

Eurocode 1 - Actions on structures -  
Part 4: Silos and tanks

Eurocode 1 - Actions sur les structures -  
Partie 4: Silos et réservoirs

Eurocode 1 - Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke -  
Teil 4: Silos und Flüssigkeitsbehälter

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 1991-4:2006 včetně opravy EN 1991-4:2006/AC:2012-11.

Překlad byl zajištěn Českou agenturou pro standardizaci. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the European Standard EN 1991-4:2006 včetně opravy EN 1991-4:2006/AC:2012-11. It was translated by the Czech Standardization Agency. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

Touto normou se nahrazuje ČSN EN 1991-4 ed. 2 (73 0035) z července 2013.

Upozornění na používání této normy

Souběžně s touto normou platí ČSN EN 1991-4 (73 0035) z března 2008.

## Národní předmluva

### Změny proti předchozí normě

ČSN EN 1991-4 ed. 2 přejímá evropskou normu EN 1991-4:2006, včetně změn a oprav a tvoří její konsolidované znění. Norma obsahuje text normy ČSN EN 1991-4 (73 0035) z března 2008 a zpracovanou změnu

ČSN EN 1991-4:2008/Z1 z února 2010, změnu ČSN EN 1991-4:2008/Z2 z března 2010, změnu ČSN EN 1991-4:2008/Z3 z dubna 2011, změnu ČSN EN 1991-4:2008/Z4 z května 2011, změnu ČSN EN 1991-4:2008/Z5 z června 2011, opravu ČSN EN 1991-4:2008/Opr. 1 z ledna 2011, opravu ČSN EN 1991-4:2008/Opr. 2 z července 2013 a opravu ČSN EN 1991-4:2008/Opr. 3 z května 2018.

### Upozornění na používání této normy

ČSN EN 1991-4 ed. 2 zahrnuje

- národní předmluvu;
- hlavní text s přílohami A až H;
- národní přílohu.

Národní předmluva poskytuje pokyny pro používání normy v České republice.

Hlavní text s přílohami A až H je identickým překladem evropské normy EN 1991-4:2006.

Národní příloha určuje národně stanovené parametry (NSP) v těch člancích evropské normy EN 1991-4, v nichž je povolena národní volba.

Tyto národně stanovené parametry mají pro stavby na území České republiky normativní charakter.

Národně stanovené parametry se určují v následujících člancích:

- 2.5(5);
- 3.6(2);
- 5.2.4.3.1(3), 5.4.1(3), 5.4.1(4);
- A.4(3);
- B.2.14(1).

Národní příloha také určuje uplatnění informativních příloh A, B, F a H.

ČSN EN 1991-4 ed. 2 se používá pro navrhování zásobníků a nádrží společně s ČSN EN 1990 až ČSN EN 1999.

ČSN EN 1991-4 ed. 2 (stejně tak jako další Eurokódy) rozlišuje zásady a aplikační pravidla (článek 1.4), které se používají v České republice jako normativní.

Problematika navrhování a zatížení konstrukcí je řešena novými evropskými normami EN Eurokódy. Některá ustanovení, která nejsou v EN Eurokódech řešena, jsou uvedena formou doplňujících informací v národní příloze této normy.

## Informace o citovaných dokumentech

ISO 3898 zavedena v ČSN ISO 3898 (73 0030) Zásady navrhování stavebních konstrukcí -  
Označování -  
Základní značky

EN 1990 zavedena v ČSN EN 1990 (73 0002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

EN 1991-1-1 zavedena v ČSN EN 1991-1-1 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1:  
Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

EN 1991-1-2 zavedena v ČSN EN 1991-1-2 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-2:  
Obecná zatížení - Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru

EN 1991-1-3 zavedena v ČSN EN 1991-1-3 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3:  
Obecná zatížení - Zatížení sněhem

EN 1991-1-4 zavedena v ČSN EN 1991-1-4 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-4:  
Obecná  
zatížení - Zatížení větrem

EN 1991-1-5 zavedena v ČSN EN 1991-1-5 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-5:  
Obecná zatížení - Zatížení teplotou

EN 1991-1-6 zavedena v ČSN EN 1991-1-6 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění

EN 1991-1-7 zavedena v ČSN EN 1991-1-7 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení

EN 1991-2 zavedena v ČSN EN 1991-2 (73 6203) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou

EN 1991-3 zavedena v ČSN EN 1991-3 (73 0035) Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení

EN 1992 zavedena v ČSN EN 1992 (73 1201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí

EN 1992-3 zavedena v ČSN EN 1992-3 (73 1201) Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky

EN 1993 zavedena v ČSN EN 1993 (73 1401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

EN 1993-1-6 zavedena v ČSN EN 1993-1-6 (73 1401) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-6: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí

EN 1993-4-1 zavedena v ČSN EN 1993-4-1 (73 1441) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 4-1: Zásobníky

EN 1993-4-2 zavedena v ČSN EN 1993-4-2 (73 1442) Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 4-2: Nádrže

EN 1994 zavedena v ČSN 1994 (73 1470) Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí

EN 1995 zavedena v ČSN 1995 (73 1701) Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí

EN 1996 zavedena v ČSN 1996 (73 1101) Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí

EN 1997 zavedena v ČSN 1997 (73 0036) Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí

EN 1998 zavedena v ČSN 1998 (73 1401) Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení

EN 1999 zavedena v ČSN 1999 (73 1501) Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí

Souvisící ČSN

ČSN ISO 2394 (73 0031) Obecné zásady spolehlivosti konstrukcí

Citované předpisy

Směrnice Rady 89/106/EHS z 1988-12-21, o sblížení právních a správních předpisů členských států týkajících se stavebních výrobků. V České republice je tato směrnice zavedena nařízením vlády č. 190/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na stavební výrobky označované CE, v platném znění.

## Upozornění na národní přílohu

Tato norma se musí pro stavby umístěné na území České republiky používat s národní přílohou NA, která obsahuje údaje platné pro území ČR.

## Upozornění na národní poznámky

Do normy byly doplněny vysvětlující národní poznámky k článkům umožňujícím volbu národně stanovených parametrů, které odkazují na články národní přílohy.

## Vypracování normy

Zpracovatel: Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, IČO 68407700, doc. Ing. Jana Marková, Ph.D.

Technická normalizační komise: TNK 38 Spolehlivost stavebních konstrukcí

Pracovník České agentury pro standardizaci: Ing. Michal Dalibor

Česká agentura pro standardizaci je státní příspěvková organizace zřízená Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví na základě ustanovení § 5 odst. 2 zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.

EVROPSKÁ NORMA  
EUROPEAN STANDARD  
NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM

EN 1991-4

Květen 2006

ICS 91.010.30  
ENV 1991-4:1995

Nahrazuje

Eurokód 1: Zatížení konstrukcí -  
Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží

Eurocode 1: Actions on structures -  
Part 4: Silos and tanks

Eurocode1: Actions sur les structures -  
Partie 4: Silos et réservoirs

Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung  
und Einwirkungen auf Tragwerke -  
Teil 4: Silos und Flüssigkeitsbehälter

Tato evropská norma byla schválena CEN 2005-10-12.

Členové CEN jsou povinni splnit Vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se musí této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací dát status národní normy.

Aktualizované seznamy a bibliografické citace týkající se těchto národních norem lze obdržet na vyžádání v Řídicím centru nebo u kteréhokoliv člena CEN.

Tato evropská norma existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v každém jiném jazyce přeložená členem CEN do jeho vlastního jazyka, za kterou zodpovídá a kterou notifikuje Řídicímu centru, má stejný status jako oficiální verze.



