

KONSTRUKCE ŠIKMÝCH STŘECH

edice
stavitel



Bohumil Straka, Miloslav Novotný,
Jana Krupicová, Milan Šmak,
Karel Šuhajda, Zdeněk Vejpustek

KONSTRUKCE ŠIKMÝCH STŘECH

edice
stavitel



Grada Publishing

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

■ **KONSTRUKCE ŠIKMÝCH STŘECH**

**Doc. Ing. Bohumil Straka, CSc., prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc.,
Ing. Jana Krupicová, Ph.D., Ing. Milan Šmak, Ph.D., Ing. Karel Šuhajda, Ph.D.,
Ing. Zdeněk Vejpustek, Ph.D.**

TIRÁŽ TIŠTĚNÉ VERZE:

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
jako svou 5078. publikaci
Odpovědná redaktorka Eva Škrabalová
Sazba Martina Mojzesová
Fotografie na obálce – Fotobanka Allphoto
Fotografie v textu z archivu autorů, pokud není uvedeno jinak
Ilustrace z archivu autorů
Počet stran 232
První vydání, Praha 2013
Vytiskla Tiskárna PROTISK, s. r. o., České Budějovice

© Grada Publishing, a.s., 2013
Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2013

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

ISBN 978-80-247-4205-2

ELEKTRONICKÉ PUBLIKACE:

ISBN 978-80-247-8379-6 (elektronická verze ve formátu PDF)

ISBN 978-80-247-8380-2 (elektronická verze ve formátu EPUB)

■ Obsah

Úvod	7
1 Vlivy působící na střešní konstrukce	9
1.1 Vliv zeměpisné polohy	9
1.1.1 Vliv teploty a vlhkosti vnějšího vzduchu	10
1.1.2 Vliv slunečního záření	10
1.1.3 Vlivy atmosférických srážek	11
1.1.4 Vliv seismicity	12
1.2 Spad a chemické exhalace	12
1.3 Biologické a bakteriologické vlivy	13
1.4 Hluk a chvění	13
1.5 Vlivy vnějšího a vnitřního provozu	14
1.6 Vliv vlastní tíhy střešní konstrukce	14
2 Základní tvary šikmých střech	15
2.1 Pultové střechy	16
2.2 Sedlové střechy	16
2.3 Valbové a polovalbové střechy	17
2.4 Stanové střechy	18
2.5 Mansardové střechy	18
2.6 Pilové střechy	19
2.7 Zakřivené střešní plochy	20
3 Odvodnění šikmých střech	21
3.1 Návrh tvaru a spádování střech	21
3.2 Systém odvodnění šikmých střech	22
3.3 Návrh odvodňovacího systému šikmých střech	27
4 Střešní pláště šikmých střech	29
4.1 Základní požadavky na střechy	29
4.1.1 Vodotěsnicí funkce	30
4.1.2 Tepelnětechnické požadavky	33
4.1.3 Akustické požadavky	39
4.1.4 Požárněbezpečnostní požadavky	42
4.2 Používané prvky ve skladbách šikmých střech	47
4.2.1 Krytina	48
4.2.2 Vzduchová vrstva	76
4.2.3 Doplnková vodotěsnicí vrstva	80
4.2.4 Tepelné izolace	82
4.2.5 Parozábrany	95
4.3 Jednoplášťové šikmé střechy	97
4.3.1 Výhody a nevýhody	99
4.3.2 Příklady skladeb	100
4.4 Dvoupplášťové šikmé střechy	102
4.4.1 Výhody a nevýhody	103
4.4.2 Příklady skladeb	105

4.5	Tříplášťové šikmé střechy	108
4.5.1	Výhody a nevýhody	109
4.5.2	Příklady skladeb	109
4.5.3	Typické detaily	110
5	Konstrukční soustavy šikmých střech	113
5.1	Základní tradiční soustavy	114
5.1.1	Krokevní a hambalkové soustavy	114
5.1.2	Vaznicové soustavy	118
5.2	Soudobé a perspektivní soustavy	123
5.2.1	Vazníkové soustavy	124
5.2.2	Rámové soustavy	134
5.2.3	Obloukové soustavy	136
5.2.4	Kombinované konstrukční dílce a soustavy	140
5.2.5	Střechy srubových staveb	141
5.2.6	Prostorové soustavy	143
5.3	Nástavby a vestavby	152
6	Navrhování a posuzování dřevěných konstrukcí šikmých střech	157
6.1	Základní postup při návrhu konstrukce zastřešení	157
6.2	Materiály pro nosné konstrukce	158
6.3	Spojovací prostředky pro připoje nosných prvků a dílců	164
6.4	Statické řešení	168
6.4.1	Základní způsoby namáhání a posouzení konstrukce	168
6.4.2	Výpočtové modely konstrukcí šikmých střech	175
6.4.3	Výpočtové modely vybraných konstrukčních soustav	179
7	Ochrana konstrukcí šikmých střech	187
7.1	Ochrana proti povětrnostním vlivům a biotickým škůdcům	187
7.2	Ochrana střešní konstrukce proti požáru	191
8	Průzkumy, poruchy a rekonstrukce střech	199
8.1	Hlavní zásady při průzkumu střešních konstrukcí	199
8.2	Vady, poruchy a rekonstrukce nosných střešních konstrukcí	201
8.3	Vady, poruchy a rekonstrukce střešních pláštů	206
8.3.1	Vady a poruchy způsobené špatným projektem	206
8.3.2	Poruchy způsobené vadami použitých materiálů	208
8.3.3	Poruchy způsobené nekvalitním provedením střechy	208
8.3.4	Poruchy způsobené změnami okrajových podmínek	211
8.3.5	Poruchy způsobené překročením předpokládané životnosti	211
8.3.6	Poruchy způsobené zanedbanou údržbou	212
8.3.7	Poruchy vzniklé havárií	212
8.3.8	Poruchy detailů	212
8.3.9	Opravy a rekonstrukce střešních pláštů šikmých střech	213
	Literatura	223
	Rejstřík	227

■ Úvod

Publikace je zpracována pro odbornou veřejnost, investory, projektanty stavebních konstrukcí, stavebníky a uživatele domů a dalších objektů pozemních staveb zastřešovaných šikmými střechami. Může být rovněž vhodným studijním materiálem pro studenty v oboru pozemních staveb. Tradičním, avšak stále perspektivním a nejvíce používaným materiálem pro nosné konstrukce šikmých střech je dřevo. Z toho důvodu je publikace zaměřena na konstrukce vyrobené ze dřeva a materiálů na bázi dřeva.

