet zatížení ze slabých do pevnějších zón základové půdy.

Charakteristické hodnoty mohou být nižší nebo vyšší než nejpravděpodobnější hodnoty.

OBEZŘETNÝ ODHAD

Pro každý výpočet se musí užít nejnepříznivější kombinace nižších a vyšších hodnot nezávislých parametrů.

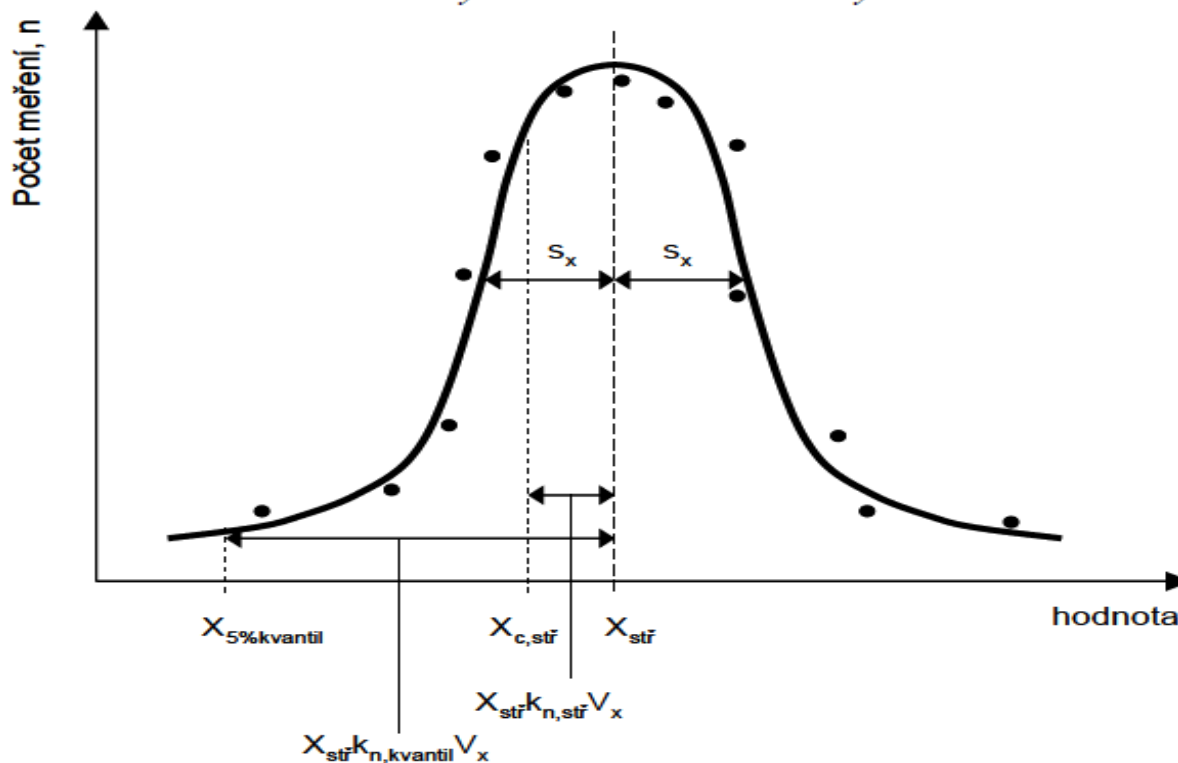
Zóna základové půdy řídící chování geotechnické konstrukce v mezním stavu je obvykle mnohem větší než zkušební vzorek nebo zóna základové půdy ovlivněná terénní zkouškou. Z toho vyplývá, že hodnota řídicího parametru je často průměr hodnot, které zachycují velký povrch nebo objem základové půdy. **Charakteristická hodnota má být obezřetný odhad této průměrné hodnoty.**

OBEZŘETNÝ ODHAD

Pokud chování geotechnické konstrukce v uvažovaném mezním stavu je řízeno nejnižší nebo nejvyšší hodnotou vlastnosti základové půdy, **charakteristická hodnota má být obezřetným odhadem nejnižší nebo nejvyšší hodnoty vyskytující se v řídicí zóně.**