**Evropský výbor pro normalizaci**  
**European Committee for Standardization**  
**Comité Européen de Normalisation**  
**Europäisches Komitee für Normung**

**Řídicí centrum CEN-CENELEC: Rue de la Science 23, B-1040 Brusel**

© 2006 CEN      Veškerá práva pro využití v jakékoliv formě a jakýmkoliv prostředky  
Ref. č. EN 1991-4:2006 E

jsou celosvětově vyhrazena národním členům CEN.

Členy CEN jsou národní normalizační orgány Belgie, Bulharska, Bývalé jugoslávské republiky Makedonie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Chorvatska, Irska, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Srbska, Španělska, Švédsko, Švýcarsko a Turecko.

Evropská předmluva.....	10
Národní normy zavádějící Eurokódy.....	11
Vztah mezi Eurokódy a harmonizovanými technickými specifikacemi (EN a ETA) pro výrobky.....	11
Doplňující informace specifické pro EN 1991-4.....	11
Národní příloha k EN 1991-4.....	12
<b>1.....</b> Obecně.....	13
<b>1.1.....</b> Rozsah platnosti.....	13
<b>1.1.1...</b> Rozsah platnosti EN 1991 - Eurokód 1.....	13
<b>1.1.2...</b> Rozsah platnosti EN 1991-4 pro zatížení zásobníků a nádrží.....	13
<b>1.2.....</b> Citované normativní dokumenty.....	15
<b>1.3.....</b> Předpoklady.....	16
<b>1.4.....</b> Rozlišení zásad a aplikačních pravidel.....	16
<b>1.5.....</b> Definice.....	16
<b>1.6.....</b> Značky.....	

.....	20
<b>1.6.1... Velká písmena latinské abecedy.....</b>	<b>20</b>
<b>1.6.2... Malá písmena latinské abecedy.....</b>	<b>21</b>
<b>1.6.3... Velká písmena řecké abecedy.....</b>	<b>23</b>
<b>1.6.4... Malá písmena řecké abecedy.....</b>	<b>23</b>
<b>1.6.5... Indexy.....</b>	<b>23</b>
<b>2..... Popis zatížení a jejich klasifikace.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1..... Popis zatížení zásobníků.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2..... Popis zatížení nádrží.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3..... Klasifikace zatížení zásobníků.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4..... Klasifikace zatížení nádrží.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5..... Klasifikace zásobníků podle zatížení.....</b>	<b>25</b>
<b>3..... Návrhové situace.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1..... Obecně.....</b>	<b>26</b>
<b>3.2..... Návrhové situace pro materiály skladované</b>	



v zásobnících.....	26
<b>3.3.....</b> Návrhové situace pro různá geometrická uspořádání zásobníku.....	27
<b>3.4.....</b> Návrhové situace pro zvláštní tvary konstrukce.....	32
<b>3.5.....</b> Návrhové situace pro kapaliny uskladněné v nádržích.....	33
<b>3.6.....</b> Zásady navrhování na výbuch.....	33
<b>4.....</b> Vlastnosti zrnitých materiálů.....	33
<b>4.1.....</b> Obecně.....	33
<b>4.2.....</b> Vlastnosti zrnitých materiálů.....	34
<b>4.2.1... Obecně.....</b>	34
<b>4.2.2... Zkoušení a vyhodnocování vlastností materiálů.....</b>	35
<b>4.2.3... Zjednodušená metoda.....</b>	36
<b>4.3.....</b> Zkoušení zrnitých materiálů.....	36
<b>4.3.1... Zkušební postupy.....</b>	36
<b>4.3.2... Objemová tíha <math>g</math>.....</b>	37
<b>4.3.3... Součinitel tření o stěnu <math>m</math>.....</b>	37

<b>4.3.4... Úhel vnitřního tření</b>	
$f_i$ .....	
... 37	
<b>4.3.5... Poměr bočních tlaků</b>	
$K$ .....	
.. 37	
<b>4.3.6... Soudržnost</b>	
$c$ .....	
..... 38	
<b>4.3.7... Referenční součinitel materiálu pro místní zatížení</b>	
$C_{op}$ .....	38
<b>5..... Zatížení svislých stěn zásobníků</b>	
38	
<b>5.1.....</b>	
Obecně.....	
..... 38	
<b>5.2..... Štíhlé zásobníky</b>	
..... 39	
<b>5.2.1... Zatížení svislých stěn při plnění</b>	39
<b>5.2.2... Zatížení svislých stěn při vyprazdňování</b>	43
<b>5.2.3... Náhradní rovnoměrné zvýšení tlaku při místním zatížení při plnění a vyprazdňování</b>	46
<b>5.2.4... Zatížení kruhových zásobníků s velkou výstředností výpusti při vyprazdňování</b>	47
<b>5.3..... Nízké a středně štíhlé zásobníky</b>	
51	
<b>5.3.1... Zatížení svislých stěn při plnění</b>	51
<b>5.3.2... Zatížení svislých stěn při vyprazdňování</b>	52
<b>5.3.3... Zatížení při plnění s velkou výstředností u nízkých a středně štíhlých kruhových zásobníků</b>	54

<b>5.3.4...</b> Zatížení při vyprazdňování s velkou výstředností u nízkých a středně štíhlých zásobníků.....	55
<b>5.4.....</b> Uzavřené zásobníky.....	55
<b>5.4.1...</b> Zatížení svislých stěn při plnění.....	55
<b>5.4.2...</b> Zatížení svislých stěn při vyprazdňování.....	56
<b>5.5.....</b> Zásobníky obsahující provzdušněné materiály.....	56
<b>5.5.1...</b> Obecně.....	56
<b>5.5.2...</b> Zatížení zásobníků obsahujících ztekucené materiály.....	56
<b>5.6.....</b> Rozdíly teploty mezi skladovaným materiálem a konstrukcí zásobníku.....	57
<b>5.6.1...</b> Obecně.....	57
<b>5.6.2...</b> Tlaky vyvozené snížením teploty okolního ovzduší.....	57
<b>5.6.3...</b> Tlaky vyvozené plněním horkými materiály.....	58
<b>5.7.....</b> Zatížení obdélníkových zásobníků.....	58
<b>5.7.1...</b> Obdélníkové zásobníky.....	58
<b>5.7.2...</b> Zásobníky s vnitřními táhly.....	58
<b>6.....</b> Zatížení výsypek a na dna zásobníků.....	58
<b>6.1.....</b> Obecně.....	58

<b>6.1.1... Fyzikální vlastnosti.....</b>	<b>58</b>
<b>6.1.2... Obecná pravidla.....</b>	<b>60</b>
<b>6.2..... Plochá dna.....</b>	<b>61</b>
<b>6.2.1... Svislé tlaky na plochá dna ve štíhlých zásobnících.....</b>	<b>61</b>
<b>6.2.2... Svislé tlaky na plochá dna v nízkých a středně štíhlých zásobnících.....</b>	<b>61</b>
<b>6.3..... Strmé výsyvky.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3.1... Účinné tření.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3.2... Zatížení při plnění.....</b>	<b>63</b>
<b>6.3.3... Zatížení při vyprazdňování.....</b>	<b>63</b>
<b>6.4..... Mělké výsyvky.....</b>	<b>64</b>
<b>6.4.1... Účinné tření.....</b>	<b>64</b>
<b>6.4.2... Zatížení při plnění.....</b>	<b>64</b>

<b>6.4.3...</b> Zatížení při vyprazdňování.....	65
<b>6.5.....</b> Výsypky zásobníků obsahujících provzdušněné materiály.....	65
<b>7.....</b> Zatížení nádrží kapalinami.....	65
<b>7.1.....</b> Obecně.....	65
<b>7.2.....</b> Zatížení od skladovaných kapalin.....	65
<b>7.3.....</b> Vlastnosti kapaliny.....	65
<b>7.4.....</b> Sání vyvolané nedostatečným větráním.....	65
<b>Příloha A</b> (informativní) Zásady navrhování – doplňující ustanovení k EN 1990 pro zásobníky a nádrže.....	66
<b>A.1.....</b> Obecně.....	66
<b>A.2.....</b> Mezní stav únosnosti.....	66
<b>A.3.....</b> Zatížení a jejich kombinace.....	66
<b>A.4.....</b> Návrhové situace a kombinace zatížení pro třídy zásobníků 2 a 3.....	66
<b>A.5.....</b> Kombinace zatížení pro třídu zásobníků 1.....	70
<b>Příloha B</b> (informativní) Zatížení, dílčí součinitele a kombinace zatížení pro nádrže.....	71
<b>B.1.....</b> Obecně.....	

