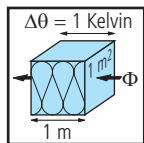


Généralités

Valeurs caractéristiques

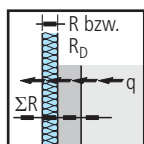


Conductivité thermique λ resp. λ_D W/(m·K)

Spécifique à chaque matériau: flux de chaleur, dans un état stationnaire, qui perd 1 Kelvin de température en traversant une surface de 1 m² de matériau homogène, d'une épaisseur de 1 m.

La conductivité thermique λ_D est la valeur nominale spécifique d'un produit définie par autocontrôle et confirmée par la SIA. La valeur nominale est valable pour une température moyenne de 10°C et un taux d'humidité dans un climat normal; les effets de vieillissement sont également pris en considération lors de la déclaration (cf. SIA 279 et cahier technique SIA 2001).

Pour un matériau contrôlé, cependant non défini, mais d'un groupe de matériaux déterminé, c'est la valeur la plus élevée de ce groupe qui doit être prise en considération (SIA 279). Pour des produits non contrôlés, c'est la valeur la plus élevée dudit matériau qui doit être prise en considération, valeur nettement moins bonne que les valeurs déclarées λ_D .



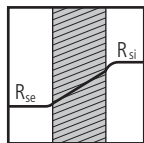
Résistance thermique R resp. R_D (m²·K)/W

La résistance à la conductivité thermique est définie (norme SIA 180) selon la relation des différences de température entre les deux faces d'un élément de construction vers la densité de flux thermique q qui traverse l'élément en état stationnaire. Formulé différemment: la densité de flux thermique q provoquée par une différence de température engendre au sein du matériau un coefficient de résistance thermique $R = d/\lambda$ ou $R_D = d/\lambda_D$ (d = épaisseur de matériaux de construction en m). Le calcul de la résistance thermique R (m²·K)/W de l'isolation en pente est défini par la norme SN EN 6946, annexe C, «Composants et parois de bâtiments – Résistance thermique et coefficient de transmission thermique – Méthode de calcul».

Formule approximative: $R = \frac{\text{épaisseur moyenne de l'isolation } m \times \text{Correction } R_k}{\text{conductivité thermique } \lambda_D \text{ W/(m·K)}}$

Correction R_k pour géométrie simple $\approx 0,9$

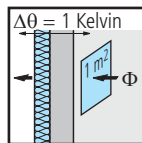
Correction R_k pour géométrie anguleuse \approx de 0,8 à 0,7



Résistance thermique superficielle R_s (m²·K)/W

La résistance thermique superficielle R_s est la capacité de la première couche d'un matériau à s'opposer à un flux d'énergie venant de l'extérieur ou de la dernière couche à un flux venant de l'intérieur. Cela dépend de la direction du flux de chaleur. Les valeurs suivantes sont confirmées selon la norme SIA 180:

- Résistance thermique superficielle intérieure R_{si} 0.13 (m²·K)/W
- Résistance thermique superficielle extérieure R_{se} 0.04 (m²·K)/W
- Résistance thermique superficielle enterrée R_{se} 0.00 (m²·K)/W

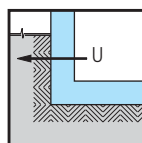


Coefficient de transmission thermique U W/(m²·K)

Le coefficient de transmission thermique U donne le flux de chaleur Φ , dans un état stationnaire, qui traverse une surface de 1 m² de l'élément de construction avec une différence de température de 1 Kelvin entre les deux surfaces.

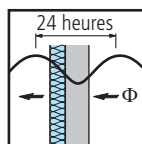
Calculé en vertu de SN EN ISO 6946, appuyé sur la norme SIA 180.

Les valeurs caractéristiques du chapitre "Plafond et sol" n'incluent pas les éléments de chauffage, par exemple chauffage par le plancher.



Valeur U pour éléments de constructions enterrés W/(m²·K)

La valeur U d'un élément de construction enterré est calculée selon SN EN ISO 13370.

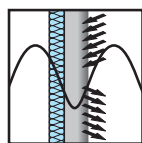


Coefficient de transmission thermique dynamique U_{24} W/(m²·K)

Flux de chaleur considéré avec des variations de température, durant une période de 24 heures.

Calculé en vertu de SN EN ISO 13786, appuyé sur la norme SIA 180.

Pour les constructions de toiture sur des combles habités, selon la norme SIA 180 paragraphe 5.2.5.1, il faut respecter le coefficient de transmission thermique dynamique U_{24} de $\leq 0,20$ W/(m²·K).

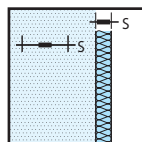


Capacité thermique C KJ/(m²·K)

Energie calorifique qui est stockée dans un matériau ou une partie de construction lors de variations de température ou de flux de chaleur et qui peut être rendue plus tard:

C_{sol} ou $C_{plafond}$: capacité d'accumulation thermique du sol (partie haute de la construction), resp. du plafond (partie basse de la construction)

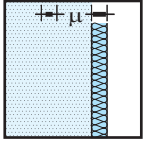
Calculée en vertu de SN EN ISO 13786, appuyée sur la norme SIA 180.



Epaisseur de couche d'air équivalente à la diffusion de vapeur S_D

Epaisseur d'une couche d'air qui présente la même résistance que l'épaisseur du matériau.

$$S_D = \mu \cdot d = (d / \delta) \cdot \delta_a$$

Facteur de résistance à la diffusion de vapeur d'eau μ

Indice de l'étanchéité à la vapeur d'eau des matériaux de construction, indiquant de combien de fois la résistance à la diffusion de cette couche est plus grande que celle d'une couche d'air de même épaisseur.

$$\mu = \delta_a / \delta$$

δ_a : conductivité de la vapeur d'eau à l'état stationnaire (0,72 mg/m-h-Pa)

δ : conductivité de la vapeur d'eau de la couche de matière homogène

Dimensionnement du pare-vapeur selon la norme SIA 271

- Paragraphe 2.3.2.3: systèmes non-aérés et dans une utilisation normale de la pièce selon la norme SIA 180, tableau 5: $s \geq 150$ m
- Paragraphe 2.3.2.4: végétalisation avec rétention d'eau: $s \geq 250$ m

Indice d'affaiblissement acoustique pondéré R'_w dB

Caractérise un élément de construction du point de vue de son isolation phonique aérienne, comme valeur unique pour l'ensemble de chaque bande de fréquence. Plus la valeur de R'_w est grande, meilleure est l'isolation phonique aérienne. L'isolation acoustique disponible $D_{e,tot}$, qui en cas de murs extérieurs doit correspondre à la valeur de demande de la norme SIA 181, se calcule de la manière suivante:

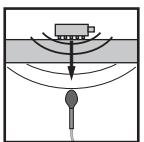
$R'_w + C_{tr} + \Delta L_{LS} - C_v - K_p$ avec:

C_{tr} Valeur d'accommodation de spectre pour l'évaluation des bruits de circulation les plus fréquents (valeur caractéristique de composant)

ΔL_{LS} Correction de niveau de bruit aérien: correction de niveau pour la conversion des indices d'affaiblissement acoustique dans des différences de niveau du son standard, dépendant de la surface de séparation de composant et du volume de l'espace de réception

C_v Correction de volume: valeur de correction pour la prise en compte de plus grands volumes de l'espace de réception concernant des temps de réverbération

K_p Supplément d'étude de projet: valeur de correction pour les valeurs caractéristiques de composants acoustiques provenant de mesures de laboratoire qui doit prendre en compte les variations entre les conditions de laboratoire et de construction (valeur empirique)

Niveau de pression pondéré du bruit de choc normalisé $L'_{n,w}$ dB

Caractérise le comportement de protection contre les bruits de choc d'un élément de construction pour la valeur calculée de chaque tierce du niveau de pression de bruit pondéré $L'_{n,w}$. Plus la valeur $L'_{n,w}$ est faible, meilleure est la protection contre les bruits de choc. L'isolation phonique est particulièrement influencée par les ponts phoniques, par ex. dans la couche d'isolation et les joints de bordure.

Selon la norme SIA 181, lors de l'évaluation resp. de la planification de la protection contre les bruits de choc (valeur exigée L'), du niveau de pression de bruit pondéré $L'_{n,w}$ d'autres paramètres ont de l'importance:

C_1 Valeur d'accommodation de spectre pour l'évaluation des bruits de choc de basse fréquence. Cette valeur n'est pas communiquée dans les fiches produits.

C_v Correction de volume de choc en fonction du volume de l'espace de réception

ΔL_{15} Correction de niveau de bruit de choc en fonction du volume de l'espace de réception

K_p Supplément d'étude de projet

Transmission indirecte du bruit de choc

Pour une première évaluation approximative d'une transmission indirecte du bruit de choc (par ex. radier) l'isolation de propagation peut être prise en considération selon les valeurs corrigées dans la figure ci-dessous (construction massive avec une dalle traversante; parois de séparation pas trop minces sur dalles).

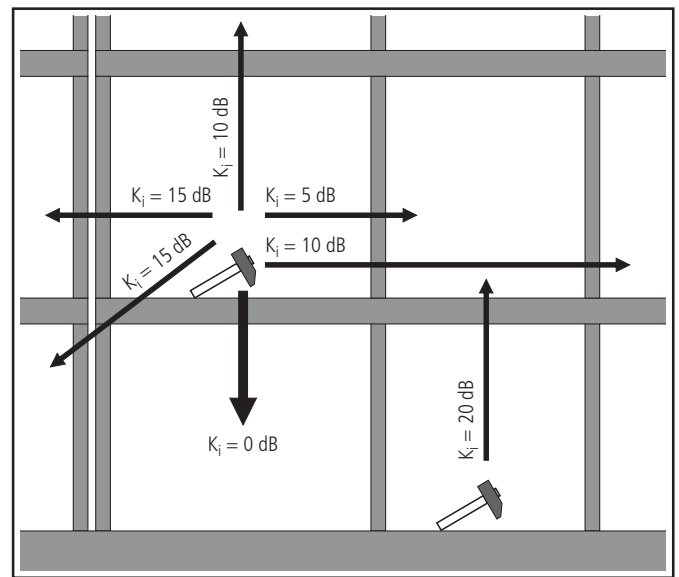
La formule $L'_{n,w} = L'_{n,w,0} - \Delta L_w - K_i$ dB est donc valable avec:

$L'_{n,w,0}$ Indice d'affaiblissement de la dalle brute dB

ΔL_w Amélioration avec couche de revêtement dB

K_i Valeur corrigée pour transmission indirecte des bruits de choc dB

Source: Ch. Zürcher, Th. Frank: Physique du bâtiment, vdf Hochschulverlag AG de ETH Zürich (1998)



Remarque sur la protection contre le bruit

La norme SIA 181 différencie les exigences minimales et les exigences élevées. Les exigences minimales garantissent une isolation phonique qui est seulement capable d'empêcher les gênes les plus importants.

Les exigences élevées offrent une isolation acoustique qui fournit un grand confort aux personnes se trouvant dans les bâtiments. Elles s'appliquent en cas de maisons individuelles sur une ou deux rangées ainsi que pour les bâtiments à étages récemment construits.

Pour les toitures plates, l'isolation phonique contre les bruits aériens provenant de l'extérieur (par exemple le bruit de la circulation) est principalement assurée par les fenêtres. Selon la répartition de la surface entre la fenêtre et la toiture plate, la capacité d'isolation phonique résultante ne peut être augmentée que par des mesures concernant les fenêtres.

Normes, recommandations, prescriptions

Constructions / norme relative

- Voir les spécificités dans les différents chapitres du support.

Matériaux de construction

- Norme SIA 279 «Matériaux de construction isolants - Performances requises et valeurs thermiques utiles d'isolants thermiques, d'éléments de maçonnerie et d'autres matériaux thermiquement importants» (édition 2018)
- Norme SIA 279.162 / SN EN 13162
«Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en laine minérale (MW) - Spécification» (édition 2015)
- Norme SIA 279.163 / SN EN 13163
«Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en polystyrène expansé (EPS) - Spécification» (édition 2016)
- Norme SIA 279.164 / SN EN 13164
«Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en mousse de polystyrène extrudé (XPS) - Spécification» (édition 2015)
- Norme SIA 279.165 / SN EN 13165
«Produits isolants thermiques pour le bâtiment - Produits manufacturés en mousse rigide de polyuréthane (PUR/PIR) - Spécification» (édition 2016)
- Norme SIA 279.172 / SN EN 13172
«Produits isolants thermiques - Évaluation de la conformité» (édition 2012)
- Norme SIA 281 «Lés d'étanchéité» (édition 2017)
- Norme SIA 281/2 «Lés d'étanchéité et étanchéité appliquée liquide - Essais de pelage» (édition 2017)
- Prénorme SIA 281/3 «Lés d'étanchéité - Essai d'adhérence par traction» (édition 2018)
- Fiches techniques des produits swisspor sous: www.swisspor.ch