Rozdělení pravděpodobnosti

Obr. 1. Výběr charakteristické hodnoty



Vztahy pro stanovení obezřetného odhadu

$$X_k = X_m (1 - k_n V_x) \quad (1)$$

$$X_m \left(= \sum_i \frac{X_i}{n} \right) \dots \text{aritmetický průměr střední hodnoty;} \quad (2)$$

$$k_n \left(= \frac{f}{\sqrt{n}} \right) \dots \text{statistický koeficient závisující na množství dat, typu charakteristické hodnoty}$$

$$(k_{n,\text{str}} / k_{n,\text{kvantil}}) \text{ a znalosti o variačním koeficientu } V_x. \quad k_n = 1,64(1/n)^{-2} \quad (3)$$

$$V_x \left(= \frac{s_x}{X_m} \right) \dots \text{variační koeficient, kde } s_x \text{ je výběrová směrodatná odchylka;} \quad (4)$$

APLIKACE STATISTICKÝCH METOD

Pokud se použijí statistické metody, charakteristická hodnota se má odvodit tak, že vypočtená pravděpodobnost horší hodnoty řídicí výskyt uvažovaného mezního stavu není větší než 5%.

Obezřetný odhad průměrné hodnoty je výběr průměrné hodnoty omezeného souboru hodnot geotechnického parametru s pravděpodobností 95%; kde se uvažuje místní porušení, obezřetný odhad nízké hodnoty je 5%.

APLIKACE STATISTICKÝCH METOD

Pokud se používají standardní tabulky charakteristických hodnot vztažené na indexové vlastnosti z geotechnického průzkumu, musí se charakteristická hodnota vybrat jako velmi obezřetná.

NÁVRHOVÉ HODNOTY ZATÍŽENÍ

Návrhová hodnota zatížení se musí určit v souladu s EN 1990:2002.

Návrhová hodnota zatížení F_d se musí určit přímo nebo se musí odvodit z reprezentativních hodnot podle následující rovnice:

- $F_d = \gamma_F \cdot F_{rep}$,

kde

- $F_{rep} = \psi \cdot F_k$,

F_k = charakteristická hodnota zatížení

ψ = součinitel, kterým se převádí charakteristická hodnota zatížení na reprezentativní hodnotu/ EN 1990:2002/

NÁVRHOVÉ HODNOTY GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Návrhové hodnoty geotechnických parametrů X_d se musí odvodit z charakteristických hodnot za použití rovnice:

$$X_d = X_k / \gamma_M$$

,nebo se mohou stanovit přímo.

V rovnici se musí pro stálé a dočasné situace používat dílčí součinitel γ_M

NÁVRHOVÉ HODNOTY GEOTECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Doporučené hodnoty uvádějí minimální úroveň bezpečnosti pro běžné projekty.

Pokud se návrhové hodnoty geotechnických parametrů určí přímo, hodnoty dílčích součinitelů doporučené v Příloze A se použijí jako vodítko k požadované úrovni bezpečnosti.

MEZNÍ STAVY PORUŠENÍ

Pokud je to relevantní, musí se ověřit, že nejsou překročeny následující mezní stavy:

- **ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy**, uvažované jako tuhé těleso, ve kterém pevnosti konstrukčních materiálů a základové půdy nejsou významné pro poskytování odporu (**EQU**);
- **vnitřní porušení nebo nadměrná deformace konstrukce** nebo konstrukčních prvků včetně např. patek, pilot nebo podzemních stěn, u kterých pevnost konstrukčních materiálů je důležitá k poskytování odporu (**STR**);

MEZNÍ STAVY PORUŠENÍ

- porušení nebo nadměrná deformace základové půdy, ve které smyková pevnost zeminy nebo horniny je důležitá v poskytování odporu (GEO);
- ztráta rovnováhy konstrukce nebo základové půdy v důsledku zdvihu tlakem vody (vztlaku) nebo jinými svislými zatíženími (UPL);
- nadzdvihování, vnitřní eroze a sufose v základové půdě způsobené hydraulickými spády (HYD).

DÍLČÍ SOUČINITELE ZATÍŽENÍ

Všechny hodnoty dílčích součinitelů zatížení a účinků zatížení v mimořádných situacích se mají běžně rovnat 1,0.

Všechny hodnoty dílčích součinitelů odporu se mají stanovit vzhledem k jednotlivým podmínkám mimořádné situace.

(Hodnoty dílčích součinitelů se mohou nastavit v národní příloze.)