Na trhu je v současné době řada odborné technické literatury určené pro různé okruhy čtenářů, která se zabývá problematikou zastřešování budov. Snahou autorského kolektivu bylo vytvořit ucelený přehled soudobých a nových typů konstrukcí, střešních plášťů a problémů šikmých střech, včetně souvislostí s aktuálními požadavky, jež je potřeba při jejich návrhu a realizaci dodržet. Téma se jeví aktuální zejména v době, kdy se zvyšují nároky na energetickou náročnost budov a efektivní využívání podstřešního prostoru prováděním půdních vestaveb či nástaveb u stávajících objektů.

Do publikace byla zařazena problematika zahrnující:

- přehled vlivů působících na střešní konstrukce,
- typy střešních plášťů a jejich skladbu,
- tradiční, soudobé a nové typy střešních konstrukčních soustav,
- zásady navrhování a posuzování dřevěných střešních konstrukcí,
- používané materiály a spojovací prostředky,
- způsoby ochrany dřevěných konstrukcí proti biotickým škůdcům,
- požární odolnost a ochranu konstrukcí proti požáru,
- vady a poruchy střešních plášťů,
- vady a poruchy nosných konstrukcí střech,
- příklady rekonstrukce střešních plášťů a nosných konstrukcí střech.

Střešní konstrukce patří mezi nejexponovanější části stavebního objektu. Obecně sestávají z nosné konstrukce a střešního pláště. Základní funkcí střechy je chránit objekt proti nepříznivým klimatickým vlivům, tedy zejména před srážkami, větrem a v neposlední řadě před přímým slunečním svitem. Spolu s ostatními opláštujícími konstrukcemi se podílí na zabezpečení požadovaného stavu vnitřního prostředí v objektu. Je tedy zřejmé, že střešní konstrukce jsou jednou ze základních konstrukcí stavebních objektů a jejich správné řešení významně přispívá k celkové trvanlivosti a životnosti stavby. Rozdělení střech je dáno normou ČSN 73 1901 *Navrhování střech. Základní ustanovení. 02/2011*, kde jsou střechy děleny podle sklonu vnějšího povrchu střešní plochy na:

- šikmé střechy: střechy se sklonem vnějšího povrchu $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$,
- strmé střechy: střechy se sklonem vnějšího povrchu $45^\circ < \alpha < 90^\circ$,
- střechy se sklonem do 5° jsou označovány za ploché.

Střechy obecně náleží mezi jedny z nejsložitějších stavebních konstrukcí, zřejmě také proto, že jejich poruchy či vady se poměrně rychle projeví a vyžadují obvykle okamžitou opravu, zejména pokud dochází k zatékání do objektu. Závady střech se ovšem neprojevují jen zatékáním, ale rovněž zvýšenou kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce, která se může projevit později. Nejen z těchto důvodů jsou na zastřešení kladeny poměrně významné

a specifické požadavky. Tak jako všechny stavební konstrukce musejí i tyto po dobu své životnosti splňovat zejména požadavky dle vyhlášky MMR 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, a to:

- mechanickou odolnost a stabilitu,
- požární bezpečnost,
- ochranu zdraví, zdravých životních podmínek a životního prostředí,
- ochranu proti hluku,
- tepelnou ochranu a úsporu energie,
- bezpečnost při užívání.

Mezi další důležité požadavky patří také celkový architektonický vzhled stavebního objektu (u mnohých objektů je střecha rozhodující architektonický útvar objektu). Tvar a konstrukce šikmé střechy jsou tudíž velmi závislé na architektonickém a dispozičním řešení stavebního objektu (zejména půdorysném řešení a účelu). U individuálních staveb, jako jsou sportovní, víceúčelové, rekreační a jiné objekty, je v mnoha případech architektonické řešení nadřazeno řešení stavebně-technickému. Mnohdy jsou požadavky na tvary, sklony střech, ale také na samotné střešní krytiny stanoveny v regulativních požadavcích územního plánu měst a obcí.

Autoři děkují kolegům, kteří poskytli své příspěvky, a rovněž firmám, jež umožnily použít své materiály v této publikaci. Odkazy na spolupracující firmy a další společnosti, jejichž profesní činnost souvisí s danou tematikou, jsou jmenovány přímo v textu. Pro snadnější orientaci čtenářů jsou v přehledu literatury uvedeny odkazy na internetové stránky firem se stručným popisem jejich činnosti.

Zvláštní poděkování patří Ing. Marii Rusinové, Ph.D., a Ing. Michalu Zajícovi za spolupráci při zpracování textu o požární bezpečnosti a dále Ing. Zuzaně Kolářové, Ing. Markétě Kludákové, Ing. Petru Krejčíříkovi, Ing. Petru Jelínkovi a Bc. Kateřině Hradilové za spolupráci při tvorbě publikace.

Za autorský kolektiv

*doc. Ing. Bohumil Straka, CSc., prof. Ing. Miloslav Novotný, CSc.
Brno, leden 2013*

1 Vlivy působící na střešní konstrukce

Střešní konstrukce je součástí obvodového pláště budovy, který odděluje vnitřní prostředí objektu od vnějšího, a je proto výrazně namáhána zejména povětrnostními vlivy. Dle využití podstřešního prostoru přibývají pak další aspekty, které působí na střešní konstrukci. Rozhodující vlivy, které je nutno zohlednit při návrhu nosné konstrukce a střešního pláště, jsou tyto:

- zeměpisná poloha a s ní spojené charakteristiky vnějšího prostředí – teplota vnějšího vzduchu, sníh, vítr, intenzita deště a slunečního záření, seismicita apod.,
- spad a chemické exhalace,
- biologické a bakteriologické vlivy,
- hluk a chvění,
- vlivy vnějšího i vnitřního provozu – zatížení od provozu, požární bezpečnost apod.,
- vliv vlastní tíhy konstrukce a střešního pláště.

Tyto vlivy se liší intenzitou, dobou a délkou působení, záleží vždy na konkrétním umístění, konstrukčním systému a využití objektu. Dle délky působení jsou vlivy stálé, tj. působící po celou dobu životnosti konstrukce (např. zeměpisná poloha, vlastní tíha konstrukce), vlivy dlouhodobé (např. exhalace), periodicky se opakující (např. sluneční záření, kolísání teplot v ročních či čtyřicetihodinových periodách), krátkodobé (např. déšť, sníh, vítr) či mimořádné (např. seismické otřesy). [8]



Obr. 1.1 Vlivy působící na střešní konstrukci

S ohledem na působící vlivy jsou na střešní konstrukci kladeny konkrétní požadavky, které musejí být dodrženy při návrhu, realizaci i následné údržbě využívaného objektu. Podrobněji jsou jednotlivé požadavky rozvedeny v kapitolách 1.1 až 1.6.

