

Informacje techniczne

Rury odpływowe wody deszczowej w wysokościach

Wiadomości ogólne

W myśl przepisów niemieckiego prawa budowlanego, wysokościami są budynki, w których podłoga przynajmniej jednego pomieszczenia pobytowego znajduje się powyżej 22 metrów nad ustaloną powierzchnią otaczającego terenu.

Szczególne wymagania stawiane wysokościami zostały sprecyzowane w wytycznych dla wysokościami (HHR) poszczególnych krajów federalnych.

Instalacje kanalizacyjne wysokościami muszą zostać zaprojektowane i wykonane zgodnie z Normą Europejską DIN EN 12056 "Grawitacyjne instalacje kanalizacyjne w budynkach", wydanie ze stycznia 2001, jak również niemieckiej normy resztkowej DIN 1986-100 Instalacje kanalizacyjne dla budynków i działek budowlanych", wydanie z marca 2002.

W odniesieniu do systemów kanalizacji deszczowej o planowanym wypełnieniu całkowitym obowiązuje jeszcze wytyczna VDI 3806, "Podciśnieniowy system odwadniania dachów:", wydanie z kwietnia 2000 r.

Instalacje odprowadzania wody deszczowej, stosownie do DIN 1986-100, ze względów ekonomicznych oraz dla zapewnienia im możliwości samooczyszczania, wymiarowane będą dla średnich opadów atmosferycznych. Obliczeniowy moduł sływu wody deszczowej musi zostać ustalony na podstawie pomiarów statystycznych. Dla płaszczyzn opadów atmosferycznych bez planowanego zatrzymywania wody deszczowej takim modułem będzie deszcz przez okres dwóch minut w dwóch kolejnych latach ($r_{5,2}$) w miejscu postawienia budynku.

System kanalizacji deszczowej oraz awaryjny przelewowy, zgodnie z DIN 1986-100, musi posiadać wspólnie do odwadniania w miejscu postawienia budynku, zdolność do usuwania opadów atmosferycznych modułu rocznego ($r_{5,100}$).

Do koncepcji zabezpieczenia instalacji kanalizacyjnych wody deszczowej należą w wielu przypadkach, zgodnie z DIN 1986-100, także dowody przelewania i przeciążenia, jak również środki dla zatrzymywania wody deszczowej na działce budowlanej.

Występujące podczas zmian kierunku strumienia przepływu siły mogą być bardzo znaczne, szczególnie przy bardzo długich rurach odpływowych deszczu i muszą być uwzględniane w projektowaniu i wykonawstwie.

Częstym problemem w wysokościami jest pewne odprowadzanie wody deszczowej z powierzchni dachów o bardzo zróżnicowanych poziomach wysokości.

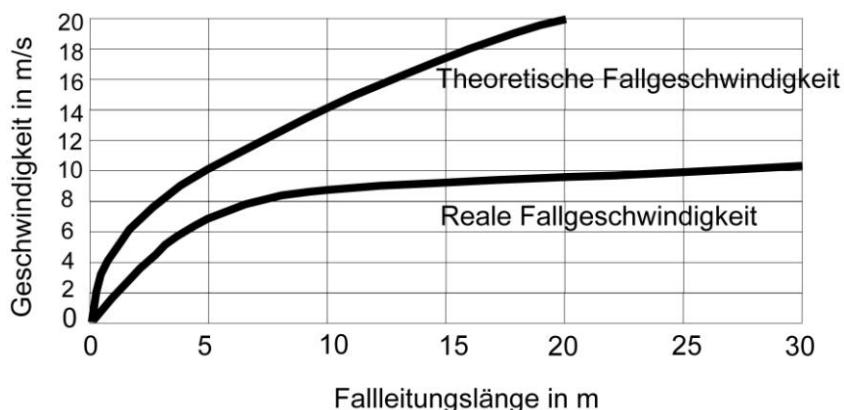
Rozważania i wskazówki zawarte w niniejszej informacji technicznej odnoszą się odpowiednio do wszystkich wyższych budowli, jak np. wież telewizyjnych.