Protection contre la chaleur et l'humidité / énergie

- Lois cantonales sur l'énergie (exigences relatives à la protection thermique)
- Modèle de prescription énergétique des cantons (MoPEC)
- Norme SIA 180 «Protection thermique, protection contre l'humidité et climat intérieur dans les bâtiments» (édition 2014)
- Norme SIA 180.071 / SN EN ISO 6946 «Composants et parois de bâtiment - Résistance thermique et coefficient de transmission thermique - Méthode de calcul» (édition 2007)
- Norme SIA 180.073 / SN EN ISO 13786
«Performance thermique des composants de bâtiment - Caractéristiques thermiques dynamiques - Méthodes de calcul» (édition 2017)
- Norme SIA 380/1 «L'énergie thermique dans le bâtiment» (édition 2016)
- Norme SIA 381.101 / SN EN 12524
«Matériaux et produits pour le bâtiment - Propriétés hygrothermiques - Valeurs utiles tabulées» (édition 2000)
- Norme SIA 380.103 / SN EN ISO 13370
«Performance thermique des bâtiments - Transfert de chaleur par le sol - Méthodes de calcul» (édition 2017)
- Cahier technique SIA 2001 «Matériaux de construction isolants - Valeurs thermiques déclarées et autres données relatives à la physique du bâtiment», www.sia.ch/fr/services/sia-norm
«télécharger, Matériaux de construction» (édition 2015)
- Agence MINERGIE®, www.minergie.ch

Protection contre le bruit

- Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB)
- Ordonnance cantonale sur la protection contre le bruit (OCPB)
- Norme SIA 181 «Protection contre le bruit dans le bâtiment» (édition 2006)
- Documentation SIAD 0189 «Documentation sur les composants d'isolation acoustique dans le bâtiment - Inventaire des composants mesurés» (édition 2005)

Protection incendie

- Instructions cantonales de la police du feu
- Prescriptions de protection incendie de l'association des établissements cantonaux d'assurance incendie AEAI

Ecologie

- swisspor spider, indicateur pour des constructions écologiques et économiques, www.isolation-spider.ch
- Construction durable avec MINERGIE-ECO®, www.eco-bau.ch
- Recommandation SIA 493 «Déclaration des caractéristiques écologiques des matériaux de construction» (édition 1997)
- Déclaration sur les produits de construction SIA
www.sia.ch/fr/services/sia-norm/produits-de-construction
- Documentation SIAD 093 «Déclaration des caractéristiques écologiques des matériaux de construction selon SIA 493 - Explication et interprétation» (édition 1997)
- Déclaration environnementale selon SN EN 15804 A1 (édition 2013)

Sécurité au travail

- SUVA Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, 6004 Lucerne, www.suva.ch
- Ordonnance sur les travaux de construction (OTConst) EKAS Bureau de coordination helvétique pour la sécurité au travail, 6002 Lucerne, www.ekas.ch

Groupements spécialisés / institutions / publications

- Voir les spécificités dans les différents chapitres du support.

Prescriptions également applicables

Le présent support de planification ne constitue pas une «recette complète» pour la réalisation des toitures plates. Cependant, par ces détails de construction représentatifs, le choix des matériaux, comprenant les valeurs calculées, est indiqué.

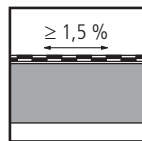
Les présentes indications ont été élaborées sur la base de l'état de la technique actuelle. Nous nous réservons le droit d'introduire en tout temps des modifications en ce qui concerne les divers procédés d'exécution.

Toute responsabilité découlant de cette aide à la planification est expressément exclue.

Les normes et directives en vigueur doivent être observées pour la construction, le choix, le dimensionnement et la pose des matériaux de construction, ainsi que pour la protection contre la chaleur, l'humidité, le bruit et l'incendie.

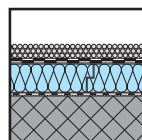
Toiture plate

Variantes de construction



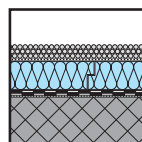
Toiture plate

Terme général désignant les toitures qui ont une pente faible ou nulle et dont l'étanchéité est réalisée d'un seul tenant.



Toiture chaude

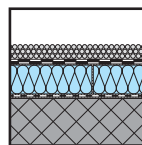
Toiture pourvue d'une étanchéité appliquée directement sur l'isolation thermique, sans couche d'air intermédiaire. La toiture chaude est le principe de construction le plus répandu. Il convient remarquablement à tous les supports et toutes les variantes d'utilisation.



Toiture inversée

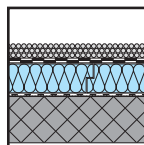
Système de toiture dans lequel l'isolation thermique est placée au-dessus de l'étanchéité (du côté humide). Dans le cas où le support présente une capacité thermique réduite et/ou avec des matériaux de construction sensibles à l'humidité, il faut vérifier qu'aucune condensation ne se forme sur la partie chaude de l'étanchéité. Ce type de toiture nécessite l'utilisation de panneaux en mousse dure de polystyrène extrudée avec battues (swissporXPS SF), posés en une seule couche. Pour le calcul de la valeur U, on utilise la norme SN EN ISO 6946. Les systèmes sans justificatif se calculent d'après la norme SIA 380/1, en appliquant un supplément de 30% à la valeur U calculée.

Lors de l'application d'un voile spécial pour toiture inversée swisspor WA en complément du swissporXPS 300 SF, la valeur corrective est $\Delta U_r = 0$; aucun supplément n'est à prendre en considération.



Toiture compacte

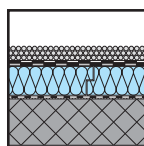
Dans les toitures compactes, toutes les couches sont collées entre elles et au support. Cette exigence s'applique aussi pour les raccords et les fermetures de bord.



Système d'étanchéité flottant

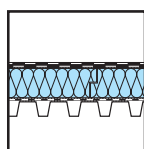
Dans les systèmes d'étanchéité flottants, les différentes couches ne sont pas liées entre elles. Le traitement du support ne nécessite pas une attention aussi élevée que pour les systèmes de toitures collés en plein.

Les systèmes flottants doivent être lestés jusqu'à la mise en œuvre des couches de protection et de lestage de façon à résister à la succion des vents.



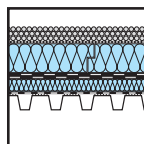
Système d'étanchéité collé

Dans les systèmes d'étanchéité collés, le support est garanti d'après les conditions exigées par la norme SIA 271. La liaison entre le support et le pare-vapeur (étanchéité provisoire) ou le joint d'étanchéité avec un pelage (norme SIA 271) doit être indiquée et documentée.