.....	71
<b>B.2.....</b>	
Zatížení.....	71
.....	71
<b>B.3.....</b> Dílčí součinitele pro zatížení.....	73
... 73	
<b>B.4.....</b> Kombinace zatížení.....	73
.....	73
<b>Příloha C</b> (normativní) Měření vlastností materiálů pro stanovení zatížení zásobníků.....	74
<b>C.1.....</b>	
Předmět.....	74
.....	74
<b>C.2.....</b> Oblast použití.....	74
.....	74
<b>C.3.....</b>	
Značky.....	74
.....	74
<b>C.4.....</b>	
Definice.....	75
.....	75
<b>C.5.....</b> Vzorkování a příprava vzorků.....	75
75	
<b>C.6.....</b> Objemová tíha $g$ .....	75
.....	75
<b>C.7.....</b> Tření o stěnu zásobníku.....	76
.....	76
<b>C.8.....</b> Poměr bočních tlaků $K$ .....	78
.. 78	
<b>C.9.....</b> Pevnostní parametry: soudržnost $c$ a úhel vnitřního tření $f_i$ .....	79
79	
<b>C.10...</b> Účinný modul pružnosti	

$E_s$ ..... 82

**C.11**... Stanovení horních a dolních charakteristických hodnot vlastností a určení převodního součinitele  $a$ ..... 84

**Příloha D** (normativní) Stanovení vlastností materiálů pro posuzování zatížení zásobníků..... 86

**D.1**.....

Předmět.....  
..... 86

**D.2**..... Zjišťování součinitele tření o stěnu u konstrukcí z vlnitého materiálu..... 86

**Příloha E** (normativní) Hodnoty vlastností zrnitých materiálů..... 88

**E.1**.....

Obecně.....  
..... 88

**E.2**..... Definované

hodnoty.....  
..... 88

**Příloha F** (informativní) Stanovení modelu toku..... 89

**F.1**..... Celkový a nálevkovitý

tok.....  
89

**Příloha G** (normativní) Alternativní pravidla pro tlaky ve výsypkách..... 90

**G.1**.....

Obecně.....  
..... 90

**G.2**.....

Značky.....  
..... 90

**G.3**.....

Definice.....  
..... 90

**G.4**..... Návrhové

situace.....  
..... 90

<b>G.5.....</b> Stanovení součinitele zvětšujícího zatížení dna $C_b$ .....	90
<b>G.6.....</b> Tlaky na plochá a téměř plochá dna při plnění.....	91
<b>G.7.....</b> Tlaky ve výsypkách při plnění.....	91
<b>G.8.....</b> Tlak na ploché nebo téměř ploché dno při vyprazdňování.....	92
<b>G.9.....</b> Tlak na výsypku při vyprazdňování.....	92
<b>G.10...</b> Alternativní výrazy pro výpočet poměru tlaku na výsypku při vyprazdňování $F_e$ .....	92
<b>Příloha H</b> (informativní) Zatížení způsobená výbuchy prachu.....	93
<b>H.1.....</b> Obecně.....	93
<b>H.2.....</b> Rozsah.....	93
<b>H.3.....</b> Značky.....	93
<b>H.4.....</b> Výbušný prach a jeho vlastnosti.....	93
<b>H.5.....</b> Zdroje vznícení.....	93
<b>H.6.....</b> Ochranná opatření.....	94
<b>H.7.....</b> Návrh nosných prvků.....	94



**H.8.....** Návrhový  
tlak.....  
..... 94

**H.9.....** Návrh na  
podtlak.....  
..... 94

**H.10...** Návrh výfukových  
prvků.....  
..... 94

**H.11...** Reakce při  
větrání.....  
..... 94

**Národní příloha NA** (informativní) Národně stanovené parametry a doplňující  
informace..... 95

Bibliografie.....  
..... 98

# Evropská předmluva

Tato norma EN 1991-4:2006 byla vypracována technickou komisí CEN/TC 250 *Eurokódy pro stavební konstrukce*, jejíž sekretariát zajišťuje BSI.

Této evropské normě je nutno nejpozději do listopadu 2006 dát status národní normy, a to buď vydáním identického textu, nebo schválením k přímému používání, a národní normy, které jsou s ní v rozporu, se zruší nejpozději do března 2010.

Tento dokument nahrazuje ENV 1991-4:1995.

Podle Vnitřních předpisů CEN/CENELEC jsou tuto evropskou normu povinny zavést národní normalizační organizace následujících zemí: Belgie, Bulharska, Bývalé jugoslávské republiky Makedonie, České republiky, Dánska, Estonska, Finska, Francie, Chorvatska, Irsko, Islandu, Itálie, Kypru, Litvy, Lotyšska, Lucemburska, Maďarska, Malty, Německa, Nizozemska, Norska, Polska, Portugalska, Rakouska, Rumunska, Řecka, Slovenska, Slovinska, Spojeného království, Srbska, Španělska, Švédsko, Švýcarsko a Turecko.

## Vývoj Eurokódů

Komise evropského společenství v roce 1975 rozhodla o akčním programu v oblasti stavebnictví založeném na článku 95 Smlouvy [NP1](#)). Cílem tohoto programu bylo odstranění technických překážek obchodu a harmonizace technických specifikací.

V rámci tohoto akčního programu převzala Komise iniciativu k vytvoření souboru harmonizovaných technických pravidel pro navrhování stavebních konstrukcí, které mají zpočátku sloužit jako alternativa k národním pravidlům platným v členských státech a nakonec je mají nahradit.

Po dobu patnácti let řídila Komise s pomocí řídicího výboru složeného ze zástupců členských států vývoj programu Eurokódů, což vedlo ke zveřejnění první generace evropských norem v 80. letech.

V roce 1989 Komise a členské státy EU a EFTA rozhodly na základě dohody [1](#)) mezi Komisí a CEN předat tvorbu a vydávání Eurokódů prostřednictvím řady mandátů organizaci CEN tak, aby Eurokódy mohly mít v budoucnu status evropských norem (EN). Eurokódy jsou tímto tedy spojeny s ustanoveními všech směrnic Rady a/nebo s rozhodnutími Komise týkajícími se evropských norem (např. směrnice Rady 89/106/EEC pro stavební výrobky - CPD - a směrnice Rady 93/37/EEC, 92/50/EEC a 89/440/EEC pro veřejné zakázky a služby, a odpovídající směrnice EFTA usilující o vytvoření vnitřního trhu).

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

EN 1990 Eurokód: 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 úrovně v jednotlivých státech nadále odlišují.

Status a rozsah použití Eurokódů

Členské státy EU a EFTA považují Eurokódy za základní dokumenty pro následující účely:

- jako prostředek k prokázání shody pozemních a inženýrských staveb se základními požadavky směrnice Rady 89/106/EEC, zvláště pak se základním požadavkem č. 1 - Mechanická odolnost a stabilita - a se základním požadavkem č. 2 - Požární bezpečnost,
- jako podklad pro specifikaci smluv, jejichž předmětem jsou stavby a příslušné technické služby;
- jako základ pro tvorbu harmonizovaných technických specifikací pro stavební výrobky (EN a ETA).