Rury odpływowe wody deszczowej w systemie swobodnego zwierciadła wody

Prędkość splywu ścieków do rury odpływowej

Na skutek oporu słupa powietrza w rurze oraz tarcia o ścianki rury następuje odpowiednie wyhamowanie. Z pomiarów wynika, że prędkość odpływu oraz działanie hamujące na skutek słupa powietrza, jak również tarcia o ścianki rury znoszą się po ok. 15 metrach, a prędkość rzędu wielkości ok. 10 metrów na sekundę nie przybiera już w sposób znaczący.

Zbędne więc zupełnie okazuje się stosowanie hamulców splywu w rurach odpływowych wysokościowców w formie dodatkowych zmian kierunków.



Opis rysunku:

Theoretische Fallgeschwindigkeit - teoretyczna prędkość odpływu

Reale Fallgeschwindigkeit - rzeczywista prędkość odpływu

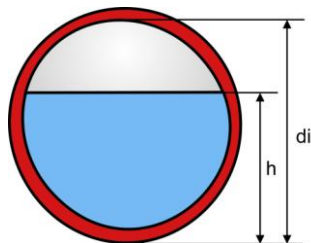
Falleitungslänge in m - długość rury odpływowej w metrach

Rys. 1: Teoretyczna i rzeczywista prędkość odpływu w rurach odpływowych

Stopień napełnienia

Stopień napełnienia określa w przypadku poziomych rur ściekowych, stosunek głębokości wody do średnicy wewnętrznej. Według DIN 1986-100, rozdział 9.3.5.2, przewody zbiorcze i przykanaliki w obrębie budynku wymiarować należy na stopień napełnienia 0,7, przy uwzględnieniu minimalnego nachylenia $J = 0,5 \text{ cm/m}$.

Przy rurach odpływowych stopień napełnienia określa stosunek przekroju rury, która jest wypełniona wodą, do przekroju ogólnego. Według DIN 1986-100, rozdział 9.3.5.1, rury odpływowe mogą być wymiarowane aż do stopnia napełnienia $f = 0,33$.



Rys. 2: Stopień napełnienia w przypadku rur poziomych

Przez przepisowe, maksymalne stopnie napełnienia zdeterminowana zostaje ciągłe napowietrzanie i odpowietrzanie, które w przypadku rur wody deszczowej w systemie swobodnego zwierciadła wody przyczynia się w pierwszym rzędzie do wyrównywania ciśnienia, a tym samym do funkcjonowania tych rur, zgodnie z ich przeznaczeniem.

W rurach wody deszczowej nie są potrzebne dodatkowe przewody wentylacyjne..

Wymiarowanie napełnionych częściowo rur odpływowych wody deszczowej

Rury odpływowe wody deszczowej w systemie swobodnego zwierciadła wody zostają zwymiarowane, stosownie do tabeli 8 normy DIN 12056-3.

Według DIN 1986-10, rozdział 9.3.5.1, rura odpływowa wody deszczowej nie może posiadać średnicy znamionowej, mniejszej od średnicy znamionowej przyłącza przynależnego odpływu dachowego, względnie przewodu przyłączeniowego do rury odpływowej.

tabela 1: Z DIN EN 12056-3, tabeli 8

Średnica wewnętrzna rury odpływowej wody deszczowej d_i mm	Zdolność odpływowa		Średnica wewnętrzna rury odpływowej wody deszczowej d_i mm	Zdolność odpływowa	
	Q_{RWP} (l/s)			Q_{RWP} (l/s)	
	Stopień wypełnien. $f=0,20$	Stopień wypełnien. $f=0,33$		Stopień wypełnien. $f=0,20$	Stopień wypełnien. $f=0,33$
50	0,7	1,7	140	11,4	26,3
55	0,9	2,2	150	13,7	31,6
60	1,2	2,7	160	16,3	37,5
65	1,5	3,4	170	19,1	44,1
70	1,8	4,1	180	22,3	51,4
75	2,2	5	190	25,7	59,3
80	2,6	5,9	200	29,5	68,0
85	3	6,9	220	38,1	87,7
90	3,5	8,1	240	48,0	110,6
95	4	9,3	260	59,4	137,0
100	4,6	10,7	280	72,4	166,9
110	6	13,8	300	87,1	200,6
120	7,6	17,4	> 300	zastosuj równanie Wyly-Eaton	zastosuj równanie Wyly-Eaton
130	9,4	216			