1.1 Vliv zeměpisné polohy

Polohopisné a výskopisné umístění objektu určuje hlavní povětrnostní vlivy působící na obvodový plášť objektu. Důležité je také umístění objektu s ohledem na okolní zástavbu a konfiguraci blízkého okolí – budova umístěná v údolí uprostřed zástavby nebude tak výrazně namáhána například působením větru jako stejná budova postavená na návrší mimo obytnou oblast.

Střešní konstrukce musejí být navrženy tak, aby byly schopny odolávat působení klimatických jevů bez zhoršení nebo jen s přípustným zhoršením svých fyzikálních, mechanických a jiných užitných vlastností.

■ 1.1.1 Vliv teploty a vlhkosti vnějšího vzduchu

Teplota a vlhkost vnějšího vzduchu jsou důležitými okrajovými podmínkami pro tepelně-vlhkostní návrh střešního pláště, zejména s ohledem na ochranu tepla, možnost kondenzace vodní páry, průvzdušnost a ovlivňování teplot vnitřního vzduchu v objektu. Z těchto hledisek se analyzují zejména vnější poměry v zimním a letním období, případně i vliv kolísání teploty či vlhkosti v průběhu dne a noci. Konkrétní hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu v exteriéru můžeme pro dané místo stavby v ČR nalézt v ČSN 73 0540, podobně jako tepelné technické požadavky na obvodový plášť. Případně lze vycházet přímo ze statistických měření hydrometeorologických ústavů. V současné době, kdy je často diskutovanou otázkou energetická náročnost budov zahrnující také množství energie potřebné pro chlazení interiéru, narůstá na významu posouzení tepelné stability objektu v letním období.

Změny teplot vnějšího vzduchu mají za následek objemové změny materiálů a s nimi související napjatosti a případné destrukce. Teplota povrchu střechy je závislá také na působení slunečního záření, barvě, emisivitě a struktuře povrchu krytiny a na tepelné vodivosti vrstev pod povrchem – tmavá střešní krytina může být v letních měsících namáhána teplotou až kolem 85 °C. Při návrhu vnějších vrstev střechy a jejich kotvení je nutné počítat s tepelnou roztažností použitých materiálů. Podle údajů o namáhání střech teplotou obsažených v ČSN 73 1901 [59] se pro posuzování teplotní roztažnosti prvků střech uvažuje v ČR obvykle s teplotním rozmezím 100 K. Z hlediska statiky se počítá zatížení střech teplotou dle ČSN EN 1991-1-5 (Eurokód 1) [43]. Změny tvaru použitých materiálů vlivem teplotních výkyvů vedou k navrhování tzv. dilatačních spár v rámci vrstev střešního pláště.

Působení teplot může urychlit chemickou korozi a celkové stárnutí použitých materiálů v konstrukci střešního pláště nebo v kombinaci s vodou může vést k rozrušování pórovitých látek. Teplota a vlhkost mají také vliv na zpracování materiálů při realizaci střešní konstrukce.

■ 1.1.2 Vliv slunečního záření

Sluneční záření má více složek, z nichž je velmi nebezpečné zejména ultrafialové spektrum způsobující degradaci řady stavebních materiálů. U střešních konstrukcí jsou to krytiny, případně povlakové vodotěsnicí vrstvy, které jsou těmto účinkům vystaveny nejvíce a musejí vykazovat dostatečnou odolnost vůči tomuto záření. Některé krytiny, jako např. přírodní břidlice, měděný plech, skleněné, betonové nebo keramické tašky, již svým vlastním složením dlouhodobě odolávají působení UV paprsků. Jiné materiály, zejména na bázi plastů nebo asfaltů, prošly vývojem, kdy se jejich odolnost podstatně zvýšila.

Dle ČSN 731901 [59] musí být konstrukce střechy navržena z takových materiálů, které odolávají působení UV záření. Pokud se použije z tohoto pohledu nevyhovující materiál, musí být zabudován tak, aby na něj po celou dobu životnosti konstrukce nemohlo dopadat přímé ani odražené sluneční záření.

Přímé sluneční záření dále způsobuje zvýšení teploty povrchových materiálů, jak bylo již popsáno v předcházejícím odstavci.

■ 1.1.3 Vlivy atmosférických srážek

Atmosférické srážky v jakékoliv podobě výrazně ovlivňují střešní konstrukci, ať již statickým, či dynamickým působením, nebo působením vlhkosti. Patří sem déšť, sníh, námraza, kroupy apod. Konkrétní údaje o těchto vlivech (jejich zatížení, intenzitě atd.) lze získat z dlouhodobého měření a statistického vyhodnocování hydrometeorologických ústavů nebo z příslušných norem.

Sníh

Zatížení vyvolané sněhovou pokrývkou či námrazou je jedna ze základních složek zatížení u střešní konstrukce. Hodnoty charakteristické (základní) tíhy sněhu jsou pro dané místo stavby uvedeny v mapě sněhových oblastí ČR obsažené v příloze ČSN EN 1991-1-3 (Eurokód 1) [41]. Nejvyšší zatížení se vyskytuje v horských oblastech, které odpovídají 8. sněhové oblasti s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem větší než 4 kN/m^2 (resp. 400 kg/m^2) půdorysné plochy střechy. Výsledné zatížení sněhem uvažované pro statický návrh konstrukce je dále ovlivněno tvarem a sklonem střechy, kdy se zvažuje také možnost tvorby závějí a zadržování sněhu na střeše (např. při použití sněhových zachytávačů). Stavby se doporučuje navrhovat tak, aby bylo omezeno ukládání sněhu na střechách.

Všechny části konstrukce v přímém styku se sněhovou pokrývkou mohou být namáhány hydrostatickým tlakem, který vzniká v důsledku fyzikálních přeměn sněhu ve vodu. Sníh se na střeše může kvůli gravitaci, fyzikálním přeměnám a větru pohybovat a způsobovat tak i dynamické namáhání konstrukce a namáhání krytiny třením a nárazy. Skluz sněhu po střeše je ovlivněn kromě tvaru střechy taky materiálem krytiny, slunečním zářením, tepelným tokem z interiéru i prohříváním krytiny sluncem na místech bez sněhové pokrývky. Upřednostňuje se volný skluz sněhu ze střechy, nesmí ovšem dojít k ohrožení provozu v okolí objektu. Pro zadržení sněhu, omezení dynamických účinků na krytinu při skluzu a k úpravě pohybu sněhu na střeše je možné použít například sněhové zachytávače nebo rozrážecí klíny.

