TECSIC 2019 2º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos
28 e 29 de agosto de 2019

SISTEMA SIFÔNICO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS – TECNOLOGIA PARA GRANDES COBERTURAS INDUSTRIAIS E COMERCIAIS – ESTUDO DE CASO

Richers, Sabine Schmalz (1); Sowmy, Daniel Setrak (2)

(1) MSc, Engenharia Civil, IPT, adm@risors.com.br
(2) Prof. Dr, Universidade de São Paulo, EP – EECC, dss@ipt.br

Resumo: *O Sistema Sifônico de Drenagem de Águas Pluviais (SSDAP) é indicado para coberturas acima de 5.000 m² e pé-direito acima de 3,5 m, conforme norma VDI 3806:2000. Os resultados do estudo de caso apresentado neste artigo, permitiram concluir que o SSDAP poderá oferecer vantagens em relação ao sistema convencional, como: i) menor quantidade de prumadas e caixas de passagem; ii) menor diâmetro dos condutores;iii) drenagem de calhas internas sem caixas de passagem; e iv) condutores horizontais sem inclinação, para edificações como a do estudo de caso.*

Palavras-chave: *Sistema sifônico, Drenagem de água pluvial, Grandes coberturas*.

Área do Conhecimento: *Tecnologia em Construção de Edifícios – Sistemas Prediais.*

1 INTRODUÇÃO

O SSDAP foi criado em 1968, na Escandinávia, pelos pesquisadores Olavi Ebeling e Risto Lunden. Conforme Arthur e Swaffield (1999) e May (2004), o sistema sifônico opera por pressão negativa, segundo o princípio de Bernoulli, e apresenta uma capacidade de drenagem maior do que o sistema convencional. Enquanto o sistema convencional opera segundo os princípios dos condutos livres, ou seja, por gravidade, o sistema sifônico segue os princípios dos condutos forçados, com escoamento de seção plena em condições de vazão de projeto. Isso é possível graças à diferença de pressão hidrostática entre o nível da água na calha e o trecho inferior do condutor vertical.

Este artigo é resultado de uma dissertação que tem como objetivo identificar e analisar métodos internacionais de dimensionamento e aplicá-los para um estudo de caso no cenário brasileiro, com enfoque na verificação da viabilidade técnica e econômica do SSDAP, portanto o objetivo do trabalho é a comparação entre os estudos já realizados com a aplicabilidade dos conceitos em um estudo de caso.

SSDAP – Descrição, funcionamento e principais componentes

O SSDAP é formado por um conjunto de ralos sifônicos, componentes especiais projetados e dimensionados para a captação das águas pluviais, por tubos condutores horizontais e verticais, conexões e ferragens especiais (abraçadeiras, perfis e barras, de aço galvanizado), instalados horizontalmente e verticalmente, destinados à fixação das tubulações.

No caso de telhados de mais de duas águas, há calhas externas e internas. As calhas internas podem ser facilmente drenadas por tubos horizontais que não exigem inclinação. A elevada velocidade nos tubos do sistema garante a autolimpeza.

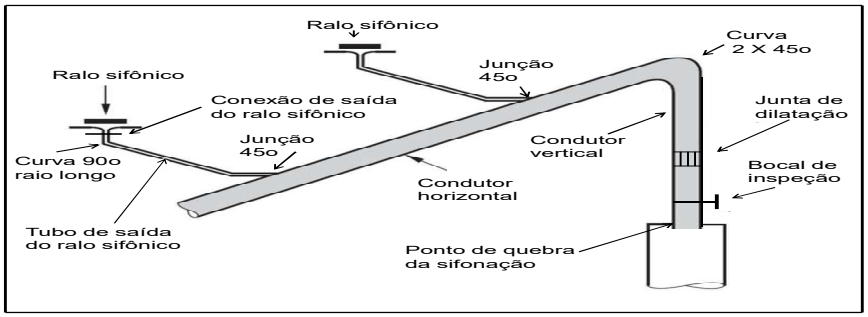
SSDAP - Parâmetros normativos internacionais para o dimensionamento e operação

A comparação dos parâmetros normativos internacionais foi efetuada com base na análise das normas internacionais encontradas na literatura: VDI DIN 3806:2000, ASME A.112.6.9:2005, ASTM F 2021:2006, BS 8490:2007, Diretriz Chapter 16:2010 e ASPE 45:2013.

