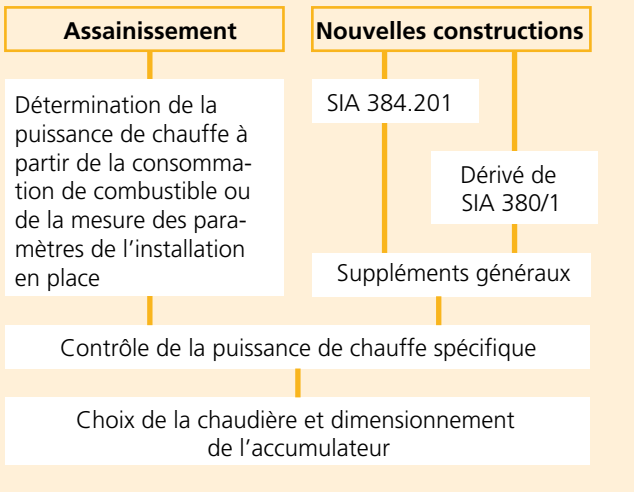
DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU GÉNÉRATEUR DE CHALEUR

1 MARCHE À SUIVRE

Un dimensionnement correct des installations de chauffage est essentiel pour l'utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments. Le schéma montre la démarche à adopter, de la détermination de la puissance de chauffe à installer au choix de la chaudière.

Marche à suivre pour le dimensionnement



2 DÉTERMINATION DES DÉPERDITIONS CALORIFIQUES DE BASE LORS D'ASSAINISSEMENTS

Une description détaillée de la détermination de la puissance du générateur de chaleur est fournie dans la norme SIA 384/1 [1].

2.1 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU GÉNÉRATEUR DE CHALEUR RÉSULTANT DE LA CONSOMMATION DE COMBUSTIBLES

La détermination de la puissance du générateur de chaleur d'habitations de petite taille traditionnelles (c'est-à-dire bénéficiant d'une isolation thermique médiocre, d'une faible proportion de fenêtres et d'une orientation non marquée au sud), qui présentent un besoin en puissance de chauffe total allant jusqu'à 100 kW, peut généralement s'effectuer avec une précision suffisante sur la base de la consommation antérieure.

La puissance nécessaire du générateur de chaleur de remplacement est la suivante:

$$\Phi_{gen,out,new} = (m_{an} \cdot GCV / t_{an}) \cdot (\eta_{an,old} / \eta_{an,new}) \cdot \eta_{gen,new}$$

$\Phi_{gen,out,new}$	Puissance du producteur de chaleur de remplacement, en kW
m_{an}	Consommation annuelle de combustible moyennée sur plusieurs années, en kg (ou m³ ou l)
GCV	Pouvoir calorifique supérieur («Gross Calorific Value»), en kWh/kg (ou kWh/m3 ou kWh/l)
t_{an}	Durée à pleine charge sur l'année du générateur de chaleur de remplacement, en h
$\eta_{an,old}$	Rendement annuel jusqu'à présent (par rapport au pouvoir calorifique supérieur)
$\eta_{an,new}$	Rendement annuel du producteur de chaleur de remplacement (par rapport au pouvoir calorifique supérieur)
$\eta_{gen,new}$	Rendement du producteur de chaleur (par rapport au pouvoir calorifique supérieur)

Le rendement du producteur de chaleur peut être assimilé ici à:

$$\eta_{gen,new} \approx 0{,}5 \cdot (1 + \eta_{an,new})$$

Remarque: La formule ci-dessus permettant de déterminer la production de chaleur ne s'applique qu'aux systèmes de substitution. Les données provenant de différents systèmes ne doivent pas être mélangées. Lors de la modification du système de production de chaleur, il n'est possible de choisir correctement un générateur de chaleur de substitution uniquement après avoir déterminé un système de substitution équivalent. L'utilisation correcte de la formule est présentée dans les chapitres 2.1.1 – 2.1.6 à l'aide de plusieurs exemples. Les chiffres en pour cent doivent être insérés dans la formule sous forme de décimales (p. ex. 0,80 pour 80 %).

A des altitudes standard jusqu'à 800 m, la durée à pleine charge sur l'année tan peut être définie selon la règle simplifiée suivante:

- 2300 h pour les générateurs de chaleur servant au chauffage,
- 2700 h pour les générateurs de chaleur servant au chauffage et à la production d'eau chaude.

A des altitudes supérieures à 800 m, la durée à pleine charge doit être augmentée de 300 h.