Dále se musí počítat s možností vlivu námrazy, která vzniká v důsledku kontaktu roztátého sněhu s chladnými povrchy materiálů. Voda může zamrznat i na vodotěsnicí vrstvě pod skládanou krytinou. [59]

Vítr

Podobně jako sníh se i vítr značnou měrou podílí na zatížení střech. Statické posouzení konstrukce vůči působení větru vychází z ČSN EN 1991-1-4 [42] (Eurokód 1). Jeho vliv vzrůstá s výškou objektu, s ohledem na tvar střechy a hmotnost samotné konstrukce. Vítr může působit jako statické zatížení – tlak směrem kolmo na povrch konstrukce nebo jako sání působící směrem od povrchu konstrukce (sání může způsobovat nadzvednutí krytiny nebo jiných vnějších vrstev střechy) –, nebo jako zatížení dynamické projevující se například formou rozkmitání konstrukce, případně vyvoláním nepříznivých akustických vlivů. V některých případech (zejména u krytin s tvarovaným povrchem) je třeba uvážit i vliv tření. Výraznější namáhání větrem je uvažováno u okrajových částí střech, například u okapů, rohových oblastí budov a atik, kde je pak potřeba řešit výraznější kotvení jednotlivých vrstev a částí střech. Na účinky zatížení větrem, včetně zvýšených hodnot zatížení, musí být navržena nosná konstrukce střechy i konstrukce střešního pláště.

Déšť

Dle požadavků stanovených v ČSN 73 1901 [59] se střecha navrhuje tak, aby voda nepronikla do chráněných konstrukcí ani do podstřešních prostor a byla bezpečně odváděna odvodňovacím systémem. U šikmých střech se jedná zejména o okapní systémy, jejichž dimenze je odvozena z velikosti odvodňované plochy, typu odvodňovaného povrchu (což vyjadřuje tzv. součinitel odtoku) a intenzity dešťových srážek v dané lokalitě. Vydátnost deště lze určit jejím dlouhodobým měřením nebo dle ČSN 75 6760 [62]. Obvykle lze vycházet z hodnoty $0,025 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$, která odpovídá průtrži mračen. Potřebné profily odvodňovacích prvků lze pak stanovit v souladu s ČSN 73 36 10 [60]. Podrobněji je odvodu vody ze střech věnována kapitola 3.

Zatížení od vlastní tíhy dešťových srážek se při návrhu střechy obvykle neuvažuje, pokud se nejedná o konstrukci s možností nashromáždění dešťové vody (například při nefunkčnosti střešního vtoku u plochých střech, u zelených střech nebo v místech překážek toku vody).

Dešťové a další srážky mohou navíc ovlivňovat konstrukci mechanickým působením nebo i chemickým působením tzv. kyselého deště.

■ 1.1.4 Vliv seismicity

Zavedením evropských norem do soustavy české legislativy a jejich závazností je nutné budovy dimenzovat také na účinky seismického zatížení. Zatížení a systém výpočtu popisuje ČSN EN 1998-1 (Eurokód 8) [46]. U střešních konstrukcí se bude jednat z tohoto pohledu o vhodné vytvoření prostorového nosného systému střechy, správné řešení kotvení a dalších detailů. Zásadní je navržení účinných výztužných a stabilizačních systémů.

■ 1.2 Spad a chemické exhalace

V ovzduší se běžně vyskytují znečišťující plynné, kapalně i pevné částice, které mají na obvodové pláště budov negativní přímý nebo nepřímý vliv (až po reakci s dalšími látkami, při spolupůsobení vlhkosti apod.). Způsobují různé druhy a stupně degradace vlastností materiálů. Podstatnou roli při rozrušování povrchových vrstev mají také další spolupůsobící vlivy, jako je například ozón, UV záření nebo fotochemické oxidanty, které ještě více umocňují vliv fotochemického smogu.

Mezi z tohoto pohledu nebezpečné plynné látky v ovzduší patří třeba oxid siřičitý či sírový, oxid dusíku nebo chlorovodík. Tyto látky způsobují degradaci některých organických materiálů (pryže, plastů, nátěrových hmot) a spolu se vzdušnou vlhkostí vytvářejí kyseliny, jež urychlují například korozi kovových materiálů.

Nejnebezpečnější kapalinou látkou je kyselina sírová, vyskytující se v podobě tzv. kyselého deště. Jedná se o vzdušný oxid siřičitý zoxidovaný na oxid sírový, který následně se vzdušnou vlhkostí reaguje a vytváří kyselinu. Působením na polyamidy, celulózu, polyesteru a další látky může vyvolat hydrolytické štěpení polymerů a tím urychlovat jejich stárnutí.

Znečištěné ovzduší obsahuje různé prašné částice, jejichž agresivita závisí na chemickém složení a chemických vlastnostech. Ve vodě nerozpustné částéčkové emise nejsou nijak

závažné, problémem jsou spíše chemicky aktivní anionty, které mohou značně zvyšovat korozní účinky atmosféry. Negativní vliv mají částice způsobující abrazi nebo zašpinění povrchu (například saze, popílek). Největším problémem částečkového spadu je usazování nečistot a zrníček zeminy a následný růst vegetace na střechách. Z tohoto pohledu se doporučuje zejména v oblastech s větším znečištěním ovzduší navrhovat hladké nebo lehce čitelné krytiny a ideálně také provést střechy s větším spádem.

Běžné atmosférické vlivy zahrnují kombinaci chemických, tepelných a elektromagnetických vlivů přírodního původu na střechu.

■ 1.3 Biologické a bakteriologické vlivy

V ovzduší se nacházejí i bakterie a biologické látky, které se do něj dostávají prouděním vzduchu. Jedná se zejména o dřevokazné houby, plísňe nebo hmyz, který pak napadá dřevěné konstrukce. Dalším nebezpečím jsou u ozeleněných střech biologické a bakteriologické účinky na hydroizolaci, resp. na vodotěsnicí vrstvu; zde je nutné navrhovat materiály odolné vůči půdnímu bioklimatu a proti prorůstání kořenů rostlin. Podobné riziko vzniká při nechtěném růstu zeleně na střechách v místech zanesených nečistotami. Biologické vlivy tedy zahrnují působení živočichů, rostlin i mikroorganismů, popřípadě jejich produktů. Negativní vliv na střešní krytiny má například ptačí trus v místech výskytu holubů, čápů apod. V podkrovním prostředí se mohou vyskytovat exkrementy netopýrů a kunovitých živočichů, které přispívají k degradaci dřeva.

Někteří výrobci stavebních materiálů mají již speciální atesty na biologickou a bakteriologickou odolnost svých výrobků. [8]

■ 1.4 Hluk a chvění

Při návrhu střešní konstrukce je potřeba zohlednit také akustické namáhání konstrukce, jehož původcem může být zdroj hluku umístěný mimo objekt, zdroj připevněný ke střeše nebo situovaný v interiéru budovy a rovněž dynamické účinky větru. Posuzuje se tedy šíření hluku z vnějšího prostředí do chráněného vnitřního prostoru staveb (například do obytného podkroví) a také naopak zatěžování okolního prostředí hlukem od provozu v daném objektu (například u průmyslové výrobní haly).