O agrupamento dos principais parâmetros de dimensionamento e operação do sistema sifônico encontrados nas normas internacionais é descrito na dissertação de Richers (2018) em seis tópicos.

Os principais componentes do SSDAP apresentados na figura 1.

Figura 1 - Sistema sifônico – Principais componentes



Fonte: Adaptado de BS 8490 (2007).

2 METODOLOGIA

A primeira parte do método consiste num levantamento sistemático da bibliografia, e posteriormente, aplica a teoria em um estudo de caso. Os principais critérios usados na revisão bibliográfica, foram as publicações de autores associados à institutos de pesquisa e universidades. Assim sendo, identificou-se as normas existentes que apresentam os parâmetros para o método de dimensionamento do sistema sifônico de drenagem de águas pluviais a ser aplicado no estudo de caso.

Toda a metodologia de um trabalho científico serve como pilar de uma dissertação que deve levar ao atendimento dos objetivos específicos que, neste artigo são: (i) análise do sistema do sifônico; (ii) escolha do método de dimensionamento; e (iii) aplicação deste método em um projeto de sistema sifônico por meio de um estudo de caso.

Durante o processo de pesquisa bibliográfica deste trabalho, desenvolveu-se o estudo do conhecimento que fundamentou o sistema sifônico de drenagem de águas pluviais, publicado em revistas científicas, livros, dissertações, teses e rede eletrônica, no período entre o surgimento do sistema sifônico até a presente data.

Após a compreensão do funcionamento, dos componentes e do dimensionamento do sistema sifônico, realizou-se uma análise comparativa das normas que regulam o assunto, identificou-se os principais parâmetros de dimensionamento e operação e selecionou-se o melhor método de dimensionamento de um projeto de sistema sifônico, aplicando-se este num estudo de caso.

No estudo de caso pretende-se demonstrar a viabilidade técnica e econômica do sistema sifônico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Destacam-se os seguintes cientistas e os tópicos mais relevantes abordados por cada um:

a) Riedel e Ebeling (1981) descreveram primeiramente o sistema sifônico. Concluem com a afirmação de que o sistema sifônico, com dimensionamento correto, consegue drenar satisfatoriamente as águas pluviais de uma cobertura, impedindo que haja acúmulo de água no local.
b) Sommerhein (1999) analisou os parâmetros de dimensionamento do sistema sifônico, no caso de uma série de falhas em instalações, ocorridas no Reino Unido na década de 1990. Concluiu que elas estariam ligadas ao tipo de construção de edificações industriais e comerciais naquela época, além do dimensionamento de sistemas sifônicos com intensidade pluviométrica de 75 mm/h. Destacou no dimensionamento, a importância da altura da lâmina de água nas calhas, a verificação da carga disponível correta (*disposable head*), o dimensionamento do condutor vertical, o tempo de enchimento do sistema sifônico e o uso de prumadas diferentes para telhados em níveis diferentes.
c) Arthur e Swaffield (1999) destacaram num sistema sifônico a existência de três tipos de ar; i) o ar que existe originalmente no sistema sifônico quando vazio e sem funcionamento; ii) o ar arrastado para dentro do sistema sifônico junto com a água, através da turbulência inevitável da água; e iii) o ar que entra normalmente pelo ralo sifônico, mesmo em regime de operação plena (menor que 5%).
d) Bowler e Arthur (1999) destacaram as cinco mais frequentes causas de falhas operacionais: i) falhas na interação entre sistema sifônico e rede externa de drenagem pluvial num prédio; ii) na operação de um sistema sifônico, a pressão negativa não deve superar - 800 mbar ou - 80 kPa, entretanto verificou que

podem ocorrer variações bruscas por obstrução parcial ou total, por interação não prevista entre sistema sifônico e rede externa de drenagem, mudanças no *layout* do sistema sifônico não previstas no projeto original, entrada de ar no sistema por pressurização e despressurização; iii) falhas mecânicas nas tubulações devido a pressões negativas excessivas, não previstas em projeto; iv) falhas no dimensionamento conjunto entre a capacidade do sistema sifônico primário, a capacidade do sistema sifônico secundário e a rede de drenagem externa; e v) falhas na manutenção e limpeza do sistema sifônico.