Podane wartości oparte zostały o równanie Wyly-Eaton:

$$Q_{RWP} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot k_b^{-0,167} \cdot d_i^{2,667} \cdot f^{1,667}$$

w którym:

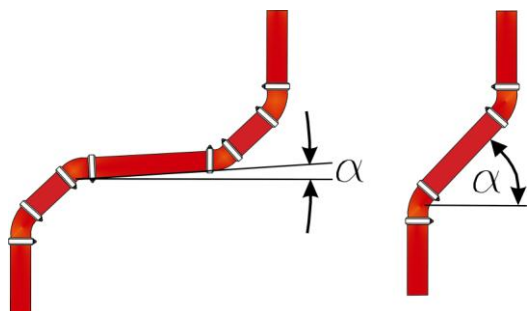
- Q_{RWP} = zdolności spływu rury odpływowej wody deszczowej w litrach na sekundę (l/s)
- k_b = szorstkości rury w milimetrach (przyjęto 0,25 mm)
- d_i = średnicy wewnętrznej rury odpływowej wody deszczowej w milimetrach (mm)
- f = stopniowi napełnienia, zdefiniowanemu jako stosunek przekroju rury napełnionej wodą, do przekroju całkowitego (bez zwymiarowania)

Tak więc istnieje również możliwość obliczenia zdolności spływu w odniesieniu do rzeczywistej średnicy wewnętrznej odnośnego materiału rury.

Tabela 2: Zdolność spływu rur odpływowych wody deszczowej, wykonanych z żeliwa, przy stopniu napełnienia $f = 0,33$.

Średnica znamionowa DN	Średnica wewnętrzna rury odpływowej wody deszczowej d_i mm	Zdolność spływu	
		Q_{RWP} (l/s)	
		Stopień wypełnien. $f=0,20$	Stopień wypełnien. $f=0,33$
50	51	0,8	1,8
80	76	2,2	5,2
100	103	5,0	11,6
125	127	8,8	20,3
150	152	14,2	32,7
200	200	29,5	68,0
250	263	61,3	141,2
300	314	98,3	226,5

W przypadku, w którym rura odpływowa wody deszczowej wykazuje zmianę kierunku o nachyleniu nie większym, niż 10° w stosunku do poziomu (180 mm/m), to taką zmianę kierunku można pominąć, zgodnie z DIN EN 12056-3. W innym przypadku zmianę kierunku należy zwymiarować jak dla rury zbiorczej czy przykanalika.

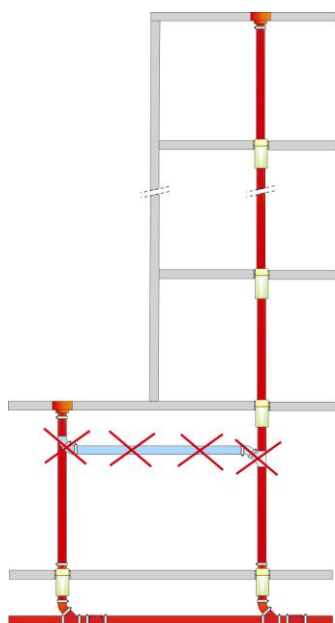


Rys. 3: Wpływ zmiany kierunku w rurze odpływowej wody deszczowej

Powierzchnie dachowe o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości

W przypadku powierzchni dachowych o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości, które są podłączone do wspólnej rury odpływowej, istnieje z zasady niebezpieczeństwo, że w przypadku bardzo silnych opadów atmosferycznych lub innych stanów eksploatacyjnych, woda deszczowa na wyżej położonych płaszczyznach dachów może spowodować zalewanie niżżej położonych płaszczyzn dachów.