2.2 CHAUFFAGE À BÛCHES DE BOIS [6]

Pouvoir calorifique supérieur GCV des bûches de bois séche à l'air[1)]	
Bois tendre [2)]	1800 kWh/stère [4)]
Bois dur [3)]	2500 kWh/stère

[1)] Ne pas brûler du bois frais provenant de la forêt! Sa combustion produit trop d'émissions et les chaudières utilisent moins bien l'énergie. Le bois séché à l'air (2 ans) contient 15 à 20 % d'eau.
[2)] Bois tendre: p. ex. épicéa, sapin, pin, mélèze, peuplier ou saule
[3)] Bois dur: p. ex. chêne, hêtre, frêne, érable, bouleau, orme, châtaignier, charme, noisetier, noyer ou merisier
[4)] Stère: Pile de bûches de bois rondes d'une longueur d'un mètre, d'un mètre de haut et un mètre de large.

Rendement annuel η_{an}	
Nouvelles chaudières	65 % à 75 %
Anciennes chaudières	45 % à 65 %

Exemple de calcul

Une maison familiale à Adelboden (1250 m) avec production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude
Durée à pleine charge tan = 3000 h/a
Consommation de bois (bois dur séché à l'air) man= 18 st/a
Pouvoir calorifique GCV = 2500 kWh/stère
Rendement annuel $\eta_{an,new}$ = 70 %, $\eta_{an,old}$ = 55 %
Rendement du producteur de chaleur $\eta_{gen,new} \approx 0{,}5 \cdot (1 + \eta_{an,new})$ = 85 %

$$\Phi_{gen,out,new} = (m_{an} \cdot GCV / t_{an}) \cdot (\eta_{an,old} / \eta_{an,new}) \cdot \eta_{gen,new}$$
$$= (18 \cdot 2500 / 3000) \cdot (0{,}55 / 0{,}70) \cdot 0{,}85 = 10{,}0 \text{ kW}$$

2.3 CHAUFFAGE À PLAQUETTES DE BOIS [6]

Pouvoir calorifique GCV des plaquettes de bois			
	Teneur en eau %	Densité en vrac kg/m³ Pl [1)]	Pouvoir calorifique supérieur GCV kWh/m³ Pl
Bois tendre	30	160 à 230	750 à 900
Bois dur	30	250 à 330	1000 à 1250

[1)] Un mètre cube de plaquettes de bois en vrac [m³Pl].

Rendement annuel η_{an}	
Nouvelles chaudières [1)]	de 65 % à 75 %
Anciennes chaudières	de 45 % à 65 %

[1)] Le rendement ne s'applique pas aux générateurs de chaleur à condensation

Exemple de calcul

Un immeuble locatif à Bâle avec production de chaleur pour le chauffage sans eau chaude
Heures à pleine charge t_{an} = 2300 h/a
Consommation de plaquettes (bois tendre, teneur en eau 30 %) = 400 m3Pl/a
Pouvoir calorifique GCV = 800 kWh/m3Pl
Rendement annuel $\eta_{an,new}$ = 70 %, $\eta_{an,old}$ = 55 %
Rendement du producteur de chaleur $\eta_{gen,new} \approx 0{,}5 \cdot (1 + \eta_{an,new})$ = 85 %

$$\Phi_{gen,out,new} = (m_{an} \cdot GCV / t_{an}) \cdot (\eta_{an,old} / \eta_{an,new}) \cdot \eta_{gen,new}$$
$$= (400 \cdot 800 / 2300) \cdot (0{,}55 / 0{,}70) \cdot 0{,}85 = 93 \text{ kW}$$

2.4 CHAUFFAGE À PELLETS OU GRANULÉS AU BOIS

Pouvoir calorifique GCV pellets	5,2 à 5,5 kWh/kg

Rendement annuel η_{an}	
Nouvelles et anciennes chaudières	65 % à 75 %

Exemple de calcul

Un immeuble locatif à Bâle avec production de chaleur pour le chauffage sans eau chaude
Heures à pleine charge t_{an} = 2300 h/a
Consommation de pellets = 3200 kg/a
Pouvoir calorifique GCV = 5,4 kWh/kg
Rendement annuel $\eta_{an,new}$ = 70 % , $\eta_{an,old}$ = 60 %
Rendement du producteur de chaleur $\eta_{gen,new} \approx 0{,}5 \cdot (1 + \eta_{an,new})$ = 85 %

$$\Phi_{gen,out,new} = (m_{an} \cdot GCV / t_{an}) \cdot (\eta_{an,old} / \eta_{an,new}) \cdot \eta_{gen,new}$$
$$= (3200 \cdot 5{,}4 / 2300) \cdot (0{,}6 / 0{,}70) \cdot 0{,}85 = 5{,}5 \text{ kW}$$