e) May (2004) as diretrizes básicas para um projeto de sistema sifônico e os seguintes tópicos: i) princípios de dimensionamento hidráulico; ii) pré-requisitos de verificação das perdas de carga das prumadas *(imbalancing)* do sistema sifônico; iii) velocidades mínimas de escoamento no sistema sifônico; iv) velocidade de enchimento total no sistema sifônico; e v) pressões mínimas permitidas. Devido à complexidade, muitos *software* de fabricantes de sistemas sifônicos fornecem: a) tipos recomendados ou não de conexões (curvas, bifurcações, reduções ou expansões); b) coeficientes de perda de carga para tubos e conexões (*friction loss)*; c) velocidades mínimas de escoamento; d) pressões mínimas; e) dados sobre a verificação das perdas de carga entre os ralos sifônicos; e f) velocidade de enchimento total do sistema sifônico. May destaca ainda, em conjunto com vários fabricantes informações importante no dimensionamento: i) adotar na equação de Colebrook-White uma rugosidade interna mínima dos tubos k_p = 0,15 mm; ii) introduzir um fator de segurança de 10% no cálculo da vazão de dimensionamento do sistema sifônico; iii) a diferença entre a maior e menor carga residual (*residual head)* na verificação das perdas de carga do sistema sifônico não deve ser maior que 1,0 m ou 10% da carga disponível (*avaiable head)*; iv) a velocidade mínima em tubos de saída de ralos sifônicos e condutores horizontais não deve ser inferior a 1,0 m/s e em condutores verticais no mínimo 2,2 m/s; e v) o tempo de enchimento total não deve ser superior a 60 s; vi) a pressão negativa não deve ser menor que -780 mbar ou - 7,8 mca, assim como, a velocidade no ponto crítico (inflexão entre o condutor horizontal e o condutor vertical) não deve ser maior que 6,0 m/s.

Os resultados da revisão bibliográfica serão apresentados a seguir.

4 RESULTADOS

Os pontos em comum dos pesquisadores mencionados na revisão bibliográfica são as pesquisas sobre os principais parâmetros do dimensionamento do sistema sifônico, Os tópicos pesquisados por estes e outros pesquisadores foram utilizados por May (2004), trabalhando no instituto HR Wallingford à serviço do governo inglês, na elaboração de suas diretrizes básicas para o dimensionamento do sistema sifônico de drenagem de águas pluviais. Estas diretrizes mais tarde, deram origem à norma inglesa BS 8490:2007.

Dimensionamento do sistema sifônico

No sistema sifônico, seguindo-se o roteiro da norma VDI 3806:2000, as principais etapas estão resumidas em Richers (2018)

Estudo de caso – Dimensionamento do sistema convencional e sifônico para uma edificação

A edificação deste estudo de caso é um galpão industrial num centro de distribuição localizado na Região Metropolitana de São Paulo. A edificação destina-se a receber equipamentos elétricos, máquinas, estantes e um mezanino. Para movimentação dos equipamentos possui também uma ponte rolante. Em sua cobertura metálica, estão instaladas três calhas, duas são externas e uma interna. Não serão usadas caixas de passagem internas nesta edificação, vide figura 2