Eurokódy, tak jak se týkají staveb, mají podle článku 12 CPD přímou vazbu na interpretační dokumenty<sup>2)</sup>, i když se svou podstatou liší od harmonizovaných norem výrobků<sup>3)</sup>. Technické aspekty vyplývající z Eurokódů musí být proto náležitě zváženy technickými komisemi CEN a/nebo pracovními skupinami EOTA zpracovávajícími normy výrobků, tak aby se dosáhlo plné kompatibility těchto technických specifikací s Eurokódy.

Eurokódy poskytují obecná návrhová pravidla pro navrhování celých konstrukcí i jednotlivých prvků, a to jak obvyklého, tak i inovačního charakteru. Neobvyklé tvary konstrukce nebo návrhové podmínky nejsou specificky zahrnuty, v takových případech se bude vyžadovat doplňující odborné posouzení.

## Národní normy zavádějící Eurokódy

Národní normy zavádějící Eurokódy obsahují úplný text Eurokódu (včetně všech příloh) vydaného CEN. Textu může předcházet národní titulní strana a národní předmluva, za textem může následovat národní příloha.

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

- hodnoty a/nebo třídy, které se mají použít, pokud jsou v Eurokódu uvedeny alternativy;
- hodnoty, které se mají použít, pokud jsou v Eurokódu uvedeny pouze značky (veličin);
- specifické údaje pro zemi (geografické, klimatické atd.), např. mapa sněhových oblastí;
- postup, který se má použít, pokud Eurokód uvádí alternativní postupy.

Dále mohou obsahovat:

- rozhodnutí o uplatnění informativních příloh;
- odkazy na doplňující informace, které uživateli usnadní používání Eurokódu a nejsou s ním v rozporu.

## **Vztah mezi Eurokódy a harmonizovanými technickými specifikacemi (EN a ETA) pro výrobky**

Mezi harmonizovanými technickými specifikacemi pro stavební výrobky a technickými pravidly pro stavby<sup>4</sup> má být soulad. Navíc průvodní údaje označení CE stavebních výrobků, které se odvolávají na Eurokódy, musí zřetelně uvádět, které národně stanovené parametry se uvažovaly.

### **Doplňující informace specifické pro EN 1991-4**

EN 1991-4 uvádí návod pro stanovení zatížení pro účely navrhování konstrukcí zásobníků a nádrží.

EN 1991-4 je určena pro objednatele, projektanty, dodavatele a příslušné úřady.

EN 1991-4 má být používána spolu s EN 1990, s dalšími částmi EN 1991, s EN 1992 a EN 1993, a s dalšími částmi EN 1994 - EN 1999 důležitými pro navrhování zásobníků a nádrží.

# Národní příloha k EN 1991-4

Tato norma uvádí alternativní postupy, hodnoty a doporučení pro třídy s poznámkami, které určují, kde se má provést národní volba. Národní norma zavádějící EN 1991-4 má tedy mít národní přílohu obsahující všechny národně stanovené parametry, jež se budou používat při navrhování pozemních a inženýrských staveb v příslušném státě.

Národní volbu lze v EN 1991-4 provést v:

- 2.5(5);
- 3.6(2);
- 5.2.4.3.1(3);
- 5.4.1(3);
- 5.4.1(4);
- A.4(3);
- B.2.14(1).

# 1 Obecně

## 1.1 Rozsah platnosti

### 1.1.1 Rozsah platnosti EN 1991 - Eurokód 1

(1) EN 1991 poskytuje obecné zásady a zatížení pro navrhování konstrukcí pozemních a inženýrských staveb včetně některých geotechnických aspektů a musí se používat spolu s EN 1990 a EN 1992 až EN 1999.

(2) EN 1991 zahrnuje také navrhování konstrukcí během provádění a navrhování konstrukcí dočasných staveb. Týká se všech okolností, za kterých se požaduje, aby konstrukce plnila příslušné funkce.

(3) EN 1991 není přímo určena pro hodnocení existujících konstrukcí, pro zpracování projektů oprav a rekonstrukcí staveb a pro hodnocení změn využití staveb.

(4) EN 1991 plně neplatí pro zvláštní návrhové situace, které vyžadují výjimečnou spolehlivost, jako jsou konstrukce jaderné energetiky, pro které se mají použít specifické návrhové postupy.

### 1.1.2 Rozsah platnosti EN 1991-4 pro zatížení zásobníků a nádrží

(1) Tato část stanoví obecné zásady a zatížení pro navrhování konstrukcí zásobníků pro skladování zrnitých materiálů a nádrží pro skladování kapalin a musí se používat spolu s EN 1990, dalšími částmi EN 1991 a EN 1992 až EN 1999.

(2) Tato část obsahuje některá ustanovení pro zatížení konstrukcí zásobníků a nádrží, které nesouvisí pouze se skladovanými materiály nebo kapalinami (např. účinek rozdílů teplot, hlediska rozdílného sedání skupin zásobníků).

(3) Pro navrhování zásobníků platí tato geometrická omezení:

- tvary průřezů jsou omezeny na tvary znázorněné na obrázku 1.1d, i když jsou přípustné menší obměny za předpokladu, že se vezmou v úvahu důsledky změn tlaku z nich vyplývající;

- platí tato omezení rozměrů:

$$h_b/d_c < 10$$

$$h_b < 100 \text{ m}$$

$$d_c < 60 \text{ m}$$

- přechod mezi svislými stěnami a výsypkou leží v jedné vodorovné rovině (viz obrázek 1.1a);

- zásobník nemá žádnou vnitřní konstrukci jako jehlan nebo kužel s vrcholem nahoře, příčnický, atd. Zásobník obdélníkového průřezu však může obsahovat vnitřní táhla.

(4) Pro navrhování zásobníků platí tato omezení týkající se skladovaných materiálů:

- každý zásobník se navrhuje pro určitý rozsah vlastností zrnitých materiálů;

- skladovaný materiál je volně tekoucí, nebo lze zaručit, že v rámci navrhovaného zásobníku bude volně téci (viz 1.5.12 a příloha C);
- maximální průměr částice skladovaného materiálu nepřesáhne  $0,03 d_c$  (viz obrázek 1.1d).

POZNÁMKA Pokud jsou částice skladovaného materiálu ve srovnání s tloušťkou stěny zásobníku velké, je třeba vzít v úvahu místní síly, jimiž jednotlivé částice působí na stěnu.

(5) Návrhová pravidla pro plnění a vyprazdňování zásobníků jsou omezena takto:

- plnění zahrnuje pouze zanedbatelné účinky setrvačnosti a zatížení od nárazů;
- pokud se používají vyprazdňovací zařízení (jako podavače nebo vnitřní potrubí), je tok materiálu hladký a centrální.



## Legenda

- 1 ekvivalentní povrch
- 2 vnitřní rozměry
- 3 přechod (přechodová oblast)
- 4 profil povrchu materiálu při naplnění
- 5 osa zásobníku

Obrázek 1.1 - Tvary zásobníků s označením rozměrů a tlaků

(6) Tato norma platí pouze pro výsypky, které jsou kuželovité (tj. osově souměrné), jehlanovité se čtvercovým průřezem nebo klínovité (tj. se svislými koncovými stěnami). Návrh výsypek jiných tvarů a výsypek s vnitřním zařízením vyžaduje zvláštní přístup.

(7) Některé zásobníky s nesymetrickou geometrií nejsou specificky uvedeny v této normě. K těmto případům patří „dlátové“ výsypky (tj. klínovité výsypky válcových zásobníků kruhového průřezu) a kosočtverečné výsypky.

(8) Norma platí pouze pro nádrže na skladování kapalin za normálního atmosférického tlaku.

(9) Zatížení střech zásobníků a nádrží jsou uvedena v EN 1991-1-1, EN 1991-1-3 až 1991-1-7 a EN 1991-3.