Rozlišujeme dvě varianty přenosu hluku – přenos zvuku vlněním v prostředí, ve němž se zdroj vyskytuje, tj. obvykle vzduchem, a přenos zvuku kmitáním či chvěním konstrukce. Vzduchem šířené zvukové vlnění způsobují vnější nebo vnitřní zdroje hluku – například blízké letiště, ventilátor vzduchotechniky umístěný v podkroví apod. Z tohoto pohledu je potřeba navrhnout střešní plášť a případně i další konstrukce s dostatečnou vzduchovou neprůzvučností.

Zařízení připevněné ke stavební konstrukci může způsobovat při svém provozu také nežádoucí vibrace, které jsou dále přenášeny vedením zvuku materiálem do všech navazujících prvků stavby. Toto šíření zvuku je možné omezit vhodným kotvením nebo uložením zdroje hluku na konstrukci, úpravami v technologii samotného zařízení, výběrem méně hlučného zařízení, změnou v umístění zdroje hluku apod. Problematika šíření hluku a požadavky

na konstrukce z hlediska akustiky jsou uvedeny v ČSN 73 0532 [50] nebo v příslušných hygienických předpisech, podrobněji jsou popsány také v kapitole 4.1.3.

■ 1.5 Vlivy vnějšího a vnitřního provozu

V důsledku konkrétního využití objektu a také využití jeho střešní konstrukce vyvstávají další požadavky na střešní konstrukci. Jedná se zejména o již zmíněné akustické zatížení konstrukce od provozu v objektu nebo v jeho blízkosti, dále o stanovení požární odolnosti používaných materiálů a konstrukcí nebo o provozní, respektive užitné zatížení vyvolané užíváním stavby.

Provozní využívání střech jakožto střech pochozích, pojízdných, heliportů apod. je záležitostí obvykle plochých střech se sklonem max. 5°. U šikmých střech s výraznějším spádem není provozní využívání obvyklé (zejména z hlediska bezpečnosti provozu na střeše) a vyšší zatížení může vzniknout například u ozeleněné varianty střešního pláště. Nicméně při návrhu střešní konstrukce je potřeba vždy zohlednit také údržbu a přístup k zařízením nebo technologickým prvkům umístěným na střeše, například ke komínu. Minimálně dotčená část střešní plochy musí pak vyhovovat potřebnému provoznímu zatížení.

Vnitřní provoz může vyvolat zvýšené požadavky na konstrukce například nutností kotvení jeřábové dráhy nebo dalších provozních zařízení. Zatížení stavebních konstrukcí pro následný statický návrh je popsáno zejména v ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1) [39].

Co se týká požární odolnosti střešní konstrukce, vychází se při návrhu nosné konstrukce a střešního pláště (zejména podhledových konstrukcí) z požadavků ČSN 73 0802 [53] a souvisejících norem. Vstupními údaji jsou zde zejména požární zatížení v interiéru či exteriéru stavby, požární odstupové vzdálenosti, možnost požárního zásahu a hašení nebo únik osob v době požáru z objektu. Požární bezpečnosti střešních konstrukcí jsou věnovány kapitoly 4.1.4 a 7.2.

■ 1.6 Vliv vlastní tíhy střešní konstrukce

Vlastní tíha střešní konstrukce ovlivňuje obvykle i návrh celého nosného systému budovy, protože se jedná o nejsvrchnější část objektu, která je podepřena níže umístěnými prvky systému. Záleží na hmotnosti jak nosné konstrukce zastřešení, tak na skladbě střešního pláště. Značnou roli při návrhu mají klimatické vlivy, jako je sníh a vítr (viz např. kapitola 1.1.3). Povětrnost působí na střešní plášť a zatížení se přenáší nosnou konstrukcí zastřešení dále do konstrukčního systému objektu.

U vlastní hmotnosti střešního pláště hraje výraznou roli tíha samotné krytiny, v případě využívaného podstřešního prostoru pak také typ použité podhledové konstrukce. Z hlediska možných skladeb šikmých střech je asi nejtěžší variantou tzv. zelená střecha, kdy je při návrhu nosné konstrukce potřeba zvážit také tíhu vlhkých vegetačních vrstev.

Dále se nesmí opomenout také další zařízení, například technologická, jež jsou ke střešní konstrukci připevněna nebo na ni zavěšena. Při výpočtu zatížení se vychází z ČSN EN 1991-1-1 (Eurokód 1) [39] nebo z podkladů jednotlivých výrobců stavebních konstrukcí, materiálů či technologických zařízení.

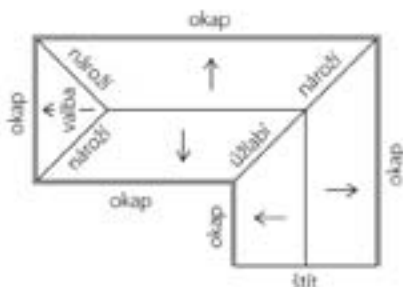
■ 2 Základní tvary šikmých střech

Sklonité střechy se vyznačují spádem střešních rovin vyšším než 5° , kdy střechy o sklonu $5^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ nazýváme šikmými a střešní konstrukce se sklonem vyšším jsou označovány jako strmé.

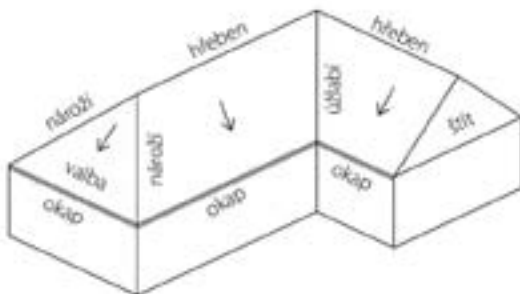
Tvar střechy je závislý na půdorysu a účelu budovy. Spád střešních rovin je ovlivněn tvarem střechy a druhem použité krytiny nebo opačně. Pro návrh střešního pláště je nutné předem teoreticky vyřešit jeho tvar a sestavit průměty průsečnic (hřebeny, nároží, úbočí, úžlabí) jednotlivých střešních rovin. Vzhledem k tomu, že při teoretickém řešení střech se předpokládá umístění celé střechy na půdorysné průmětně, je okap stopou příslušné střešní roviny. Pro názornost bude vhodné popsat používané názvosloví u tvarování střech, jedná se o tyto základní části:

- okap – nejnižší vodorovný okraj střešní plochy (voda zde odtéká ze střešní plochy),
- štít – okraj střechy, kde voda teče rovnoběžně a nestéká mimo střešní plochu,
- hřeben – vodorovná průsečnice střešních ploch, od níž střešní plochy sestupují,
- nároží – sklonitá průsečnice, od níž střešní plochy sestupují,
- úbočí – sklonitá průsečnice, ke které střešní plochy sestupují,
- úžlabí – jedná se o úbočí s minimálním spádem; je to oblast střechy v okolí průniku střešních rovin, která často vyžaduje jiné řešení, zejména vodotěsnicí vrstvy, oproti přilehlé části střešních rovin,
- sběžiště – proniky nároží a hřebene,
- atika – ohraničující konstrukce na okraji střechy vystupující nad přilehlou úroveň střechy; obvykle se používá k zabránění toku vody ze střechy na chráněné konstrukce.

půdorys



prostorový model



Obr. 2.1 Příklad tvaru střechy s používaným názvoslovím

Podle tvaru střešní plochy mohou být jednotlivé střešní plochy vytvářené konstrukcí krovu:

- rovinné,
- zakřivené,
- kombinované.

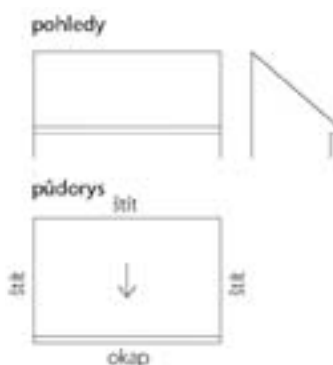
Podle geometrického tvaru se šikmé střechy dělí na:

- pultové,
- sedlové,
- valbové,
- polovalbové,

- stanové,
- mansardové,
- pilové,
- zakřivené střešní plochy.

■ 2.1 Pultové střechy

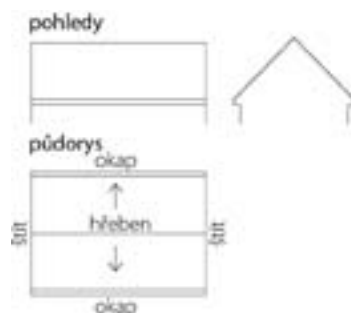
Pultové střechy se skládají z jedné skloněné střešní roviny ohraničené okapem a hřebenem. Po stranách je ohraničena bočními štíty a štítem hřebenovým. Užívají se u objektů postavených na hranici pozemku, případně pro zastřešení přístavků a jednoduchých staveb, často s malým rozpětím nosné konstrukce.



Obr. 2.2 Pultová střecha – foto a schéma (objekt s plechovou krytinou Ekskåret norrtailje, zdroj: Rhein-zink ČR, s. r. o.)

■ 2.2 Sedlové střechy

Skládají se ze dvou střešních rovin ohraničených dvěma okapy a dvěma štíty. Průnik střešních rovin tvoří hřeben. Sedlové střechy jsou nejvíce rozšířené zejména v řadové zástavbě.



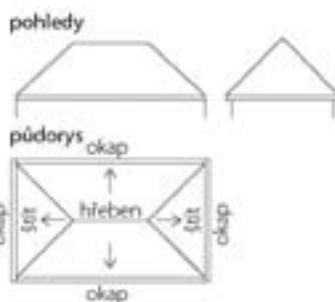
Obr. 2.3 Sedlová střecha – foto a schéma (objekt mezinárodního institutu Shumei, zdroj: Rhein-zink ČR, s. r. o.)

Při vhodné geometrii střechy a nosné konstrukci se využívají často pro výstavbu podkrovní, zejména pro svou jednoduchost jak tvarovou, tak konstrukční.

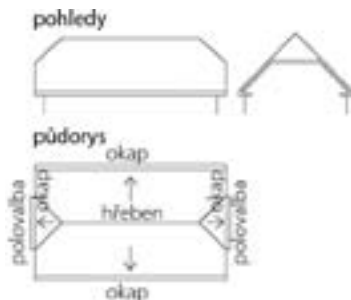
V případě průniku dvou sedlových střech se stejnou výškou hřebene vzniká střecha křížová nebo polokřížová.

■ 2.3 Valbové a polovalbové střechy

Jedná se o zvláštní typ sedlové střechy. Sedlovou střechu s dvěma valbami tvoří čtyři střešní plochy ohraničené na všech stranách okapem. Sedlovou střechu s valbami je možno využít především u samostatně stojících objektů. U objektů jednostranně řadových (stojících na hranici pozemku) je možno užít sedlovou střechu s jednou valbou. Sedlovou střechu s polovalbou (někdy nazývána valbičkou) tvoří poloviční valby s okapem výše než u hlavních střešních ploch, s funkcí většinou pouze estetickou. Jinou variantou sedlové střechy s polovalbou je tvar s okapy ve stejné úrovni a malými štítovými plochami nad polovalbou, případně vyložení polovalby nad štítovou stěnu, tzv. kabřinec (kukla).



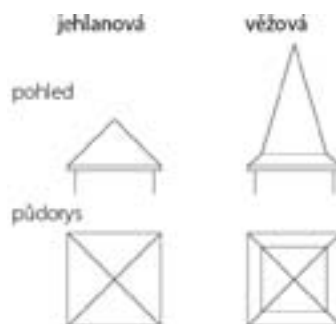
Obr. 2.4 Valbová střecha – foto a schéma (zdroj: TONDACH Česká republika, s. r. o.)



Obr. 2.5 Polovalbová střecha – foto a schéma (zdroj: TONDACH Česká republika, s. r. o.)

■ 2.4 Stanové střechy

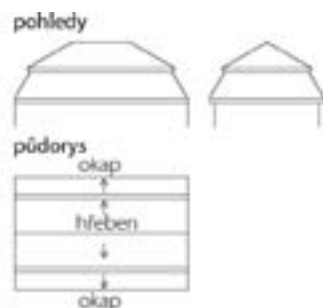
Stanové střechy jsou tvořeny zpravidla ze čtyř střešních rovin sbíhajících se ve vrcholu (geometrický útvar jehlan) a mají ze všech stran okap. Stanové střechy je možno užít především u samostatně stojících objektů. Variantou jsou střechy mnohoúhelníkové případně kuželové. Pokud se jedná o střechu strmou, označujeme stanovou střechu jako věžovou.



Obr. 2.6 Stanová střecha jehlanová a věžová – foto a schéma (zdroj: TONDACH Česká republika, s. r. o.)