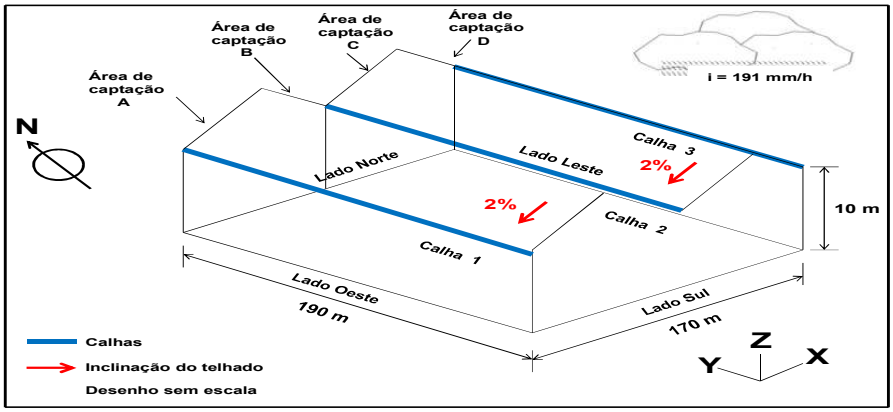
No dimensionamento do sistema convencional em PVC usou-se a NBR 10.844:1989, e no sistema convencional em PEAD a EN 12.056-3:2000. As normas EN 12.056-3:2000 e VDI 3806:2000 foram escolhidas porque apresentam roteiros detalhados para o dimensionamento.

As principais dimensões da edificação representada na figura 2 podem ser resumidas como:

- comprimento da edificação = 190 m / largura da edificação = 170 m;
- altura da edificação até a calha, h = 10,0 m;
- quatro telhados (águas) de 42,5 m de largura e 190 m de comprimento, ou seja, uma área de captação total de 32.300 m^2, formada por quatro telhados de 8.075 m^2;

- os condutores de águas pluviais, verticais e horizontais, devem possibilitar a movimentação de equipamentos por meio de ponte rolante;
- as caixas de passagem externas estão 0,5 m abaixo do nível do piso e estão localizadas 2 m fora da edificação;
- três calhas (calha 1 externa capta 8.075 m^2, calha 2 interna capta 16.150 m^2 e calha 3 externa capta 8.075 m^2);
- as calhas 1 e 3, externas, têm largura de 80 cm e aba lateral de 45 cm, a calha 2, interna, têm largura de 100 cm e aba lateral 65 cm;
- as calhas têm 0,5 % de inclinação;
- telhados com 2% de inclinação; e
- intensidade pluviométrica para o local, com T=25 anos, de acordo com a NBR 10.844:1989, tabela 5, é de 191 mm / h.

Figura 2 – Edificação do estudo de caso

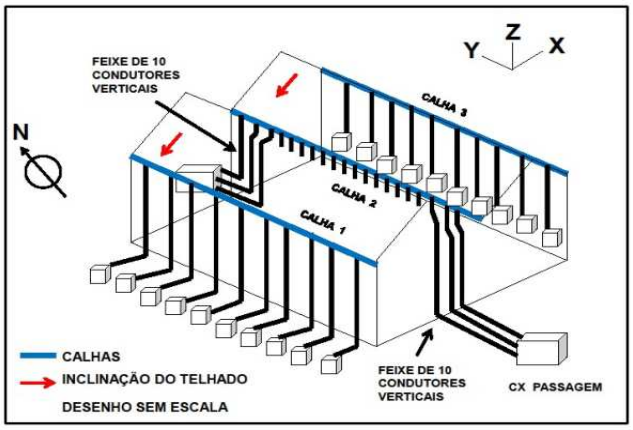


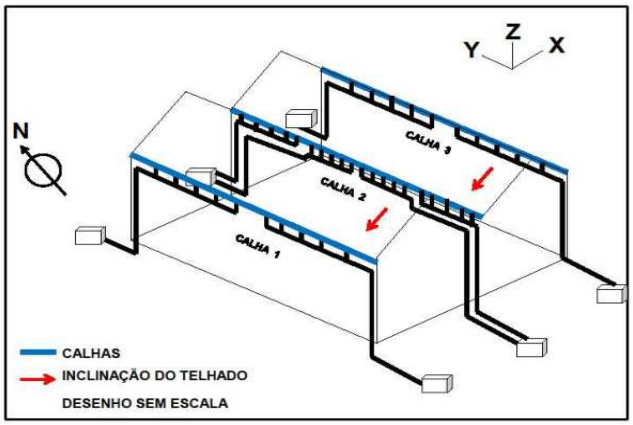
Fonte: Autores.