DÍLČÍ SOUČINITELE ZATÍŽENÍ

V případech abnormálního rizika nebo neobvyklých nebo výjimečně obtížných základových poměrech či zatěžovacích podmínkách se mají použít přísnější hodnoty než ty doporučené v Příloze A.

Pro dočasné konstrukce nebo dočasné návrhové situace se mohou použít méně přísné hodnoty než ty doporučené v Příloze A, pokud to ospravedlňují následky přicházející v úvahu.

POSOUZENÍ STATICKÉ ROVNOVÁHY

Při uvažování mezního stavu statické rovnováhy(EQU) nebo celkového přemístění konstrukce nebo základové půdy se musí ověřit, že:

- $E_{dst;d} \leq E_{stb;d} + T_d, (2.4)$

kde

$$E_{dst;d} = E\{\gamma_F F_{rep}; X_k / \gamma_M; a_d\}_{dst} \quad (2.4a) \text{ a}$$

$$E_{stb;d} = E\{\gamma_F F_{rep}; X_k / \gamma_M; a_d\}_{stb}. \quad (2.4b)$$

kde

E = účinek zatížení

V rovnici (2.4) se musí pro stálé a dočasné situace použít dílčí součinitele definované v A.2(1)P a A.2(2)P.

DÍLČÍ SOUČINITELE PRO OVĚŘENÍ MEZNÍCH STAVŮ (EQU)

Zatížení	Značka	Hodnota
Stálé		1,1
Nepříznivé ^a	$\gamma_{G;dst}$	0,9
Příznivé ^b	$\gamma_{G;stb}$	
Proměnné		1,5
Nepříznivé ^a	$\gamma_{Q;dst}$	0
Příznivé ^b	$\gamma_{Q;stb}$	
^a Destabilizující ^b Stabilizující		

Parametr zeminy	Značka	Hodnota
	a	
Úhel vnitřního tření ^a	$\gamma_{\varphi'}$	1,25
Efektivní soudržnost	$\gamma_{c'}$	1,25
Neodvodněná smyková pevnost	γ_{cu}	1,4
Pevnost v prostém tlaku	γ_{qu}	1,4
Objemová tíha	γ_y	1,0
^a Tento součinitel se použije pro $\text{tg } \varphi'$		

NÁVRHOVÁ ÚNOSNOST

Dílčí součinitele se mají použít buď na vlastnosti základové půdy X nebo odpory R nebo na oboje podle následujícího:

- $R_d = R\{\gamma_F F_{rep}; X_k/\gamma_M; a_d\}$ (2.7a)

nebo

- $R_d = R\{\gamma_F F_{rep}; X_k; a_d\}/\gamma_R$ (2.7b)

nebo

- $R_d = R\{\gamma_F F_{rep}; X_k/\gamma_M; a_d\}/\gamma_R$ (2.7c)

V návrhovém procesu, kde účinek zatížení je násoben, je dílčí součinitel zatížení $g_F = 1,0$. (viz také B.3(6)).

V rovnicích (2.7a, b, c) se musí použít dílčí součinitele definované v A.3.3.1(1)P, A.3.3.2(1)P, A.3.3.4(1)P, A.3.3.5(1)P a A.3.3.6(1)P.

NÁVRHOVÉ ÚČINKY ZATÍŽENÍ

Dílčí součinitele zatížení se mohou použít na samotná zatížení F_{rep} nebo jejich účinky E :

- $E_d = E\{\gamma_F F_{\text{rep}}; X_k/\gamma_M; a_d\}$ (2.6a)

nebo

- $E_d = \gamma_E E\{F_{\text{rep}}; X_k/\gamma_M; a_d\}$. (2.6b)

DÍLČÍ SOUČiniteLE ÚNOSNOSTI A ODPORU PRO PLOŠNÉ ZÁKLADY

K ověření mezních stavů (STR) a (GEO) se musí na únosnost a na odpor plošných základů použít soubory $R1$, $R2$ nebo $R3$ z následujících dílčích součinitelů odporu γ_R :

- $\gamma_{R;v}$ na únosnost;
- $\gamma_{R;h}$ na odpor proti usmyknutí.