Toiture plate sans couche de protection, de lestage et d'usure (Toiture nue)

Type de toiture (chaude ou froide) ne comportant pas de couche de protection ni de revêtement praticable séparé et dont l'ensemble du revêtement est collé en plein ou fixé mécaniquement.

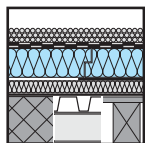


Toiture duo

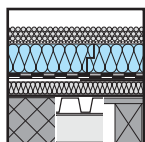
Type de toiture comportant une couche d'isolation sous l'étanchéité et une autre au-dessus. La première sert d'auxiliaire de pose et apporte une contribution à la résistance thermique de la toiture, la seconde correspond à l'isolation thermique d'une toiture inversée.

Pour le calcul de la valeur U, on utilise la norme SN EN ISO 6946. Les systèmes sans justificatif se calculent d'après la norme SIA 380/1, en appliquant un supplément de 30% à la valeur U calculée.

Lors de l'application d'un voile spécial pour toiture inversée swisspor WA en complément du swissporXPS, la valeur corrective est $\Delta U_r = 0$; aucun supplément n'est à prendre en considération.

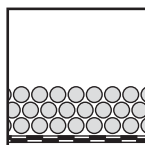
**Toiture doublée**

Type de toiture dans lequel l'étanchéité existante a été renforcée en posant sur le revêtement existant une isolation thermique complémentaire et une nouvelle étanchéité. Ce système est utilisé uniquement dans le cas de rénovations.

**Toiture améliorée**

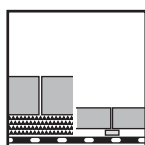
Type de toiture dans lequel on a amélioré les capacités thermiques par l'adjonction d'une isolation thermique sur l'étanchéité existante selon le mode de la toiture inversée. Ce système est uniquement utilisé dans le cas de rénovations.

Il faut prendre en considération le comportement physique de la toiture et notamment le positionnement du point de rosé dans le nouveau complexe d'étanchéité. Il est recommandé, dans le cadre d'une telle rénovation d'améliorer également l'étanchéité existante, par exemple, par la mise en œuvre d'un lé de bitume polymère sur l'étanchéité existante.

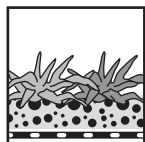
**Couche de protection et de lestage partiellement praticable (accès réservé au contrôle et à l'entretien)**

D'une part, elle protège le toit plat des influences du temps et de l'incendie (couche supérieure incombustible), d'autre part elle sert de lestage contre la succion des vents.

Cette couche est généralement réalisée avec un gravier rond.

**Couche d'usure (praticable)**

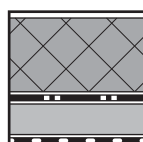
Couche d'usure appliquée sur une surface délimitée par exemple, terrasse en attique, zone de passage ou accès aux installations. Il existe de nombreuses possibilités pour la réalisation de couches d'usure, telles que des pavés, des dallages, des caillbotis de bois, etc.

**Végétalisation extensive partiellement praticable (accès réservé au contrôle et à l'entretien)**

Toiture végétalisée avec des épaisseurs de couche de substrat jusqu'à environ 15 cm et des semis ou plantations qui ne nécessitent qu'un entretien sommaire.

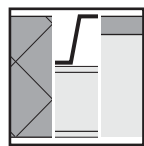
**Végétalisation intensive**

Toiture végétalisée avec des épaisseurs de couche supérieures à 15 cm, espaces verts, plantations d'arbres ou d'arbustes, avec des besoins élevés en entretien. Multiples possibilités de réalisation et d'utilisation intégrant des zones accessibles.

**Revêtement carrossable**

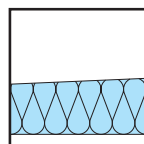
Le revêtement carrossable est constitué de dalles en béton armé, de pavés, d'asphalte coulé ou d'enrobés bitumineux. Ces différentes couches sont soumises à de fortes sollicitations mécaniques pendant les phases de construction et d'utilisation. Elles nécessitent, de ce fait, une couche de protection durable, en liaison avec le système. Ces systèmes liés ou libres sont décrits dans la norme SIA 273 «Etanchéité des surfaces carrossables dans les bâtiments».

Eléments



Support

Structure porteuse de la toiture plate.

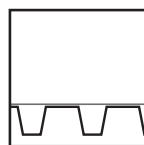


Forme de pente

L'étanchéité dans son état final doit présenter une pente de 1,5 % dans la ligne de pente de la surface, en direction de l'évacuation des eaux. La pente peut être réalisée sur le support ou dans les différentes couches d'isolation thermique par la mise en œuvre d'une isolation à pente intégrée (swissporLAMBDA Roof, swissporEPS Roof ECO, swissporPIR sans parement) (exception : toiture inversée).

Du point de vue technique et économique, il est préférable de choisir l'isolation à pente intégrée. Si la pente est inférieure à 1,5 %, les exceptions figurant à l'article 5.1 de la norme SIA 271 doivent être respectées.

Pour les toits plats avec une pente supérieure à 5 %, respectivement 3°, il peut être nécessaire de prendre des mesures supplémentaires qui empêchent la reptation des différentes couches composant la toiture.



Support auxiliaire

Le support auxiliaire assure, par sa rigidité et sa fonctionnalité, la bonne mise en œuvre des couches supérieures du système d'étanchéité. Il se pose directement sur le support qui ne répondrait pas aux exigences minimales relatives à la surface portante. Spécialement appliqué sur des tôles profilées, il peut se décliner sous la forme de plaques de tôles, de plaques de fibrociment, de panneaux isolants rigides ou autres.

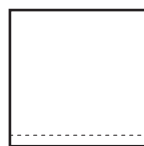


Primer (couche d'imprégnation)

Couche permettant une bonne adhérence des matériaux devant être collés ou soudés sur le support. Par exemple:

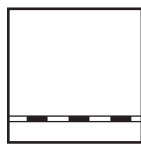
Laque bitumineuse swisspor VS 102: mélange de bitume et de solvants pouvant être mis en œuvre sur des supports en béton, panneaux dérivés du bois, tôles en ferblanterie, parties métalliques, cadres en polyester et similaires.

Emulsion de bitume (swisspor GREEN LINE): bitume finement dispersé dans une solution aqueuse pouvant être mis en œuvre sur des supports en béton, panneaux dérivés du bois et similaires.



Glacis

Couche d'accrochage entre le support et l'étanchéité.

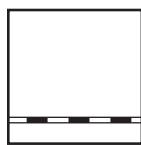


Pare-vapeur

Couche opposant une résistance donnée à la diffusion de vapeur d'eau. Elle est définie par sa résistance à la diffusion Z ou par son épaisseur de couche d'air équivalente s.