Ze względów bezpieczeństwa zalecanym wydaje się odwadnianie dachów o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości, przy użyciu oddzielnych rur odpływowych.



Rys. 4: Powierzchnie dachowe o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości

Siły reakcyjne przy zmianach kierunku

Siły występujące przy zmianach kierunku strumienia przepływu w przypadku przeciążenia mogą być bardzo znaczne. Ich skutkiem mogą być uszkodzenia w obszarze złącz nie połączonych za pomocą siły wzdłużnej, szczególnie w przypadku bardzo długich rur odpływowych wody deszczowej.

Pierwszy rząd wielkości występujących sił ustalić można na podstawie rozważań impulsów strumienia przepływu. Przy zmianie kierunku o 90° , siły F_1 i F_2 będą identyczne w przypadku niezmiennego przekroju strumienia przepływu.

Omawiane równania nie uwzględniają specyfiki strumienia przepływu w rurze odpływowej. Nadają się one jednak celem zorientowania się odnośnie rzędów wielkości możliwych sił.

$$F_1 = F_2 = \rho \cdot A_x \cdot v_x^2 + p_x \cdot A_x$$

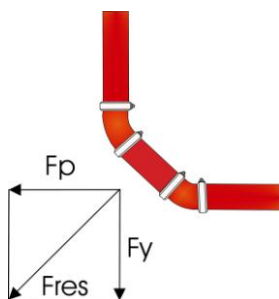
w którym:

ρ = gęstość wody

A_x = przekrój rury w powierzchni kontrolnej

v_x = prędkość strumienia przepływu w powierzchni kontrolnej

p_x = statyczne ciśnienie wewnętrzne w powierzchni kontrolnej



Rys. 5: Efektywne siły zmiany kierunku o 90° (rura odpływowa pozioma), przy nadciśnieniu (odwanianie w systemie swobodnego zwierciadła wody)

Wynikowa siła kształtuje się jak następuje:

$$F_{res} = \sqrt{F_p^2 + F_y^2}$$

w którym:

F_{res} = siła wynikająca z F_p i F_y (omawiana siła oddziałuje na złącza rurowe).

Przykłady obliczeń dla DN 100 i DN 200 przy $p_x = 0,5 \text{ bar}$ i $v_x = 5,0 \text{ m/s}$

F res. DN 100 = 832,7 N = 84,9 kg

F res. DN 200 = 3330,5 N = 3330,5 kg

Wniosek: Skuteczne siły wzrastają przy stałym ciśnieniu wewnętrznym i takiej samej prędkości, proporcjonalnie do średnicy rury.

Środki dla zabezpieczenia przed rozchodzeniem się łączników (połączonych siłowo) znajdziecie Państwo na naszej stronie Internetowej www.izeg.de, Informacje techniczne "Montażu pazurowego".

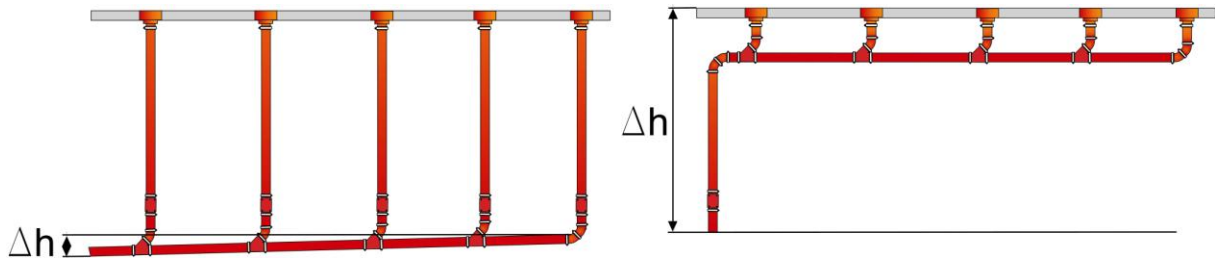
Rury odpływowe wody deszczowej przy odwadnianiu podciśnieniowym

Opis systemu

Przy podciśnieniowym odwadnianiu dachów, rury odpływowe, inaczej niż przy odwadnianiu w systemie swobodnego zwierciadła wody, eksploatowane będą, stosownie do wymiarowanego modułu spływu wody deszczowej, jako planowo wypełnione całkowicie wodą. Podciśnieniowe systemy odwadniania dachów stosowane są w krajach skandynawskich już od ponad 30 lat. W Niemczech metoda ta stosowana jest już w większym zakresie od ponad 20 lat.