■ 2.5 Mansardové střechy

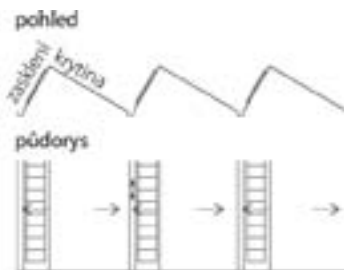
Mansardové střechy jsou variantním řešením sedlových střech (případně pultových nebo stanových). Jsou složeny ze dvou dvojic střešních rovin nestejného sklonu. Název dostaly podle francouzského architekta Julese Mansarda (1646–1708). Mansardové střechy jsou vhodné pro budování podkrovních vestaveb. V současné době se s výhodou užívá i tzv. falešná mansardová střecha, tj. sedlová střecha doplněná o mansardové obklady na svislých stěnách posledního podlaží.



Obr. 2.7 Mansardová střecha – foto a schéma (zdroj: TONDACH Česká republika, s. r. o.)

■ 2.6 Pilové střechy

Pilové střechy obecně sestávají ze sdružených střech pultových nebo asymetrických střech sedlových. Pilové asymetrické sedlové střechy byly variantně prováděny se zakřivenou delší stranou. Pilové střechy se užívaly převážně na jednopodlažní průmyslové haly, dílny apod. se současným využitím kolmé nebo strmé části jako světlíku (horní osvětlení). V současné



Obr. 2.8 Pilová střecha – foto a schéma (objekt Avenham Park Pavilion, Preston, Velká Británie, zdroj: Rheinzink ČR, s. r. o.)



WaVe Structural Design
TIMBERFRAME IN SAFE HANDS

Dřevěné konstrukce v dobrých rukou.

- Projekční práce, sanace, opravy, asistence investorům a posudky dřevěných konstrukcí.
- Řešení problémů, vad i havarijních stavů všech typů dřevěných konstrukcí.
- Zahraniční zkušenosti. Projekty dle EC, BS, DIN, IS, NZS.
- Propojení teorie, experimentálního výzkumu a praxe.
- Specializace na dřevěné konstrukce.

Mobil: 00 420 725 675 064 | Email: info@wavestructuraldesign.com

WaVe Structural Design | Teerbeg | Macroom | Co. Cork | Ireland

www.wavestructuraldesign.com

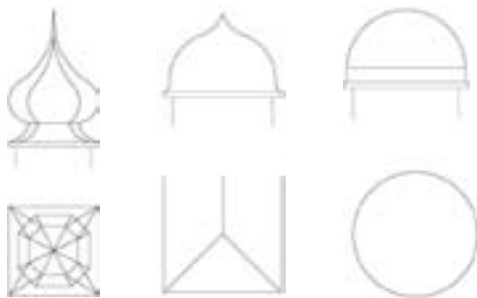


době jsou pilové střechy nahrazeny střešními světlíky na střechách různého tvaru, zejména však na střechách plochých.

Pilové střechy se zakřivenými střešními plochami se nazývají střechami šedovými.

■ 2.7 Zakřivené střešní plochy

Zakřivené střešní plochy se u krovových soustav užívají obvykle jen v ojedinělých případech, například u kopulí a bání, pilových střech, zakřivených valených střech, cibulových věží apod., zejména vzhledem k obtížné a pracné realizaci. V současné době se zakřivené střechy většinou provádí ze zakřivených lepených nosníků, příhradových vazníků se zakřiveným pásem, ale také jako skořepiny a klenby (podrobněji viz kapitola 5.2).



Obr. 2.9 Příklady zakřivených střešních ploch



Obr. 2.10 Příklady zakřivených střešních ploch s krytinou Rheinzink (zdroj: vlevo rodinný dům – foto Atelier Simona, vpravo objekt Zijdewind – Rheinzink ČR, s. r. o)

■ 3 Odvodnění šikmých střech

Velmi důležitým úkolem každé střešní konstrukce, resp. střešního pláště je bezpečné odvedení srážkové vody. Je potřeba správně vyřešit vyspádování střešních rovin a realizovat vodě nepropustnou konstrukci, včetně veškerých detailů a propustů.

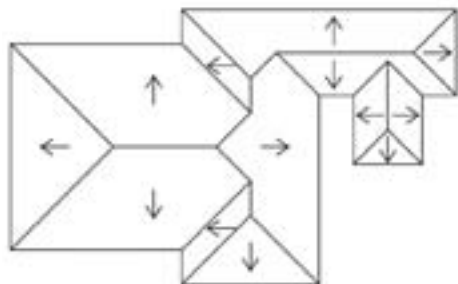
■ 3.1 Návrh tvaru a spádování střech

V první řadě si musí projektant při návrhu objektu zjistit požadavky územních plánů nebo regulačních plánů závazných pro danou lokalitu, kde může být předepsán tvar střechy, výška hřebene či okapu nad terénem, sklon střešních rovin, a dokonce i typ či barva střešní krytiny.

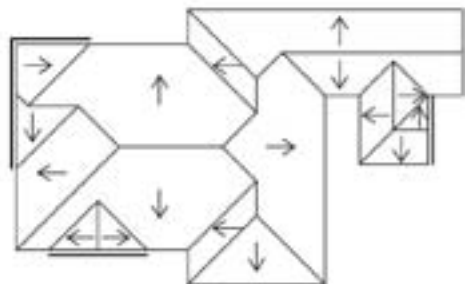
Sklonitost střechy je dále ovlivněna provozními požadavky na podstřešní prostor a půdorysným tvarem objektu včetně jeho návazností na okolní objekty či hranice pozemku, kdy mohou vzniknout tzv. zakázané okapy, tj. místa po obvodu půdorysu střechy, kam není možno směřovat odtékající vodu.

Metod určení průsečnic jednotlivých střešních rovin je několik, od klasických deskriptivních postupů po zjednodušené varianty. Základními vstupními údaji pro určení sklonitosti je výškové a polohové umístění okapních hran a hřebene střechy a dále požadavek na stejné či různé spády střechy. Například v případě okapů ve stejné výšce a shodných spádech rovin tvoří průsečnice osu úhlu svíraného okapními hranami (při zakreslení v půdorysu střechy).

a) povolené okapy



b) částečně zakázané okapy



Obr. 3.1 Příklad návrhu spádování střechy s povolenými a zakázanými okapy

Návrh střechy musí být proveden tak, aby voda v žádném místě krytiny nestála a netvořila se kaluže. Jako z tohoto pohledu bezpečný sklon střešních rovin je v ČSN 73 1901 [59] uveden spád min. 3 %, což je u šikmých střech splněno. Voda má být odvedena co nejrychleji a nejbezpečněji, směr toku je vždy po největším spádu a kolmo k okapu. Plynulému odtoku vody ze střechy nemají bránit žádné překážky, pokud se na střeše umísťuje například komín, nesmí být v místech s koncentrovaným tokem vody po střeše (např. v úžlabí, nároží, blízko vtoků apod.).