Dílčí součinitele únosnosti γ_R plošných základů

	Značka	Soubor		
		R1	R2	R3
Únosnost	$\gamma_{R;v}$	1,0	1,4	1,0
Usmyknutí	$\gamma_{R;h}$	1,0	1,1	1,0

NÁVRHOVÉ PŘÍSTUPY

Způsob, jakým se aplikují rovnice (2.6) a (2.7) se musí stanovit za použití jednoho ze tří návrhových přístupů.

Dílčí součinitele v Příloze A, které se užijí v rovnicích (2.6) a (2.7), jsou uspořádány do skupin označených *A* (pro zatížení nebo účinky zatížení), *M* (pro parametry zemin) a *R* (pro odpory). Jsou vybrány podle návrhového přístupu, který je použit.

NÁVRHOVÝ PŘÍSTUP 1

S výjimkou návrhu osově zatížených pilot a kotev se musí ověřit, že mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane s následující kombinací souborů dílčích součinitelů:

- Kombinace 1: $A1$ “+” $M1$ “+” $R1$
- Kombinace 2: $A2$ “+” $M2$ “+” $R1$,

kde “+” znamená: “bude kombinováno s”.

V kombinacích 1 a 2 se dílčí součinitele použijí na zatížení a pevnost základové půdy.

NÁVRHOVÝ PŘÍSTUP 2

Musí se ověřit, že mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane při použití následující kombinace souborů dílčích součinitelů:

- **Kombinace: $A1$ “+” $M1$ “+” $R2$**

Při tomto přístupu se dílčí součinitele použijí na zatížení nebo na účinky zatížení a na odpor základové půdy.

NÁVRHOVÝ PŘÍSTUP 3

Musí se ověřit, že **mezní stav porušení nebo nadměrné deformace nenastane při použití následující kombinace souborů dílčích součinitelů:**

Kombinace: **(A1* nebo A2[†]) “+” M2 “+” R3**

- *na zatížení konstrukce
- [†]na geotechnická zatížení

Při tomto přístupu se dílčí součinitele použijí na zatížení nebo na účinky zatížení z konstrukce a na pevnost základové půdy.

Pro analýzu svahu a celkové stability se zatížení na zeminu (např. zatížení konstrukcí, dopravní zatížení) uvažuje jako geotechnické zatížení a použije se soubor součinitelů zatížení A2.

Dílčí součinitelé zatížení γ_F

Dílčí součinitele parametrů zeminy γ_M (STR) a (GEO)

Zatížení		Značka	Soubor	
			A1	A2
Stálé	Nepříznivé	γ_G	1,35	1,0
	Příznivé		1,0	1,0
Proměnné	Nepříznivé	γ_Q	1,5	1,3
	Příznivé		0	0

Parametr zeminy	Značka	Soubor	
		M1	M2
Úhel vnitřního tření ^a	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Efektivní soudržnost	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Neodvodněná smyková pevnost	γ_{cu}	1,0	1,4
Pevnost v prostém tlaku	γ_{qu}	1,0	1,4
Objemová tíha	γ_y	1,0	1,0
^a Tento součinitel se použije pro $\text{tg } \phi'$			

ZATĚŽOVACÍ ZKOUŠKY A ZKOUŠKY ZKUŠEBNÍCH MODELŮ

Pokud se používají výsledky zatěžovacích zkoušek nebo zkoušek na velkých nebo malých modelech k posouzení návrhu nebo aby doplnily jednu z alternativ zmíněnou ve 2.1(4), musí se uvažovat následující významné charakteristiky:

- rozdíly v základových poměrech mezi zkouškou a skutečnou konstrukcí;
- vliv času, zvláště je-li trvání zkoušky mnohem kratší než trvání zatížení skutečné konstrukce;
- vlivy měřítka, zvláště jsou-li použity malé modely; vlivy úrovně napětí se musí uvažovat společně s vlivy velikosti částic.

Zkoušky se mají provádět na vzorku skutečné konstrukce nebo v měřítku 1 : 1 nebo na menších modelech.

NÁVRH PŘIJETÍM PŘEDBĚŽNÝCH OPATŘENÍ

V návrhových situacích, pro které neexistují výpočetní modely nebo nejsou nutné, se lze vyvarovat dosažení mezního stavu užitím předběžných opatření. Tato zahrnují konvenční a obecně konzervativní pravidla návrhu a pozornost se musí věnovat specifikaci a kontrole materiálů, řemeslné dovednosti a ochranným a údržbovým postupům.