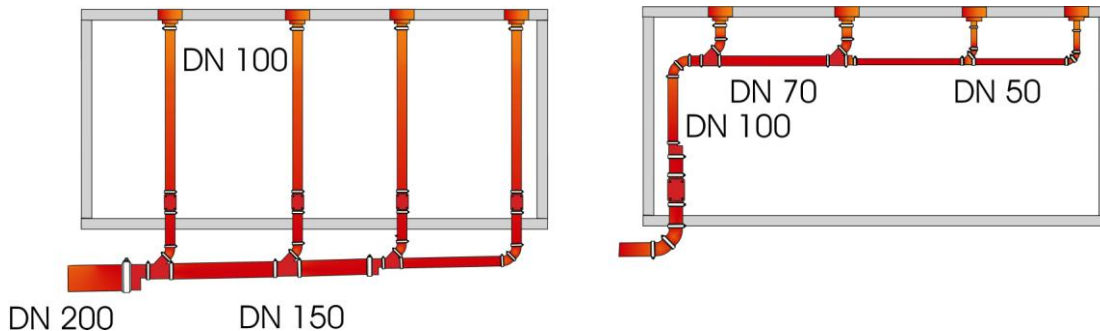
Obok wskazówek zawartych w DIN EN 12056-3 i DIN 1986-100 dla projektowania, obliczeń i wykonawstwa instalacji deszczowych o planowym, pełnym wypełnieniu obowiązuje w Niemczech wytyczna VDI-3806 "Podciśnieniowy system odwadniania dachów", wydanie z kwietnia 2000 r.

W przypadku podciśnieniowego odwadniania, podobnie jak przy systemie swobodnego zwierciadła wody, chodzi o instalacje odwadniające działające na zasadzie siły grawitacyjnej. Znacząca różnica w stosunku do systemu swobodnego zwierciadła wody polega na tym, że przy podciśnieniowym odwadnianiu dachów do dyspozycji jest znacznie więcej wysokości hydraulicznej z przewyższenia strat strumienia na skutek tarcia ścianek rur i oporów pojedynczych. Przy systemie swobodnego zwierciadła wody wysokość hydrauliczna (Δh) powstaje wyłącznie z nachylenia dna rury. Znacznie większa wysokość hydrauliczna (Δh) przy podciśnieniowym systemie odwadniania dachów wynika z różnicy wysokości pomiędzy linią wodną nad odpływem dachowym a przejściem na poprowadzoną dalej instalację odwadniania w systemie swobodnego zwierciadła wody.



Rys. 6: Wysokość hydrauliczna przy instalacjach odwadniających swobodnego zwierciadła wody i podciśnieniowych

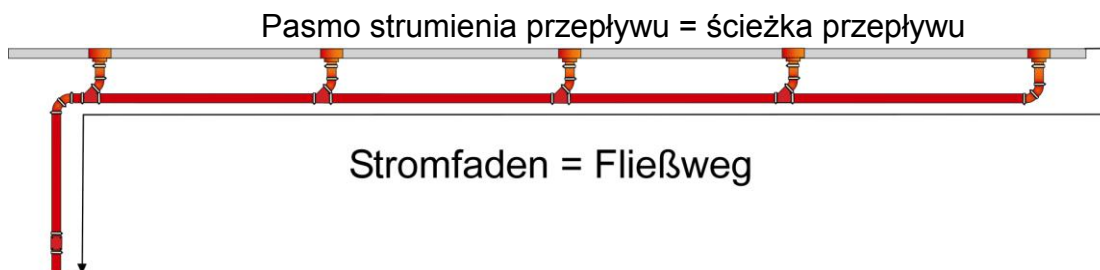
Z powodu wysokiego ciśnienia hydraulicznego, jakie stoi do dyspozycji dla pokonywania oporów na skutek tarcia w rurach i pojedynczych, przy podciśnieniowych systemach odwadniania dachów wystąpią mniejsze średnice rur oraz duże prędkości wody, które dostarczają optymalnego efektu samooczyszczania. Wskutek dużej zdolności do samooczyszczania można poprowadzić rury bez spadku.