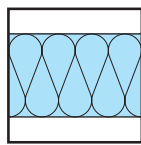
Le pare-vapeur peut servir de mise hors d'eau provisoire pendant l'exécution des travaux de construction (norme SIA 271). Cette couche peut également être utilisée comme étanchéité à l'air pour les constructions légères.

Le choix des matériaux et des produits doit être analysé de façon à répondre aux différentes exigences du point de vue de la physique du bâtiment.



Couche d'étanchéité à l'air

Couche qui garantit que le volume chauffé du bâtiment est hermétiquement et durablement étanche à l'air. Elle doit se trouver du côté chaud de la construction. La position et les caractéristiques de cette couche sont fixées par le concept d'étanchéité à l'air, notamment au droit des raccords.



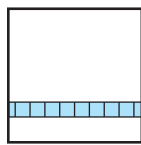
Isolation thermique

Couche de matériau calorifuge qui a pour tâche de garantir, en hiver comme en été, un climat sain et confortable de l'enveloppe chauffée (norme SIA 180). En outre, la couche d'isolation permet de réduire la consommation d'énergie pour le chauffage des locaux (lois d'énergie cantonales, norme 380/1 SIA).

Les matériaux et leur mise en œuvre doivent correspondre aux exigences techniques et répondre à l'usage des différents éléments de construction.

Le coefficient de transmission thermique $U \text{ W/(m}^2\text{K)}$ est directement influencé par le choix des matériaux isolants.

Les alternatives disponibles sont présentées dans les modèles de construction et documents de planification.

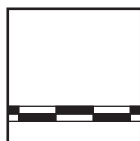


Couche d'isolation contre les bruits de choc

Pour assurer l'affaiblissement des bruits de choc en fonction des exigences et de la nature de la construction, particulièrement si le toit est praticable, la mise en place d'une couche d'isolation phonique adaptée est nécessaire.

Les panneaux d'isolation phonique en polystyrène élastifié (swissporEPS-T et / ou swisspor Roll EPS-T) ou en laine minérale (swissporGLASS PS 81 resp. swisspor Roll LAMBDA-T resp. swissporGLASS Roll-T) peuvent être facilement posés sous la couche d'isolation thermique.

Les couches d'isolation phonique, composées de tapis en granulés de caoutchouc, ou autres, sont adaptées à la pose sur l'étanchéité en cas de toiture inversée.

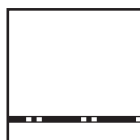
**Etanchéité**

Couche étanche simple ou multiple protégeant le bâtiment de l'eau de pluie, de la neige et de l'eau de fonte.

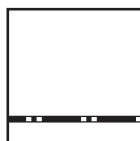
On peut utiliser des lés d'étanchéité de bitume polymère élastomères en une ou plusieurs couches, en règle générale en deux couches.

Les systèmes swissporBIKUTOP LL ont été conçus spécialement pour des exigences élevées avec des performances se situant nettement au-dessus des exigences de la norme SIA 271.

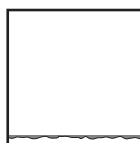
Les alternatives disponibles sont présentées dans les modèles de construction de ce document de planification.

**Couche de séparation**

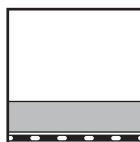
Couche séparant durablement deux matériaux superposés. Il s'agit fréquemment d'une combinaison avec une couche de séparation comme deuxième implantation se composant de swissporBIKUTEC V60, de film PE/PP/PET, de voile de verre / de fibres de verre ou autres.

**Couche de glissement**

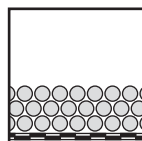
Couche permettant à deux matériaux superposés de glisser sans s'altérer. Il s'agit fréquemment d'une combinaison avec une couche de séparation comme deuxième implantation se composant de swissporBIKUTEC V60, de film PE/PP/PET, de voile de verre / de fibres de verre ou autres.

**Couche d'égalisation**

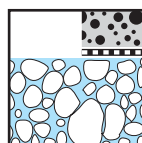
Couche permettant d'égaler les irrégularités du support. Elle peut se composer de voile PP, de granulés de bitume, d'étanchéité synthétique liquide 2K, ou de masse bitumineuse coulée.

**Couche de protection**

Couche généralement mise en œuvre sur l'étanchéité protégeant la toiture des possibles dégâts mécaniques. La couche de protection peut également être mise en œuvre en phase de construction de la toiture plate de façon à protéger les parties construites telles que pieds d'échafaudages, parties praticables, installations provisoires, etc. Elle peut être constituée de natte de polypropylène, de natte de caoutchouc recyclé, de lé en TPO, de gravier rond, etc.

**Couche de lestage**

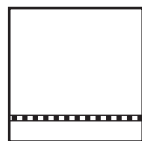
Couche lourde composée généralement de gravier rond permettant de lester la toiture contre les influences des vents. Dans les bords de toitures, le gravier est généralement remplacé par des dalles en ciment qui résistent mieux à la succion des vents.

**Couche drainante**

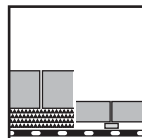
Couche permettant à l'eau de pluie ou d'infiltration de s'écouler sans encombre. La couche drainante peut se composer de gravier rond, de nattes drainantes, de plaques drainantes (swissporEPS) ou d'autres systèmes.

Pour les toitures avec une végétalisation extensive, les couches drainantes peuvent également servir de couche de rétention (swissporEPS Panneau de rétention d'eau).

Pour les toitures carrossables avec revêtement en pavés, une couche drainante est mise en œuvre sous le lit de gravier.

**Couche filtrante**

Couche intermédiaire permettant de protéger les couches inférieures des éléments telles que les poussières polluantes, les fines particules provenant de la couche de protection ou du substrat de la toiture végétalisée. La couche filtrante peut se composer de feutre ou d'une natte en polypropylène. Pour les toitures inversées, il est nécessaire d'utiliser une couche filtrante ouverte à la diffusion comme par exemple le swisspor voile spécial WA.

**Couche d'usure**

Couche permettant l'utilisation requise. Les matériaux, les mesures et l'exécution sont définis en fonction de l'utilisation souhaitée de la toiture. Par exemple: revêtement praticable, installations, revêtement carrossable / parking.

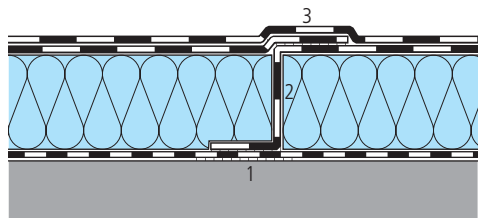
**Couche de végétalisation**

Couche supérieure de la toiture constituée de parties minérales et organiques permettant la croissance des plantes.