Odkaz na taková konvenční a obecně konzervativní pravidla se může uvést v národní příloze.

NÁVRH PŘIJETÍM PŘEDBĚŽNÝCH OPATŘENÍ

Návrh přijetím předběžných opatření se může použít tam, kde vzhledem ke srovnatelné zkušenosti není nutné provádět výpočty. Též se může použít k zabezpečení trvanlivosti proti účinku mrazu a chemickému nebo biologickému napadení, pro které přímé výpočty nejsou obecně vhodné.

OBSERVAČNÍ METODA

Pokud je předpověď geotechnického chování obtížná, může být vhodné použít přístup zvaný „observační metoda“, ve které je návrh ověřován během výstavby.

Následující požadavky se musí splnit před tím, než začne výstavba:

- musí se stanovit přijatelné meze chování;
- musí se odhadnout rozsah možného chování a musí se prokázat přijatelná pravděpodobnost, že skutečné chování bude v přijatelných mezích;

OBSERVAČNÍ METODA

- musí se navrhnout plán monitoringu, který odhalí, zda skutečné chování leží uvnitř přijatelných mezí; monitoring toto jasně musí v brzkém stádiu objasnit a v krátkých intervalech umožnit sled dodatečných opatření, která umožní úspěšně odstranit nahodilé skutečnosti;
- musí být dostatečně rychlá odezva v přístrojích a postupech pro analýzu výsledků ve vztahu k možnému vývoji systému;
- musí se navrhnout plán opatření, která mohou být přijata, pokud monitoring objevil chování mimo přijatelné meze.

MONITORING

Monitoring se musí, jak je plánováno, provádět během výstavby.

Výsledky monitoringu se musí vyhodnotit v příslušných stádiích a pokud jsou přestoupeny meze chování, musí se aktivovat plánovaná opatření.

Monitorovací zařízení se musí buď nahradit nebo rozšířit, pokud nedává důvěryhodné údaje nebo údaje v dostatečné kvantitě.

ZPRÁVA O GEOTECHNICKÉM NÁVRHU

Ve Zprávě o geotechnickém návrhu se musí zaznamenat předpoklady, údaje, metody výpočtu a výsledky ověřování bezpečnosti a použitelnosti.

Úroveň podrobností Zprávy o geotechnickém návrhu se bude značně lišit v závislosti na typu návrhu. Pro jednoduché návrhy bude postačující jedna stránka.

ZPRÁVA O GEOTECHNICKÉM NÁVRHU

Zpráva o geotechnickém návrhu má obvykle zahrnovat následující body v návaznosti na Zprávu o průzkumu základové půdy a jiné dokumenty, které obsahují více podrobností:

- popis staveniště a okolí;
- popis základových poměrů;
- popis plánované konstrukce včetně zatížení;
- návrhové hodnoty vlastností zeminy a horniny včetně přiměřeného zdůvodnění;
- údaje o použití předpisů a norem;
- údaje o přístupnosti staveniště vzhledem k plánované výstavbě a úrovni přijatelných rizik;
- výpočty a výkresy geotechnického návrhu;
- doporučení návrhu zakládání;

ZPRÁVA O GEOTECHNICKÉM NÁVRHU

Zpráva o geotechnickém návrhu musí obsahovat přiměřený plán dozoru a monitoringu. Musí se jasně označit položky, které vyžadují zkoušku během výstavby nebo které vyžadují údržbu po výstavbě. Pokud se požadované kontroly provádějí během výstavby, musí se zaznamenat v dodatku ke zprávě.

ZPRÁVA O GEOTECHNICKÉM NÁVRHU

Zpráva o geotechnickém návrhu má obsahovat ve vztahu k doзору a monitoringu:

- účel každého souboru pozorování nebo měření;
- části konstrukce, které se budou monitorovat a místa, ve kterých se budou provádět pozorování;
- četnost měření;
- způsoby, kterými jsou vyhodnoceny výsledky;
- rozsah hodnot, mezi kterými se předpokládají výsledky;
- časový úsek, ve kterém bude pokračovat monitoring po dokončení výstavby;
- strany odpovědné za měření a sledování, za vyhodnocení získaných výsledků a za udržování přístrojů.

Výtah ze Zprávy, požadavky na dozor, monitoring a údržbu dohotovené konstrukce se musí předat objednateli.