Com os dados de caracterização da edificação mencionados, calcula-se o dimensionamento do sistema convencional segundo a NBR 10.844:1989 e EN 12056-3:2000. A figura 3 fornece o layout das prumadas para o sistema convencional. O dimensionamento do SSDAP deve seguir a norma VDI 3806:2000. O layout adotado para as prumadas do sistema sifônico é visualizado na figura 4.

Figura 3 - Sistema convencional.

Figura 4 - Sistema sifônico.

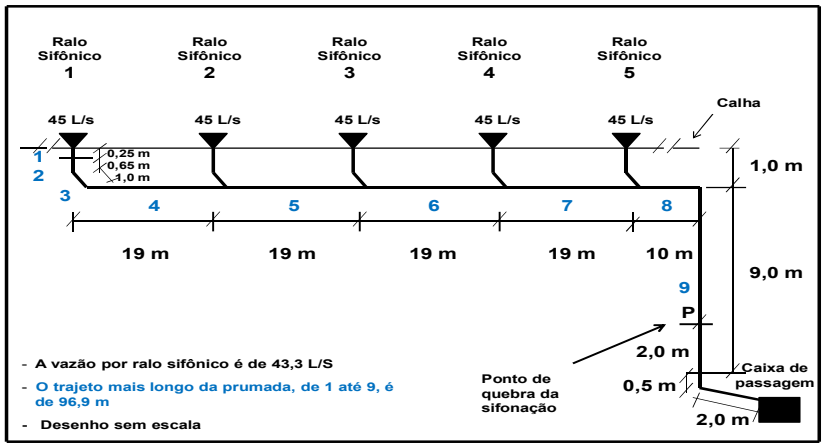




Fonte: Autores. **Fonte**: Autores.

Na figura 5 é visualizado o layout das prumadas das calhas 1 e 3 (externas), com o posicionamento dos ralos sifônicos. O layout das prumadas da calha 2 (interna) não está sendo visualizado nesta figura.

Figura 3 - Sistema sifônico – Prumadas das calhas 1 e 3 (externas).



Fonte: Autores.

Quantitativo de material para o sistema convencional e sifônico

O consumo do material necessário no sistema convencional para as prumadas das calhas 1, 2 e 3, tanto para o PVC (NBR 10.844:1989) e PEAD (EN 12056-3:2000), quanto para o PEAD (VDI 3806:2000) usado no SSDAP fornece um quantitativo que foi valorizado com os preços disponíveis no site da PINI TCPO WEB (15/04/2018). Deste quantitativo pode-se elaborar uma tabela de custos de material, a tabela 1, a seguir:

Tabela 1 – Custo do material

Parâmetro	Sistema convencional (NBR 10.844:1989) PVC	Sistema convencional (EN 12056-3:2000) PEAD	Sistema sifônico (VDI 3806:2000) PEAD
Custos dos tubos	230m (de DN100) x R$ 17,60 1.316m (de DN200) x R$ 56,60 Total = R$ 78.534,00	1.546 m (de DN200) x R$ 141,00 Total = R$ 217.986,00	76m (de DN125) x R$ 55,30 114m (de DN160) x R$ 90,20 114m (de DN200) x R$ 141,00 266m (de DN250) x R$220,00 112m (de DN315) x R$349,00 Total = R$ 128.168,00
Custos de grelhas e ralos sifônicos	40 de R$ 69,00 Total = R$ 2.760,00	40 de R$ 69,00 Total = R$ 2.760,00	40 de R$2.500,00 Total = R$ 100.000,00
Custos das curvas	80 de 90°DN200 x R$ 130,70 Total = R$ 10.456,00	80 de 90°DN 200 x R$ 222,00 Total = R$ 17.760,00	40 de 45°DN125 x R$ 62,00 40 de 90°DN125 x R$ 124,00 16 de 45°DN315 x R$ 771,50 8 de 90°DN315 x R$ 1.543,00 Total = R$ 32.128,00
Total:	**R$ 91.750,00**	**R$ 238.506,00**	**R$ 260.296,00**

Fonte: Autores.

A diferença de custos do sistema convencional em PVC e PEAD deve-se às diferenças de preços entre estas resinas.