La couche de végétalisation sert également de couche de protection et de lestage.

Compartimentage

Subdivision d'une surface d'étanchéité en plusieurs parties afin de limiter les dégâts en cas d'infiltration d'eau.



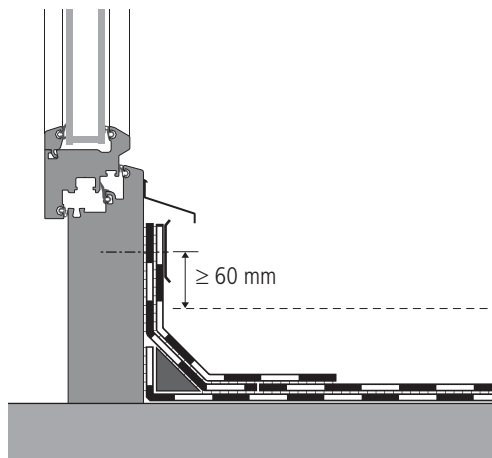
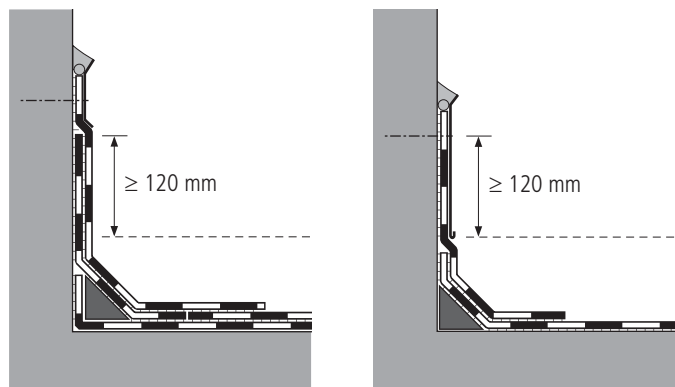
- 1 Le pare-vapeur doit être collé ou soudé en pleine surface dans la zone du compartimentage de façon à éviter toute infiltration.
- 2 L'étanchéité doit être raccordée au pare-vapeur de façon à cloisonner les différentes parties de manière étanche.
- 3 L'étanchéité doit être mise en œuvre de la même manière que pour un système lié.

Raccords et fermetures de bords

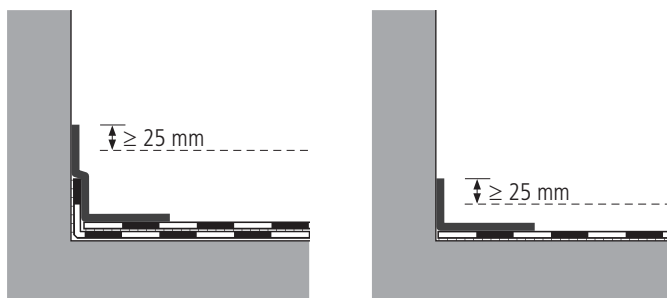
Les raccords représentent toutes les liaisons de l'étanchéité aux autres éléments (raccordement aux murs). Les fermetures de bords représentent les terminaisons formant la fin de l'étanchéité à la limite de l'édifice (bord de toit).

Si des couches d'isolation et / ou d'usure plus épaisses sont construites, il est, en règle générale, nécessaire de planifier de nouveaux raccords et fermetures de bords. Ils doivent être conçus et réalisés de telle sorte qu'aucune eau de pluie, pluie battante, eau de fonte (neige) ne puisse s'infiltrer (empêcher l'eau de passer et de déborder).

Raccord en délimitation ouverte vers le haut : jusqu'à la hauteur de déversement les raccords et fermetures doivent être réalisés avec la même qualité de matériaux de construction que ceux de la surface de toiture. Au-dessus de cette hauteur, l'étanchéité peut être réalisée en une seule couche pour autant qu'elle présente une épaisseur minimale de 5 mm.



Raccord en délimitation fermée vers le haut : les raccords ou fermetures de bords doivent toujours se terminer 25 mm au-dessus de la couche d'usure. Si la délimitation fermée se termine en dessous du revêtement praticable, le support doit assurer l'étanchéité jusqu'à la hauteur de déversement.



Les raccords et fermetures de bords des systèmes d'étanchéités "swissporBIKUTOP" peuvent être réalisés dans les règles de l'art grâce aux résines spécialement adaptées «swissporBIKUCOAT-PUR»:

- fixation durable et étanche des raccords
- applicable sur différents supports
- mise en œuvre en une seule étape de travail
- sans avoir à percer, visser, mastiquer
- de manière simple et rationnelle

Rénovation de toit plat

Par rénovation, il faut comprendre le renouvellement partiel ou le renforcement d'une toiture plate existante. Il s'agit, en fait, de changer et / ou de compléter les différentes couches de façon partielle ou sur toute la surface de la toiture ainsi que les couches annexes, les raccords et fermetures de bords.

Le but est d'entreprendre à temps les mesures de rénovation, c'est-à-dire à un moment où le toit plat est encore en bon état. Ceci peut également permettre la réutilisation partielle de certains composants restés intacts.

Les tâches relatives à la planification et à l'exécution devront être considérées de la même façon que pour l'exécution d'une toiture neuve. Ce point doit particulièrement être respecté en ce qui concerne l'étude du système de toiture, l'évacuation des eaux, la compatibilité des matériaux, les raccords et fermetures de bords, la compatibilité entre les couches existantes et les nouvelles couches.

Raison d'une rénovation de toit plat

Dans la pratique, les raisons nécessitant une rénovation sont, la plupart du temps, très différentes:

- Le toit plat a atteint sa limite d'âge ou sa limite d'utilisation et doit être remplacé avant que sa capacité de fonctionnement ne soit plus garantie.
- Le toit plat est défectueux, s'il ne présente plus des conditions minimales d'utilisation, si des matériaux de sa structure sont devenus inadaptés ou s'il présente un entretien défectueux.
- Le toit plat ne remplit plus les exigences de protection thermique en vigueur.
- Le toit plat est transformé, par exemple, avec la pose d'une toiture végétalisée qui représente une plus-value écologique.
- Des éléments avoisinants le toit plat sont remplacés.