Rys. 7: Zalety odwadniania dachów za pomocą systemu podciśnieniowego

Podstawy obliczeniowe

Obliczanie sieci rur ma na celu osiągnięcie możliwie całkowitego wypełnienia instalacji przez deszcz obliczeniowy oraz poprawny rozdział ilości wody deszczowej w poszczególnych odcinkach częściowych przewodów, za pomocą kompensacji hydraulicznej. W tym celu stosuje się w doniesieniu do pojedynczych ścieżek przepływu (pasm strumienia przepływu) równanie Bernoulli'ego (stacjonarnego przepływu w odniesieniu do cieczy nieściśliwej).



Rys. 8: Pasma strumienia przepływu = ścieżka przepływu

Następujące równania obowiązują w odniesieniu do każdej pojedynczej ścieżki przepływu (pasma strumienia przepływu):

$$\Delta p_{\text{verf}} = \Delta h_{\text{verf}} \cdot \rho \cdot g$$

$$\Delta p_{\text{verf}} \geq \Sigma (R \cdot l + Z)$$

w których znaczą:

Δh_{verf} = różnica wysokości pomiędzy odpływem z dachu i przejściem do wypełnienia częściowego
 ρ = gęstość wody 1000 kg/m³ przy temperaturze +10°C

g = grawitacja ziemiska 9,81 m/s²

Δp_{verf} = ciśnienie dostępne dla ścieżki przepływu (pasma strumienia przepływu)

R = straty ciśnienia na skutek tarcia o ścianki na metr rury

l = długość odcinka częściowego

Z = straty ciśnienia na skutek oporów indywidualnych w odcinku częściowym

Obok wymiarowania rur musi zostać przeprowadzona kontrola rachunkowa ciśnienia wewnętrznego. Za pomocą tej kontroli zapewni się, że instalacja może być eksploatowana bez kawitacji (tworzenia się pęcherzyków gazu na skutek zbyt wysokiego nadciśnienia = bazy przepływu) oraz że nie zostaną przekroczone maksymalne ciśnienia robocze dla materiału rur według podanych każdorazowo informacji ich producenta.

Ciśnienie wewnętrzne w każdym, dowolnym punkcie instalacji można określić za pomocą poniższego wzoru:

$$p_x = \Delta h_x \cdot \rho \cdot g - v_x^2 \cdot \rho \cdot 0,5 - \Sigma (R \cdot l + Z) \dots x$$

w których znaczą:

p_x = ciśnienie wewnętrzne w punkcie x

Δh_x = różnica wysokości pomiędzy odpływem z dachu a punktem x

ρ = gęstość wody 1000 kg/m³ przy temperaturze 10°C

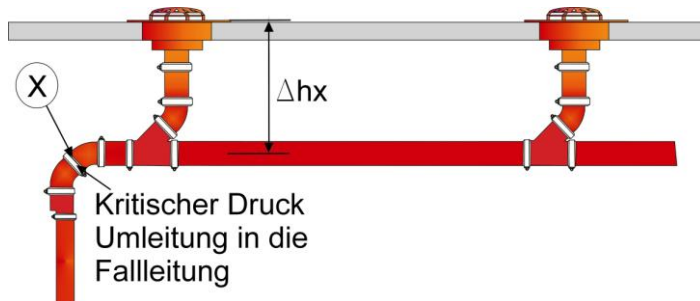
g = grawitacja ziemiska 9,81 m/s²

v_x = prędkość wody w punkcie x

R = straty ciśnienia na metr rury

l = długość odcinka częściowego

Z = straty ciśnienia odcinka częściowego na skutek oporów pojedynczych



Opis rysunku:

Kritischer Druck - ciśnienie krytyczna

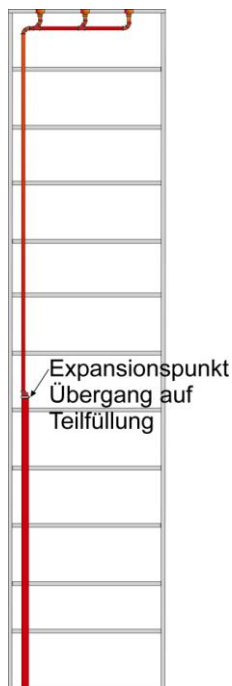
Umleitung in die Falleitung - zmiana kierunku do rury odpływowej

Rys. 9: Ustalanie ciśnienia wewnętrznego (ciśnienia krytycznego przy zmianie kierunku do rury odpływowej)

Ograniczona rura odpływowa

Przy bardzo wysokich budynkach stoi do dyspozycji odpowiednio duża wysokość hydrauliczna, na skutek czego stosować można bardzo małe średnice rur, a tym samym powstawać mogą skrajnie wysokie prędkości i straty ciśnienia. Wskutek wysokich strat ciśnienia nie można będzie niekiedy przy obliczaniu sieci rur uniknąć przekroczenia dopuszczalnych podciśnień (kawitacji) w rurze odpływowej. Ponadto wraz ze wzrostem prędkości wzrasta także poziom hałasu.

W takich przypadkach istnieje możliwość przejścia do napełnienia częściowego już na przejściu do rury odpływowej, a tym samym dopasowania dostępnego ciśnienia do każdorazowo występujących warunków. Taki sposób postępowania umożliwia wykorzystanie zalet oferowanych przez podciśnieniowe odwadnianie dachów w górnym obszarze budynku.



Opis rysunku:

Expansionspunkt - punkt rozprężania

Übergang auf Teilfüllung - przejście do napełnienia częściowego

Rys. 10: Ograniczona wysokość rury odpływowej

Powierzchnie dachowe o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości

Stosownie do VDI 3806, rozdział 3.2, powierzchnie dachowe o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości nie powinny być odwadniane za pomocą rury odpływowej.

Ze względów bezpieczeństwa, powierzchnie dachowe o silnie zróżnicowanym poziomie wysokości powinny być odwadniane w każdym przypadku za pomocą oddzielnych rur odpływowych.

Technika łączenia i mocowania

Stosownie do VDI 3806, rozdział 4.4, wybrana technika łączenia musi być, stosownie do wymagań systemu, trwale wodoszczelna i gazoszczelna. Zamocowania muszą w sposób bezpieczny być zdolne do przyjmowania występujących obciążeń statycznych i dynamicznych oraz odprowadzania ich do bryły budynku.

Na skutek kontroli rachunkowej ciśnienia wewnętrznego za każdym odcinkiem częściowym znane są obszary podciśnienia i nadciśnienia w instalacji. Przewidziane komponenty systemowe należy stosować ściśle w odpowiednich obszarach nadciśnieniowych lub podciśnieniowych, zgodnie z wytycznymi producentów odnośnie montażu i mocowania.

Awaryjne systemy odwadniania

Stosownie do DIN 1986-100, należy w konstrukcjach dachowych z pociągniętymi wewnątrz rynnami odwadniającymi oraz w dachach płaskich o konstrukcjach lekkich (np. dachach krytych blachami trapezowymi), przewidzieć zawsze przelewy awaryjne.

We wszystkich innych konstrukcjach dachowych należy sprawdzić w każdym indywidualnym przypadku, przy uwzględnieniu spodziewanych opadów atmosferycznych w lokalizacji budynku, nadbudówek dachowych, geometrii dachu, jego uszczelnienia i statyki, jak również charakterystyki odpływu systemu odwadniania, czy konieczne będą przelewy awaryjne.