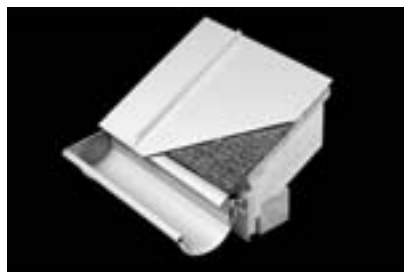
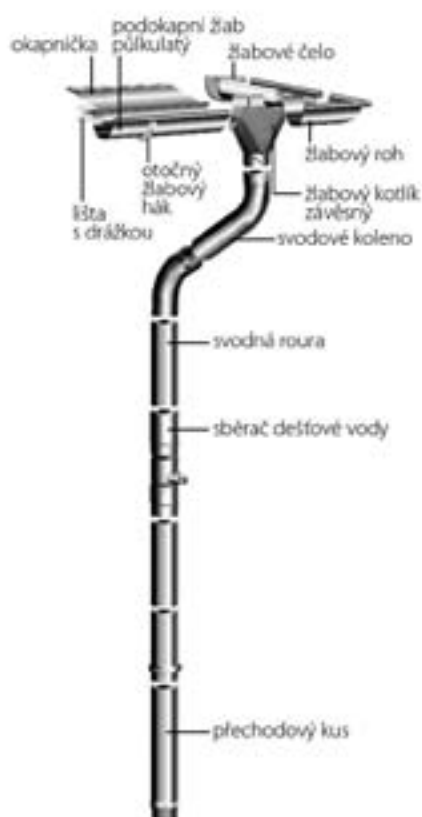
Spád u šikmých střech (v rozmezí 5° až 45°) je obvykle řešen přímo sklonitostí nosné konstrukce. U nízkých sklonů může být pro vytvoření šikmé roviny podobně jako u plochých

střech použita tzv. spádová vrstva na vodorovné stropní konstrukci a skladba střešního pláště je pak navrhována analogicky právě jako u jednoplášťových plochých střech. V této publikaci se budeme zabývat konstrukcemi „typických“ šikmých střech, o plochých střechách a jejich skladbách pojednává blíže např. *Fajkoš, Novotný: Střechy – Základní konstrukce* [8].

■ 3.2 Systém odvodnění šikmých střech

Pro ochranu objektu před povětrnostními srážkami je navrhován vhodný systém odvodnění střech, tj. soustava potrubí a tvarovek vně či uvnitř budovy, včetně svodného potrubí pod budovou, používaná k odvodu dešťových vod ze střechy (dle ČSN EN 12056-3 [47], příp. také dle EN 12056-1).

Odvodnění střechy může být navrženo buď bodové (do vtoků), nebo liniové (do žlabů). Žlaby a vtoky se napojují na svislé odpadní potrubí, které může být vedeno v interiéru nebo exteriéru budovy. Vnější vedení vyžaduje materiál odolný vůči působení povětrnostních vlivů a mechanickému poškození, při vnitřním vedení je potřeba vhodně vyřešit problematiku vzniku tepelného mostu u prostupu střešním pláštěm a zhodnotit akustické požadavky. Odpadní potrubí je následně napojeno na svodné potrubí a odvedeno do kanalizační sítě



Obr. 3.2 Příklad běžného odvodňovacího systému šikmých střech a jeho doplňků (zdroj: Rheinzink ČR, s. r. o.)

nebo do vsakovacích zařízení. V současné době platná legislativa upřednostňuje likvidaci dešťových vod přímo na pozemku investora, a navrhuje se tedy různé systémy pro využití a vsakování. Často jsou srážky shromažďovány v nadzemních či podzemních nádržích a používány k zalévání zahrad, případně je možné dešťovou vodu po příslušné technologické úpravě využívat v objektu jako vodu užitkovou například ke splachování WC nebo k praní.

U šikmých střech se obvykle jedná o systém klempířských prvků pro odvodnění střech (případně se dnes využívají systémy z plastu), jejichž návrh je ovlivněn hlavně:

- velikostí odvodňované plochy,
- množstvím odváděné vody s ohledem na typ krytiny (dle součinitele odtoku),
- klimatickými vlivy, zejména vydatností deště v dané lokalitě,
- zatížením sněhem či větrem,
- způsobem odvodu dešťových vod od objektu,
- rizikem zanášení odvodňovacího systému nečistotami a rizikem zamrzání.

U šikmých střech se nejčastěji používají liniové žlaby v některém z provedení dle obr. 3.3. Minimální sklony žlabů jsou 0,5 %. Dle platné ČSN 73 3610 [60] se doporučuje používat podokapní, nástřešní nebo nadřímsové žlaby, kdy přetékájící voda při zaplnění žlabu za extrémních dešťů odtéká vně budovy. Je tedy splněn požadavek co nejrychleji a nejbezpečněji odvést srážkovou vodu ze střešní konstrukce.



Obr. 3.3 Typy odvodňovacích žlabů a jejich minimální podélné sklony dle ČSN 73 3610 [60] a * označené typy žlabů a jejich minimální sklony dle ČSN 73 1901 [59]. Hodnoty v závorce uváděla v současné době již neplatná verze ČSN 73 3610 Klampiarske práce stavebné [61] (účinnost od 1988 do 2008)

Nejčastěji můžeme na střechách spatřit podokapní žlab, zřejmě kvůli jednoduchosti realizace či případných oprav nebo bezproblémové a kontrolovatelné funkčnosti.

Nástřešní žlaby se spolu s dostatečně velkou částí střechy provádějí jako klempířská konstrukce, jejíž spoje musejí být řešeny jako vodotěsné. Problematictější je návrh z hlediska zatížení sněhem, kdy tento žlab musí odolávat obdobné míře zatížení jako sněhový zachytávač nebo musí být nad ním sněhový zachytávač umístěn. Další výhodou kromě vhodného způsobu odvodu dešťové vody je, že přispívá k ochraně majetku a zdraví osob před odpadajícími částmi ze střechy v případě jejich vad a poruch a může sloužit jako záchytný prvek pro padající předměty při údržbě a opravách střech.

Žlaby mezistřešní či zaatikovými se norma věnovaná klempířským pracím [60] nezabývá, zmiňuje se ale o nich norma o střechách [59] z hlediska požadavků kladených na střechy nebo ČSN EN 12056-3 [47] z pohledu návrhu dešťové kanalizace. ČSN 73 1901 [59] uvádí, že mezistřešní a zaatikové žlaby se navrhují jen výjimečně a navíc mají být, spolu s dostatečně velkou částí střechy, opatřeny povlakovou vodotěsnicí vrstvou. U takto problematických