Evaluation d'un toit plat existant

Lors d'une rénovation de toiture plate, il faut considérer l'élément bâti et l'intégrer dans la planification. Pour que les mesures de rénovation débouchent sur un assainissement abouti, il est essentiel:

- de disposer de la totalité des informations sur la structure du toit plat existant ainsi que sur les principaux raccordements et fermetures de bords.
- d'avoir une idée claire du but poursuivi et de la mise en œuvre des mesures prévues.
- que la planification et les mesures adéquates soient exécutées par des spécialistes.

Si des dégâts ont été constatés, il est important d'en connaître la raison (points faibles en l'état) afin de pouvoir prendre les décisions de rénovation correctes.

Des sondages ponctuels en différents endroits de la toiture plate permettent de contrôler et de constater visuellement l'état des différentes couches. L'analyse des matériaux peut également être réalisée suite aux sondages comme le taux d'humidité de la couche d'isolation. Les plans et documents disponibles doivent également être consultés. Il faut également considérer si les couches existantes peuvent être incluses dans le concept de rénovation, notamment évaluer si:

- l'étanchéité est encore en bon état de fonctionnement principalement au droit des raccords et fermetures de bords?
- la couche d'isolation est sèche, sur toute son étendue ou partiellement? (recommandation selon la norme SIA 271 : taux d'humidité $\leq 5\%$ vol., quantité maximale d'eau contenue $\leq 2000\text{ g/m}^2$)
- l'épaisseur de l'isolation thermique correspond aux prescriptions en vigueur?
- le pare-vapeur est en bon état, sa résistance à la diffusion de vapeur d'eau permet-elle de réaliser la rénovation dans le concept planifié?
- des traces d'infiltrations d'eau ont-elles été constatées?
- les pentes sont-elles suffisantes?
- la structure porteuse est-elle adaptée en vue des mesures de rénovation et / ou d'une éventuelle transformation (par exemple: la statique de la structure porteuse)?
- les composants avoisinants (balustrades, façades, fenêtres et éclairages zénithaux, constructions, etc.) sont-ils en parfait état ou ont-ils également besoin d'être réparés et dans ce cas dans quelle mesure cela influence-t-il le concept de rénovation?

Planification et évaluation

Ci-dessous, les noms et définitions utilisés pour les différents «Éléments du toit plat».

Structure porteuse/support

La résistance à la charge et la stabilité doivent être garanties en prenant en compte le système de toit, l'utilisation et la position du bâtiment. Si, par exemple, des parties des constructions en bois sont pourries ou des parties métalliques sont corrodées, l'origine de ces défauts doit être déterminée et les défauts doivent être éliminés.

En cas de pente manquante ou insuffisante dans la structure porteuse, respectivement dans le support, il convient d'installer une isolation avec pente intégrée (swissporLAMBDA Roof, swissporEPS Roof ECO, swissporPIR).

Si le bâtiment est équipé de joints de dilatation, il faut vérifier leurs caractéristiques et faire en sorte que ceux-ci soient reportés dans les différentes couches du toit plat. Avec la bande de dilatation swissporBIKUTOP LL DILA WF, il est possible, par exemple, de prendre en compte les mouvements nécessaires. Les déformations des joints dues aux différents mouvements, doivent être sécurisées. La bande de pontage de joints swissporBIKUTOP DILATAPE permet ce genre de réalisation.

Les dilatations et mouvements dans la zone des relevés de bords doivent être compensés par une construction auxiliaire adaptée.

Pare-vapeur

De par la transformation des espaces intérieurs (par exemple: modification des conditions climatiques des locaux) et / ou du toit plat (par exemple: toiture végétalisée) les exigences relatives au pare-vapeur changent du tout au tout. Les justificatifs correspondants à la physique du bâtiment sont éventuellement nécessaires.

Si le pare-vapeur assure également la fonction d'étanchéité à l'air, ce qui est la règle pour les constructions avec structures porteuses légères, tel que les tôles profilées, les lambris de bois et similaires, l'emplacement, la mise en place et les raccords du pare-vapeur et de la couche d'étanchéité à l'air doivent être spécialement planifiés et exécutés (concept d'étanchéité à l'air).

Isolation thermique

Il vaut la peine, dans chaque cas, d'évaluer les retombées d'une amélioration énergétique du toit plat, par exemple par l'installation d'une couche d'isolation supplémentaire; cette amélioration peut contribuer à faire de considérables économies d'énergie. Lors de toute nouvelle conception de toit plat, les prescriptions en vigueur doivent être prises en considération.

Protection thermique en hiver:

Coefficient de transmission thermique statique maximum U_{max}

Protection thermique en été:

Coefficient de transmission thermique dynamique maximum $U_{24, max}$

Etanchéité

L'étanchéité représente la fonction la plus importante du toit plat. Une pose en deux couches (pose normalisée en deux couches sur les matériaux isolants pour les LBP) ainsi que les nouvelles technologies permettant de réaliser des lés de bitume polymère qualitativement supérieurs, permettent d'obtenir un niveau de sécurité supérieur.

Les lés d'étanchéité de bitume polymère «swissporBIKUTOP LL» se caractérisent par un niveau de performance nettement plus élevé par rapport aux exigences requises dans la norme SIA 271, annexe A (normatif).

Exemples:

- Comportement à la flexion à basse température (pliage à froid de la masse de bitume) selon la norme SN EN 1109 en tant que caractéristique technique essentielle:
Exigence de la norme SIA 271 $\leq -10^{\circ} \text{C}$
swissporBIKUTOP LL $\leq -20^{\circ} \text{C}$

Systèmes de rénovation

Renouvellement de l'étanchéité sans amélioration thermique.

Selon l'état et les matériaux d'étanchéité utilisés, les deux variantes suivantes sont bien adaptées pour une rénovation correcte:

Etanchéité en une seule couche avec swissporBIKUTOP LL RENO

Conditions:

- Le toit plat actuel est encore en parfait état.
- L'étanchéité existante en lés de bitume ne présente aucun défaut conséquent que ce soit sous la forme de fissurations, délitement, formation de cratères, éléments polluants, etc. (nous recommandons de faire évaluer le toit par un expert).
- La toiture peut être lestée par du gravier rond ou rester nue.

Une rénovation, permettant une nouvelle affectation de la toiture comme pour une zone praticable ou carrossable, sera de préférence réalisée en système d'étanchéité bicouche.