(10) Navrhování zásobníků na spolehlivé vyprazdňování je mimo rámec této normy.

(11) Navrhování zásobníků na otřesy, rázy, hukot, tlučení a hluk („silo music“) je mimo rámec této normy.

**POZNÁMKA** Porozumění těmto jevům není dostatečné; použití této normy proto nezaručuje, že k nim nedojde nebo že konstrukce k nim bude dostatečně odolná.



## 1.2 Citované normativní dokumenty

Do této evropské normy jsou začleněna formou datovaných nebo nedatovaných odkazů ustanovení z jiných publikací. Tyto normativní odkazy jsou uvedeny na příslušných místech textu a seznam těchto publikací je uveden níže. U datovaných odkazů se pozdější změny nebo revize kterékoliv z těchto publikací vztahují na tuto evropskou normu jen tehdy, pokud do ní byly začleněny změnou nebo revizí. U nedatovaných odkazů platí poslední vydání příslušné publikace (včetně změn).

ISO 3898:1997 Zásady navrhování stavebních konstrukcí – Označování – Základní značky

POZNÁMKA Na příslušných místech textu jsou citovány tyto stávající nebo připravované evropské normy:

EN 1990 Eurocode: Basis of structural design  
(*Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*)

EN 1991-1-1 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General actions – Densities, self-weight and imposed loads  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*)

EN 1991-1-2 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*)

EN 1991-1-3 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-3: General actions – Snow loads  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*)

EN 1991-1-4 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-4: General actions – Wind actions  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*)

EN 1991-1-5 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-5: General actions – Thermal actions  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou*)

EN 1991-1-6 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-6: General actions – Actions during execution  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění*)

EN 1991-1-7 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-7: General actions – Accidental actions  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení*)

EN 1991-2 Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou*)

EN 1991-3 Eurocode 1: Actions on structures – Part 3: Actions induced by cranes and machinery  
(*Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 3: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení*)

EN 1992 Eurocode 2: Design of concrete structures  
(*Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí*)

EN 1992-3 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 3: Liquid retaining and containment

structures

*(Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 3: Nádrže na kapaliny a zásobníky)*

EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures

*(Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí)*

EN 1993-1-6 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-6: Strength and stability of shell structures

*(Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-6: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí)*

EN 1993-4-1 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-1: Silos

*(Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 4-1: Zásobníky)*

EN 1993-4-2 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 4-2: Tanks

*(Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 4-2: Nádrže)*

EN 1994 Eurocode 4: Design of composite steel and concrete structures

*(Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí)*

EN 1995 Eurocode 5: Design of timber structures

*(Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí)*

EN 1996 Eurocode 6: Design of masonry structures

*(Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí)*

EN 1997 Eurocode 7: Geotechnical design

*(Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí)*

EN 1998 Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance  
(Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení)

EN 1999 Eurocode 9: Design of aluminium alloy structures  
(Eurokód 9: Navrhování hliníkových konstrukcí)

## 1.3 Předpoklady

(1)P Platí obecné předpoklady podle EN 1990:2002, 1.3.

## 1.4 Rozlišení zásad a aplikačních pravidel

(1) Podle povahy jednotlivých článků se v této části rozlišují zásady a aplikační pravidla.

(2) Zásady zahrnují:

- obecná ustanovení a definice, pro které není dovolena žádná alternativa, a také
- požadavky a výpočetní modely, pro něž není dovolena žádná alternativa, pokud to není výslovně stanoveno.

(3) Zásady jsou označeny písmenem P za číslem odstavce.

(4) Aplikační pravidla jsou obecně uznávaná pravidla, která se shodují se zásadami a splňují jejich požadavky.

(5) Je dovoleno používat alternativní návrhová pravidla odlišná od aplikačních pravidel uvedených v tomto Eurokódu, pokud se prokáže, že tato alternativní pravidla jsou ve shodě s příslušnými zásadami a zaručují nejméně stejnou spolehlivost.

(6) V této části normy jsou aplikační pravidla označována číslem v závorkách, jako např. u tohoto odstavce.

## 1.5 Definice

Pro účely této normy platí základní seznam definic uvedený v EN 1990, 1.5, jakož i další definice uvedené níže, které platí konkrétně pro tuto normu

### 1.5.1

**provzdušené dno zásobníku** (*aerated silo bottom*)

dno zásobníku, v němž se k aktivaci toku na dně zásobníku používá vzdušných skluzů nebo vzdušných trysek (viz obrázek 3.5b)

### 1.5.2

**charakteristická hodnota vnitřního průměru zásobníku** (*characteristic dimension of inside silo cross-section*)

charakteristická hodnota průměru  $d_c$  největší kružnice vepsané do příčného řezu zásobníku (viz obrázek 1.1d)

### 1.5.3

### **kruhový zásobník** (*circular silo*)

zásobník s kruhovým průřezem (viz obrázek 1.1d)

#### **1.5.4**

##### **soudržnost** (*cohesion*)

smyková pevnost skladovaného materiálu při nulovém normálovém napětí v rovině porušení

#### **1.5.5**

##### **kuželovitá výsypka** (*conical hopper*)

výsypka, jejíž šikmé stěny se sbíhají do jednoho bodu a vyvolávají osově souměrný tok skladovaného materiálu

#### **1.5.6**

##### **výstředné vyprazdňování** (*eccentric discharge*)

model toku skladovaného materiálu vyplývající z jejího nesouměrného rozložení vzhledem ke svislé ose zásobníku. Toto rozložení je obvykle důsledkem výstředně umístěné výpusti (viz obrázek 3.2c a 3.2d, 3.3b a 3.3c), ale může být způsobeno i jiným nesouměrným jevem (viz obrázek 3.4d)

#### **1.5.7**

##### **výstředné plnění** (*eccentric filling*)

stav, při kterém vrchol navršeného skladovaného materiálu v jakémkoliv stadiu plnění neleží ve svislé ose zásobníku (viz obrázek 1.1b)

### 1.5.8

#### **ekvivalentní povrch** (*equivalent surface*)

velikost povrchu, který poskytuje pro skladovaný materiál stejný objem jako skutečný povrch (viz obrázek 1.1a)

### 1.5.9

#### **zásobník se zvýšeným tokem** (*expanded flow hopper*)

zásobník, jehož dolní část výsypky má stěny dostatečně strmé, aby vyvolaly celkový tok, zatímco stěny horní části výsypky jsou jen mírně šikmé, takže v nich lze očekávat nálevkovitý tok (viz obrázek 3.5d). Toto uspořádání snižuje výšku zásobníku a zajišťuje spolehlivé vyprazdňování

### 1.5.10

#### **ploché dno** (*flat bottom*)

vnitřní dno zásobníku, jehož odchylka od vodorovné roviny nepřesahuje 5°

### 1.5.11

#### **model toku** (*flow pattern*)

tvár tekoucího materiálu v zásobníku v době, kdy tok plynule probíhá (viz obrázek 3.1 až 3.4). Zásobník je téměř naplněn

### 1.5.12

#### **ztekucený materiál** (*fluidized solid*)

stav skladovaného jemnozrnného materiálu, kdy většina jeho objemu obsahuje vysoké procento mezerového vzduchu, jehož tlak nadlehčuje tíhu jednotlivých částic. Vzduch vniká do materiálu provzdušňováním nebo během plnění. Materiál lze pokládat za částečně ztekucený, když tlak mezerového vzduchu nadlehčuje pouze část tíhy částic

### 1.5.13

#### **volně tekoucí zrnitý materiál** (*free flowing granular solid*)

zrnitý materiál, jehož tok není významně ovlivněn soudržností

### 1.5.14

#### **stav naplnění** (*full condition*)

zásobník je ve stavu naplnění (naplněn), když horní povrch skladovaného materiálu je v nejvyšší poloze, která se pokládá za možnou za provozních podmínek během návrhové životnosti konstrukce. Tento stav představuje pro zásobník návrhovou podmínku