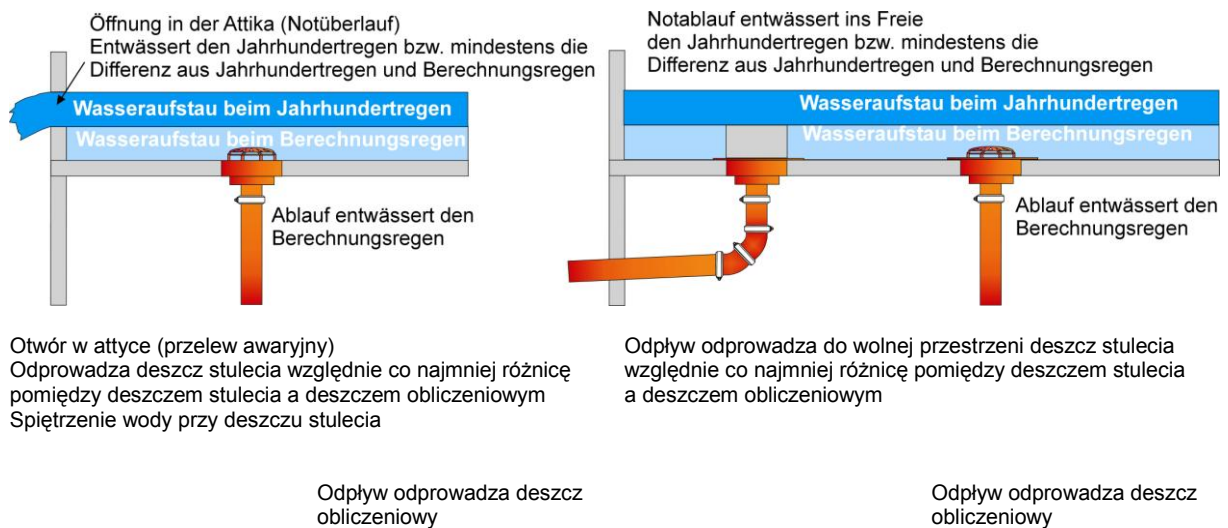
Jeżeli w przypadku położonego wewnątrz odwadniania dachu konieczne będą przelewy awaryjne, występować musi z każdego odpływu dachowego swobodny spływ z powłoki dachu do przelewu awaryjnego o odpowiedniej wydajności spływowej. Gdyby geometria dachu nie pozwalała na swobodny spływ awaryjny poprzez fasadę, wtedy dla zapewnienia realizacji funkcji przelewu awaryjnego zainstalować należy dodatkowy system przewodów ze swobodnym wylotem na działkę budowlaną.

Stosownie do instrukcji normatywnych należy najpierw sprawdzić, czy w przypadku powierzchni dachowych w ogóle potrzebne będą systemy przelewu awaryjnego.

Jeżeli wymagane są systemy odwadniania awaryjnego, należy przy przelewach awaryjnych (np. otworów w attyce) zapewnić, że przy dopływie z przelewu awaryjnego na pokrycie dachowe nie zostanie przekroczone dopuszczalne obciążenie statyczne, zależne od odnośnego nachylenia dachu. Ponadto przy wyższych budynkach należy sprawdzić, czy możliwy będzie spływ poprzez fasadę, który nie spowoduje jej uszkodzenia.

Jeżeli nie będzie możliwe zabudowanie przelewów awaryjnych (np. otworów w attyce), należy zastosować dla zapewnienia odwadniania awaryjnego dodatkowe, awaryjne systemy odpływu, składające się odpływów awaryjnych z systemami przewodów. Odpływy awaryjne mogą być eksploatowane w ramach systemów odwadniania swobodnego zwierciadła wody lub systemów odwadniania podciśnieniowego.

Przykłady obliczeniowe systemów odwadniania awaryjnego podane są w komentarzu do DIN.



Rysunki 11: Przelew awaryjny względnie odpływ awaryjny