5 CONCLUSÕES

No estudo de caso, para uma edificação com as características descritas na figura 5, observa-se que o custo do sistema convencional, calculado em PEAD, está próximo (diferença de 10%) do custo do sistema sifônico, também calculado em PEAD, o que incentiva a análise de viabilidade, tendo em vista os benefícios que o sistema sifônico pode oferecer.

Este estudo de caso enquadra-se no que foi descrito por Pereira (2012), que estudou a evolução qualitativa dos custos totais de um sistema convencional e sifônico com relação à área da cobertura. Conclui que, apesar dos custos menores do sistema convencional, haverá um ponto no qual, de acordo com a área, diâmetro dos tubos e vazões, além dos outros custos que compõem os sistemas de drenagem de águas pluviais, os custos se igualarão. A partir deste ponto, o sistema sifônico poderá ter custos menores. Este ponto de inversão de custos é específico de cada projeto.

O SSDAP apresenta as seguintes vantagens: i) menor quantidade de prumadas e caixas de passagem; ii) a drenagem de calhas internas sem caixas de passagem permite um melhor aproveitamento do espaço interno da edificação; iii) menor diâmetro das tubulações e iv) ausência de inclinação nas tubulações horizontais. Destaca-se como desvantagem um possível custo maior de materiais comparando-se o PVC com o PEAD. Na comparação do layout da tubulação da calha interna dos sistemas convencional e sifônico, verifica-se a dificuldade da utilização do sistema convencional na calha central quando o uso de caixas de passagens internas é vedado e existir a exigência de vão livre para pontes rolantes, como no estudo de caso.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **ASME A112.6.9-2005**. **Siphonic roof drains**. New York: ASME, 2005.

AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS. **ASPE 45:2013:** Siphonic roof drainage. Rosemont: ASPE, 2013.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM F 2021-2006:** Standard guide for design and installation of plastic siphonic roof drainage systems. West Conshohocken: ASTM, 2006.

ARTHUR, S.; SWAFFIELD, J. A. Understanding siphonic rainwater drainage systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25., Edinburgh, 1999. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1999. B1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. Departament of Planning and Local Government. Siphonic roofwater systems. In: **Water sensitive urban design technical manual.** Greater Adelaide Region: Government of South Austrália, 2010. Chapter 16.

BOWLER, R.; ARTHUR, S. Siphonic roof rainwater drainage – design considerations. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25., 1999, Edinburgh. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1999. A 3.

BRITISH STANDARDS INSTITUTE. **BS 8490:2007:** Guide to siphonic roof drainage systems. London: BSI, 2007.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **EN 12.056-3:** Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden. Teil 3: Dachentwässerung, Planung und Bemessung. Deutsche Fassung. EN 12.056-3:2000. DIN. Januar. 2001.

FULLFOW. **Syphonic Explained**. Disponível em: <http://www.fullflow.com/syphonic-explained>. Acesso em: 9 mar. 2017.

MAY, R. W. P. **Design criteria for siphonic roof drainage systems**. Wallingford: HRS, 2004. (Report SR 654).

PEREIRA, J.P.D.N – **Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais pluviais**. 2012. MSc (Dissertação) - Universidade do Porto, 2012.

PINI. **TCPO Web Pini – Base de dados para orçamentos e comparativos de custos**. Disponível em: <http://tcpoweb.pini.com.br/home/home.aspx>. Acesso em: 15 abril 2018.

RICHERS,S.S. Sistema sifônico de drenagem de águas pluviais em grandes coberturas – Estudo de caso. 2018. Dissertação de Mestrado - IPT.

RATTENBURY, J. Fundamentals of siphonic roof drainage. **PM Engineer**, p. 52-58, Mar. 2001.

RIEDEL, J.; EBELING, O. Stormwater drainage by fullyfilled pipes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 10, 1981, Berlin. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1981.

SOMMERHEIN, P. Design parameters for roof drainage systems. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25., 1999, Edinburgh. **Proceedings…** Delf: CIB W062, 1999. A4.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE. **VDI 3806:2000:** Roof drainage with siphonic system. April 2000.