### 1.5.15

#### **nálevkovitý tok** (*funnel flow*)

model toku, při němž v omezeném pásmu nad výpustí vznikne kanál tekoucího materiálu a materiál u stěny v blízkosti výpusti zůstává nehybný (viz obrázek 3.1). Výtokový kanál může protínat část se svislými stěnami (smíšený tok) nebo zasahovat až k povrchu skladovaného materiálu (trubkovitý tok)

### 1.5.16

#### **hrubozrnný materiál** (*granular solid*)

materiál, jehož částice jsou tak velké, že mezerový vzduch má jen malý vliv na tlaky a tok hmoty

### 1.5.17

#### **vysoká rychlost plnění** (*high filling velocity*)

vysoká rychlost plnění zásobníku může vést ke strhávání takového množství vzduchu do skladovaného materiálu, že se tlaky na stěny zásobníku budou podstatně lišit od tlaků vznikajících bez provzdušení

### **1.5.18**

**homogenizační ztekucující zásobník** (*homogenizing fluidized silo*)

zásobník, v němž se zrnitý materiál ztekucuje za účelem lepšího promísení

### **1.5.19**

**výsypka** (*hopper*)

dno zásobníku se šikmými stěnami

### **1.5.20**

**poměr tlaků ve výsypce  $F$**  (*hopper pressure ratio  $F$* )

poměr normálového tlaku  $p_n$  na šikmou stěnu výsypky k průměrnému svislému napětí  $p_v$  od materiálu, který je uvažován ve stejné úrovni

### 1.5.21

#### **středně štíhlý zásobník** (*intermediate slenderness silo*)

zásobník, u něhož  $1,0 < h_c/d_c < 2,0$  (kromě případů uvedených v 3.3)

### 1.5.22

#### **vnitřní trubkový tok** (*internal pipe flow*)

model trubkovitého toku, při němž hranice tokového kanálu dosahuje až k povrchu skladovaného materiálu, aniž by byla ve styku se stěnou (viz obrázek 3.1 a 3.2)

### 1.5.23

#### **poměr bočních tlaků $K$** (*lateral pressure ratio $K$* )

poměr průměrného vodorovného tlaku na svislou stěnu zásobníku k průměrnému svislému namáhání materiálu, ve stejné rovině

### 1.5.24

#### **nízká soudržnost** (*low cohesion*)

vzorek materiálu má nízkou soudržnost, jestliže má soudržnost  $c$  menší než 4 % tlaku  $s_f$  před zhutněním (způsob určování soudržnosti je popsán v C.9)

### 1.5.25

#### **celkový tok** (*mass flow*)

model toku, v němž všechny částice skladovaného materiálu jsou během vyprazdňování zásobníku současně v pohybu (viz obrázek 3.1a)

### 1.5.26

#### **smíšený tok** (*mixed flow*)

model nálevkovitého toku, při němž tokový kanál protíná svislou stěnu zásobníku v bodu pod povrchem materiálu (viz obrázek 3.1c a 3.3)

### 1.5.27

#### **nekruhový zásobník** (*non-circular silo*)

zásobník, jehož vodorovný řez má jiný než kruhový tvar (viz obrázek 1.1d)

### 1.5.28

#### **zrnitý materiál** (*particulate solid*)

materiál ve formě mnoha diskrétních a nezávislých částic

### 1.5.29

#### **místní zatížení** (*patch load*)

soustředěné zatížení, o němž se předpokládá, že působí v určitém pruhu nebo v jakékoliv části svislé stěny zásobníku

### 1.5.30

#### **trubkový tok** (*pipe flow*)

model toku, při kterém se zrnitý materiál pohybuje ve svislém nebo téměř svislém kanálu nad výpustí, ale je obklopena nehybným materiálem (viz obrázek 3.1b a 3.2). Tok může probíhat podél stěny, má-li zásobník výstředně umístěnou výpust (viz obrázek 3.2c a 3.2d) nebo jestliže se působením nějakých zvláštních vlivů přemístí z místa nad výpustí (viz obrázek 3.4d)

### 1.5.31

#### **rovinný tok** (*plane flow*)

profil toku v zásobníku obdélníkového nebo čtvercového průřezu se štěrbinovou výpustí; výpust je rovnoběžná se dvěma stěnami zásobníku a její délka se rovná délce těchto stěn

### **1.5.32**

#### **práškový materiál** (*powder*)

pro účely této normy se jako práškový klasifikuje materiál, který má průměrnou velikost částic menší než 0,05 mm

### **1.5.33**

#### **tlak** (*pressure*)

síla na jednotku plochy kolmá ke stěně zásobníku



#### 1.5.34

##### **uzavřený zásobník** (*retaining silo*)

zásobník, u něhož dno je ploché a  $h_c/d_c \leq 0,4$

#### 1.5.35

##### **mělká výsypka** (*shallow hopper*)

výsypka, v níž se při plnění nemobilizuje plná hodnota tření o stěny

#### 1.5.36

##### **zásobník** (*silo*)

konstrukce pro skladování zrnitých materiálů (jako bunkr, nebo silo)

#### 1.5.37

##### **štíhlý zásobník** (*slender silo*)

zásobník, jehož  $h_c/d_c \geq 2,0$  nebo který splňuje další podmínky uvedené v 3.3

#### 1.5.38

##### **štíhlost** (*slenderness*)

poměr  $h_c/d_c$  části zásobníku se svislými stěnami

#### 1.5.39

##### **nízký zásobník** (*squat silo*)

zásobník, v němž  $0,4 < h_c/d_c \leq 1,0$  nebo který splňuje další podmínky uvedené v 3.3. Pokud  $h_c/d_c \leq 0,4$ , jedná se o nízký zásobník, pokud je opatřen výsypkou, nebo o uzavřený zásobník, pokud má ploché dno

#### 1.5.40

##### **strmá výsypka** (*steep hopper*)

výsypka, v níž se při naplnění zásobníku uplatňuje plná hodnota tření o stěny

#### 1.5.41

##### **napětí ve skladovaném materiálu** (*stress in the stored solid*)

síla na jednotku plochy ve skladovaném materiálu

#### 1.5.42

##### **nádrž** (*tank*)

konstrukce užívaná ke skladování kapalin

#### 1.5.43

##### **tlustostěnný zásobník** (*thick-walled silo*)

zásobník s poměrem průměru k tloušťce stěny menším než  $d_c/t = 200$

#### 1.5.44

##### **tenkostěnný kruhový zásobník** (*thin-walled circular silo*)

kruhový zásobník, jehož poměr průměru k tloušťce stěny je vyšší než  $d_c/t = 200$

#### 1.5.45

##### **tah** (*traction*)

síla na jednotku plochy rovnoběžná se stěnou zásobníku (svislou nebo šikmou)

#### 1.5.46

##### **přechod** (*transition*)

průsečík výsypky a svislé stěny

#### **1.5.47**

**část se svislými stěnami** (*vertical wall segment*)

část zásobníku nebo nádrže se svislými stěnami

#### **1.5.48**

**klínovitá výsypka** (*wedge hopper*)

výsypka, jejíž šikmé stěny se sbíhají pouze v jedné rovině (se svislými konci), jejímž účelem je vyvolat rovinný tok skladovaného materiálu

## 1.6 Značky

Seznam základních značek je uveden v EN 1990. Pro tuto část normy platí tyto další značky.

Použité značky vycházejí z normy ISO 3898:1997.