Etanchéité en deux couches avec couche inférieure swissporBIKUPLAN LL et couche supérieure swissporBIKUTOP LL

Conditions:

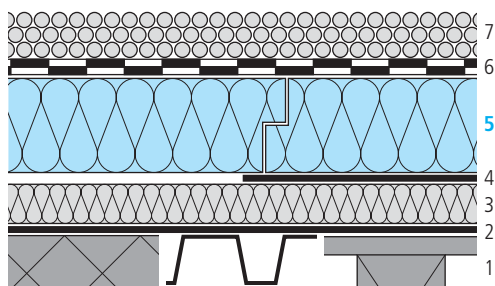
- Le toit plat actuel est encore en parfait état.
- Mise en œuvre possible sur une étanchéité existante en lés de bitume ou, sous réserve, en lés synthétiques.
- La surface d'étanchéité existante doit être exempte de tension et de plis.
- En règle générale, une couche de glissement et de séparation doit être mise en œuvre entre l'étanchéité existante et la nouvelle étanchéité swissporBIKUPLAN LL VARIO, avec feuille de glissement sur la face inférieure.
- Adaptation des couches d'usure et de lestage et / ou spécialement en rapport avec des transformations de toit.
- Sous les toitures végétalisées, il est nécessaire d'appliquer comme couche supérieure un lé résistant aux racines (par ex. swissporBIKUTOP LL PLATINUM).

Renouvellement de l'étanchéité et amélioration thermique dans le système de la toiture double

Conditions:

- Le toit plat actuel comporte une épaisseur d'isolation thermique insuffisante, cependant elle est en parfait état et sèche.
- Du fait de la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire, les raccords et fermetures de bords doivent être adaptés aux nouvelles données (rehausser l'acrotère, délimitations fermées vers le haut sur les raccords).

Les propositions de matériel, le choix des produits et du traitement sont mentionnés dans les fiches techniques des composants « Systèmes swisspor pour rénovations – Toiture doublée sur toiture plate existante ».



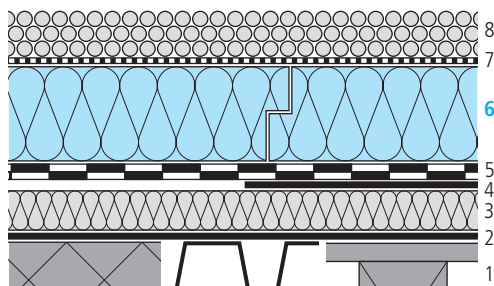
- 1 Support en pente $\geq 1.5\%$ ou exception selon la norme SIA 271
- 2 Pare-vapeur existant
- 3 Isolation existante, sèche
- 4 Etanchéité existante avec surface propre (nettoyée)
- 5 Couche d'isolation supplémentaire, par exemple: swissporLAMBDA Roof, swissporEPS Roof ECO, swissporPIR Voile, swissporPIR Alu ou swissporPIR Premium, éventuellement isolation avec pente intégrée
- 6 Nouvelle étanchéité posée en deux couches, système swissporBIKUTOP LL
- 7 Couche de protection, de lestage ou d'usure

Renouvellement de l'étanchéité et amélioration thermique dans le système de toiture

Conditions:

- Le toit plat actuel comporte une épaisseur d'isolation thermique insuffisante, cependant elle est en parfait état et sèche.
- Du fait de la mise en œuvre d'une isolation thermique complémentaire, les raccords et fermetures de bords doivent être adaptés aux nouvelles données (rehausser l'acrotère, délimitations fermées vers le haut sur les raccords).

Les propositions de matériel, le choix des produits et du traitement sont mentionnés dans les fiches techniques des composants « Systèmes swisspor pour rénovations – Toiture doublée sur toiture plate existante ».



- 1 Support en pente $\geq 1.5\%$ ou exception selon la norme SIA 271, 5.1.2 «Une contre pente n'est pas autorisée pour les toitures avec isolation thermique posée au-dessus de l'étanchéité».
- 2 Pare-vapeur existant
- 3 Isolation existante, sèche
- 4 Etanchéité existante avec surface propre (nettoyée)
- 5 Nouvelle étanchéité posée en une ou deux couches, système swissporBIKUTOP LL
- 6 Couche d'isolation supplémentaire en panneaux de mousse dure de polystyrène extrudée avec battues et surface lisse (swissporXPS 300 SF)
- 7 Voile non tissée étanche à l'eau et ouvert à la diffusion
- 8 Couche de protection, de lestage ou d'usure

Rénovation partielle

Si une partie seulement de la surface nécessite une rénovation, il est judicieux de séparer la surface neuve de l'ancienne par un compartimentage. La surface partielle récemment rénovée est ainsi protégée d'un dégât indirect, par exemple causé par des infiltrations d'eau dans la partie ancienne et non rénovée du toit plat.

Normes, recommandations, prescriptions

Constructions/norme relative

- Norme SIA 270 «Étanchéité et évacuation des eaux - Bases générales et délimitations» (édition 2014)
- Norme SIA 271 «L'étanchéité des bâtiments» (édition 2007)
- Norme SIA 272 «Étanchéité et évacuation des eaux des ouvrages enterrés» (édition 2009)
- Norme SIA 273 «Étanchéité des surfaces carrossables des immeubles» (édition 2008)
- Norme SIA 274 «Étanchéité des joints dans la construction - Conception et exécution» (édition 2010)
- Norme SIA 312 «Végétalisation de toitures» (édition 2013)
- Norme SIA 318 «Aménagements extérieurs» (édition 2009)
- Documentation SIA D 0188 «Vent»
- Brochure swisspor «Détails de raccordements pour toits plats»

Groupements spécialisés / institutions / publications

- PAVIDENSA étanchéités revêtements suisse, 3001 Berne, www.pavidensa.ch
- Enveloppe des édifices Suisse, 9240 Uzwil, www.edifices-suisse.ch
- Enveloppe des édifices Suisse «Directive de la norme SIA 271» (édition 2011)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «La sécurité contre les chutes sur les toits plats» (édition 2014)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Protection des toits plats en bois contre l'humidité» (édition 2007)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Avants-toits en bois» (édition 2012)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Raccordements en étanchéité liquide sur la toiture plate» (édition 2012)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Garde-corps sur toits plats» (édition 2016)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Façon des angles en bitume TP» (édition 2007)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Montage d'installations photovoltaïques (PV) et thermosolaires (TS) sur les toits plats» (édition 2018)
- Fiche technique enveloppe des édifices Suisse «Protection thermique d'été» (édition 2012)
- Association suisse et liechtensteinoise de la technique du bâtiment (suissetec) 8021 Zürich, www.suissetec.ch
- suissetec Directive «Evacuation des eaux de toiture » (édition 2016)
- Association suisse des spécialistes du verdissement des édifices ASVE, 3604 Thun, www.sfg-gruen.ch
- ASVE «Végétalisation des édifices»
- ASVE «Directive 1: Gestion de l'eau et végétation »
- ASVE «Directive 2: Attribution d'un label et bilan écologique »