### 1.6.1 Velká písmena latinské abecedy

$A$	plocha průřezu části zásobníku se svislými stěnami
$A_c$	plocha vodorovného řezu tokového kanálu při výstředném vyprazdňování
$B$	hloubkový parametr pro výstředně plněné nízké zásobníky
$C$	součinitel zvětšující zatížení
$C_o$	součinitel vyprazdňování (součinitel zvětšující zatížení) pro materiál
$C_{op}$	referenční součinitel místního zatížení (součinitel zvětšující zatížení) pro skladovaný materiál
$C_b$	součinitel zvětšující zatížení dna
$C_h$	součinitel vodorovného tlaku při vyprazdňování (součinitel zvětšující zatížení)
$C_{pe}$	součinitel místního zatížení při vyprazdňování (součinitel zvětšující zatížení)
$C_{pf}$	součinitel místního zatížení při plnění (součinitel zvětšující zatížení)
$C_s$	regulační součinitel úpravy štíhlosti pro středně štíhlé zásobníky
$C_T$	součinitel zvětšující zatížení vyvolané rozdíly teploty
$C_w$	součinitel tahové složky tření o stěnu při vyprazdňování (součinitel zvětšující zatížení)
$E$	poměr výstřednosti tokového kanálu k průměru zásobníku
$E_s$	účinný modul pružnosti skladovaného materiálu při příslušné hladině napětí
$E_w$	modul pružnosti stěny zásobníku
$F$	poměr normálového tlaku na stěnu výsypky a průměrného svislého napětí v materiálu
$F_e$	poměr tlaků ve výsypce při vyprazdňování
$F_f$	poměr tlaků ve výsypce po naplnění
$F_{pe}$	celková vodorovná síla vyvozená místním zatížením v tenkostěnném kruhovém zásobníku během vyprazdňování

$F_{pf}$	celková vodorovná síla vyvozená místním zatížením v naplněném tenkostěnném kruhovém zásobníku
$G$	poměr poloměru tokového kanálu k poloměru kruhového zásobníku
$K$	charakteristická hodnota poměru bočních tlaků
$K_m$	průměrná hodnota poměru bočních tlaků
$K_o$	hodnota poměru $K$ měřená pro nulovou vodorovnou deformaci při hlavním vodorovném a svislém napětí
$S$	součinitel geometrie výsypky (rovný 2 pro kuželovité výsypky a rovný 1 pro klínovité výsypky)
$T$	teplota
$U$	vnitřní obvod vodorovného řezu části se svislými stěnami
$U_{sc}$	vnitřní obvod výtokového kanálu k statickému styku materiálu při výstředném vyprazdňování
$U_{wc}$	vnitřní obvod výtokového kanálu ve styku se stěnou při výstředném vyprazdňování
$Y$	variační funkce hloubky
$Y_j$	variační funkce hloubky Janssenova tlaku
$Y_R$	variační funkce hloubky tlaku v nízkém zásobníku

## 1.6.2 Malá písmena latinské abecedy

$a$	délka strany pravoúhlého nebo šestihranného zásobníku (viz obrázek 1.1d)
$a$	převodní součinitel pro získání horní a dolní charakteristické hodnoty z průměrné vlastnosti
$a_k$	převodní součinitel pro poměr bočních tlaků
$a_g$	převodní součinitel pro objemovou tíhu
$a_f$	převodní součinitel pro úhel vnitřního tření
$a_m$	převodní součinitel pro součinitel tření o stěny
$b$	šířka obdélníkového zásobníku (viz obrázek 1.1d)
$b$	empirický součinitel pro tlaky ve výsypance
$c$	soudržnost materiálu
$d_c$	charakteristická hodnota rozměru vnitřního průměru zásobníku (viz obrázek 1.1d)
$e$	větší z hodnot $e_f$ a $e_o$
$e_c$	výstřednost středu tokového kanálu při vysoce výstředném toku (viz obrázek 5.5)
$e_f$	maximální výstřednost navršeného materiálu během plnění (viz obrázek 1.1b)
$e_{f,cr}$	maximální výstřednost při plnění, při níž lze použít jednoduchá pravidla ( $e_{f,cr} = 0,25d_c$ )
$e_o$	výstřednost středu výpusti (viz obrázek 1.1b)
$e_{o,cr}$	maximální výstřednost výpusti, při níž lze použít jednoduchá pravidla ( $e_{o,cr} = 0,25d_c$ )
$e_t$	výstřednost středu navršeného materiálu v naplněném zásobníku (viz obrázek 1.1b)
$e_{t,cr}$	maximální výstřednost navršeného materiálu, při níž lze použít jednoduchá pravidla ( $e_{t,cr} = 0,25d_c$ )
$h_b$	celková výška zásobníku od vrcholu výsyvky k ekvivalentnímu povrchu (viz obrázek 1.1a)
$h_c$	výška části zásobníku se svislými stěnami od přechodu k ekvivalentnímu povrchu (viz obrázek 1.1a)
$h_h$	výška výsyvky od vrcholu k přechodu (viz obrázek 1.1a)
$h_o$	hloubka základny navršeného materiálu pod ekvivalentním povrchem (nejnižší bod stěny, který není ve styku se skladovaným materiálem) (viz obrázek 1.1a, 5.6 a 6.3)
$h_{tp}$	celková výška navršeného materiálu (svislá vzdálenost mezi nejnižším bodem

stěny, který není ve styku se skladovaným materiálem, a vrcholem materiálu, viz obrázek 1.1a a 6.3)

$n$	mocnina ve vztahu pro tlak ve výsypce
$n_{zSk}$	charakteristická hodnota výslednice svislých napětí na jednotku obvodu v části se svislými stěnami
$p$	tlak
$p_h$	vodorovný tlak vyvozený skladovaným zrnitým materiálem (viz obrázek 1.1c)
$p_{hae}$	vodorovný tlak v nehybném materiálu sousedící s tokovým kanálem při výstředném vyprazdňování
$p_{hce}$	vodorovný tlak v tokovém kanálu při výstředném vyprazdňování
$p_{hco}$	asymptotický vodorovný tlak v hloubce tokového kanálu při výstředném vyprazdňování
$p_{he}$	vodorovný tlak při vyprazdňování
$p_{he,u}$	vodorovný tlak při vyprazdňování vypočítaný zjednodušeným způsobem
$p_{hf}$	vodorovný tlak při plnění zásobníku
$p_{hfb}$	vodorovný tlak při plnění zásobníku v patě části se svislými stěnami
$p_{hf,u}$	vodorovný tlak při plnění zásobníku vypočítaný zjednodušeným způsobem
$p_{ho}$	asymptotický vodorovný tlak ve velké hloubce, vyvozený skladovaným zrnitým materiálem
$p_{hse}$	vodorovný tlak v nehybném materiálu vzdáleným od tokového kanálu při výstředném vyprazdňování
$p_{hT}$	zvýšení vodorovného tlaku v důsledku rozdílu teploty
$p_n$	normálový tlak na stěnu výsypky vyvozený skladovaným materiálem (viz obrázek 1.1c)

$p_{ne}$	normálový tlak na stěnu výsypky při vyprazdňování
$p_{nf}$	normálový tlak na stěnu výsypky při plnění zásobníku
$p_p$	místní tlak
$p_{pe}$	místní tlak při vyprazdňování
$p_{pei}$	inverzní doplňkový místní tlak při vyprazdňování
$p_{pe,nc}$	rovnoměrný tlak v nekruhovém zásobníku nahrazující účinek místního zatížení při vyprazdňování
$p_{pf}$	místní tlak při plnění zásobníku
$p_{pfi}$	inverzní doplňkový místní tlak při plnění zásobníku
$p_{pf,nc}$	rovnoměrný tlak v nekruhovém zásobníku nahrazující účinek místního tlaku při plnění
$p_{p,sq}$	místní tlak v nízkých zásobnících
$p_{pes}$	místní tlak příslušný úhlu v polární soustavě souřadnic $q$ (u tenkostěnných kruhových zásobníků) při vyprazdňování
$p_{pfs}$	místní tlak příslušný úhlu v polární soustavě souřadnic $q$ (u tenkostěnných kruhových zásobníků) při plnění zásobníku
$p_t$	smykové napětí ve výsypce (viz obrázek 1.1c)
$p_{te}$	smykové napětí při vyprazdňování
$p_{tf}$	smykové napětí při plnění zásobníku
$p_v$	svislé napětí ve skladovaném materiálu (viz obrázek 1.1c)
$p_{vb}$	svislý tlak u základny nízkých zásobníků stanovený podle vztahu (6.2)
$p_{vf}$	svislé napětí ve skladovaném materiálu při plnění zásobníku
$p_{vft}$	svislé napětí ve skladovaném materiálu v přechodu (u paty části se svislými stěnami) při plnění zásobníku
$p_{vho}$	svislý tlak u základny navršeného materiálu stanovený podle vztahu (5.79) při $z = h_o$
$p_{vsq}$	svislý tlak působící na ploché dno nízkého nebo středně štíhlého zásobníku
$p_{vtp}$	geostatický svislý tlak u základny navršeného materiálu
$p_w$	smykové napětí na svislé stěně (smykové síly vlivem tření na jednotku plochy) (viz obrázek 1.1c)
$p_{wae}$	smykové napětí v nehybném materiálu přilehlém k tokovému kanálu při výstředném vyprazdňování
$p_{wce}$	smykové napětí na stěně přilehlé k tokovému kanálu při výstředném vyprazdňování
$p_{we}$	smykové napětí na stěně při vyprazdňování
$p_{we,u}$	smykové napětí na stěně při vyprazdňování vypočtené zjednodušeným způsobem
$p_{wf}$	smykové napětí na stěně naplněného zásobníku vlivem tření
$p_{wf,u}$	smykové napětí na stěně naplněného zásobníku vypočtené zjednodušeným způsobem

$p_{wse}$	smykové napětí v nehybném materiálu přilehlém k tokovému kanálu při výstředném vyprazdňování
$r$	ekvivalentní poloměr zásobníku ( $r = 0,5 d_c$ )
$r_c$	poloměr výstředného tokového kanálu
$s$	rozměr pruhu ovlivněného místním zatížením ( $s = pd_c/16 \gg 0,2d_c$ )
$t$	tloušťka stěny zásobníku
$x$	svislá souřadnice výsypky s počátkem ve vrcholu kužele nebo jehlanu (viz obrázek 6.2)
$z$	hloubka pod ekvivalentním povrchem materiálu v naplněném zásobníku (viz obrázek 1.1a)
$z_o$	Janssenova charakteristická hloubka
$z_{oc}$	Janssenova charakteristická hloubka pro tokový kanál při výstředném vyprazdňování
$z_p$	hloubka pod ekvivalentním povrchem působení místního zatížení v tenkostěnném zásobníku
$z_s$	hloubka pod nejvyšším bodem styku stěny s materiálem (viz obrázek 5.7 a 5.8)
$z_v$	hloubka užívaná pro stanovení svislého napětí v nízkých zásobnících



### 1.6.3 Velká písmena řecké abecedy

D	vodorovný posun horní části smykové buňky
D	přírůstkový operátor vyskytující se v těchto složených značkách:
$D_{p_{sq}}$	rozdíl mezi svislým tlakem zjištěným dvěma metodami u nízkých zásobníků
DT	rozdíl teplot skladovaného materiálu a stěny zásobníku
Dv	přírůstek svislého posunu naměřený během zkoušky materiálu
Ds	přírůstek napětí v buňce během zkoušky materiálu

### 1.6.4 Malá písmena řecké abecedy

$a$	průměrný úhel odklonu stěny výsypky od vodorovné roviny (viz obrázek 1.1b)
$a_w$	součinitel tepelné roztažnosti stěny zásobníku
$b$	úhel odklonu stěny výsypky od svislé roviny (viz obrázek 1.1a a 1.1.b) nebo nejprůkřejší sklon stěny obdélníkové nebo čtvercové výsypky
$g$	horní charakteristická hodnota objemové tíhy kapaliny nebo zrnitého materiálu
$g_1$	objemová tíha skladovaného ztekuceného materiálu
$d$	směrodatná odchylka vlastnosti
$q$	obvodová úhlová souřadnice
$q_c$	úhel styku stěny a výstředného tokového kanálu (obvodová souřadnice hrany pásma nízkého tlaku při výstředném vyprazdňování) (viz obrázek 5.5)
$y$	úhel styku stěny a výstředného tokového kanálu měřený ze středu tokového kanálu
$m$	charakteristická hodnota součinitele tření o svislou stěnu
$m_{heff}$	účinné tření v mělké výsypce
$m_h$	součinitel tření o stěnu výsypky
$m_m$	průměr součinitele tření zrnitého materiálu o stěnu
$n$	Poissonův součinitel skladovaného materiálu
$f_c$	charakteristická hodnota úhlu vnitřního tření zrnité zeminy při vyprazdňování (viz C.9)
$f_i$	charakteristická hodnota úhlu vnitřního tření zrnitého materiálu při plnění (viz C.9)
$f_{im}$	průměr úhlu vnitřního tření při plnění (viz C.9)

$f_r$	úhel přirozeného sklonu zrnitého materiálu (kužel navršeného materiálu) (viz obrázek 1.1a)
$f_w$	úhel tření ( $\arctg m$ ) zrnitého materiálu o stěnu zásobníku
$f_{wh}$	úhel tření ( $\arctg m_h$ ) zrnitého materiálu o stěnu výsyvky zásobníku
$s_r$	referenční hladina napětí pro zkoušky materiálů

### 1.6.5 Indexy

d	návrhová hodnota (upravená dílčími součiniteli)
e	vypouštění (vyprazdňování) materiálů
f	plnění a skladování materiálů
h	výsyпка
h	vodorovný
K	poměr bočních tlaků
m	střední hodnota (průměr)
n	normálový (kolmý) ke stěně

nc	nekruhový zásobník
p	místní zatížení
t	tangenciální ke stěně
u	rovnoměrný
v	svislý
w	související s třením o stěnu
g	objemová tíha (tíha na jednotku objemu)
f	úhel vnitřního tření
m	součinitel tření o stěnu

**Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.**

---

[NP1](#)) NÁRODNÍ POZNÁMKA Jedná se o Smlouvu o založení Evropského společenství.

- 1) Dohoda mezi Komisí evropského společenství a Evropským výborem pro normalizaci (CEN) týkající se prací na EUROKÓDECH pro navrhování pozemních a inženýrských staveb (BC/CEN/03/89).
- 2) Podle článku 3.3 z CPD musí mít základní požadavky (ER) konkrétní podobu v interpretačních dokumentech umožňující vytvořit spojení mezi základními požadavky a mandáty pro harmonizaci EN a ETAG/ETA.
- 3) Podle článku 12 CPD interpretační dokumenty:
  - a) dávají konkrétní podobu základním požadavkům tím, že harmonizují terminologii a technické podklady, a tam, kde je to nezbytné, uvádějí třídy nebo úrovně pro každý požadavek;
  - b) určují metody vzájemného vztahu těchto tříd nebo úrovní požadavků a technických specifikací, např. metody výpočtu a zkoušek, technická pravidla pro navrhování, atd.;
  - c) slouží jako podklad pro vypracování harmonizovaných norem a řídicích pokynů pro evropská technická schválení.

Eurokódy plní ve skutečnosti podobnou úlohu v oblasti ER 1 a v části ER 2.

[4](#) Viz články 3.3 a 12 CPD a také články 4.2, 4.3.1, 4.3.2 a 5.2 ID 1.