2.5 CHAUFFAGE AU MAZOUT

Pouvoir calorifique GCV pour le mazout	
Mazout EL	10,5 kWh/l

Rendement annuel η_{an}	
Nouvelles chaudières (à condensation)	85 % à 95 %
Anciennes chaudières (pas à condensation)	75 % à 80 %

Exemple de calcul

Une maison familiale à Zurich avec production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude

Heures à pleine charge t_{an} = 2700 h/a

Consommation de mazout = 2000 l/a

Pouvoir calorifique GCV = 10,5 kWh/l

Rendement annuel $\eta_{an,new}$ = 90 %, $\eta_{an,old}$ = 78 %

Rendement du producteur de chaleur $\eta_{gen,new} \approx 0{,}5 \cdot (1 + \eta_{an,new})$ = 95 %

$$\Phi_{gen,out,new} = (m_{an} \cdot GCV / t_{an}) \cdot (\eta_{an,old} / \eta_{an,new}) \cdot \eta_{gen,new}$$
$$= (2000 \cdot 10{,}5 / 2700) \cdot (0{,}78/0{,}90) \cdot 0{,}95 = 6{,}4 \text{ kW}$$

2.6 CHAUFFAGE AU GAZ

Pouvoir calorifique GCV pour le gaz	
Gaz naturel	10,4 kWh/m³ [1)]

[1)] Le pouvoir calorifique mentionné est valable pour 0,98 bar, 15 °C (Plateau suisse) et se rapporte aux mètres cubes d'exploitation tels qu'affichés sur le compteur de gaz.

Rendement annuel η_{an}	
Nouvelles chaudières (à condensation)	85 % à 95 %
Anciennes chaudières (pas à condensation)	80 % à 85 %

Exemple de calcul

Un immeuble locatif à Berne avec production de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude

Heures à pleine charge t_{an} = 2700 h/a

Consommation de gaz = 6000 m³

Pouvoir calorifique GCV = 10,4 kWh/m³

Rendement annuel $\eta_{an,new}$ = 90 % , $\eta_{an,old}$ = 82 %

Rendement du producteur de chaleur $\eta_{gen,new} \approx 0{,}5 \cdot (1 + \eta_{an,new})$ = 95 %

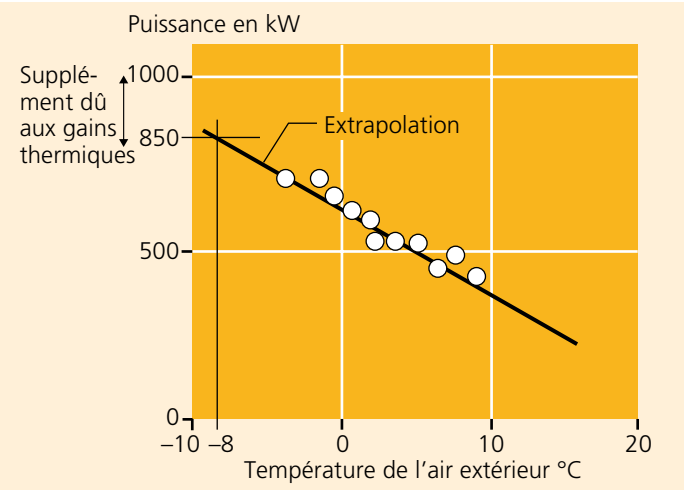
$$\Phi_{gen,out,new} = (m_{an} \cdot GCV / t_{an}) \cdot (\eta_{an,old} / \eta_{an,new}) \cdot \eta_{gen,new}$$
$$= (6000 \cdot 10{,}4 / 2700) \cdot (0{,}82 / 0{,}90) \cdot 0{,}95 = 20 \text{ kW}$$

2.7 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU GÉNÉRATEUR DE CHALEUR AU MOYEN DE LA COURBE CARACTÉRISTIQUE DE PUISSANCE MESURÉE

Les mesures effectuées sur l'ancienne installation encore en fonctionnement donnent des indications différenciées pour le dimensionnement de nouveaux générateurs de chaleur. La procédure est décrite dans SIA 384/1, paragraphe 4.3.7.

Des mesures sont nécessaires:

- dans le cas d'habitations ne correspondant pas aux critères précités (p. ex. habitations très bien isolées ou possédant un grand nombre de fenêtres),
- en général, dans le cas d'autres utilisations,
- lorsque le générateur de chaleur de remplacement exige une précision élevée. Les mesures effectuées sur l'ancien système de production de chaleur devraient s'étendre sur deux mois d'hiver environ. Les puissances de combustion moyennes (p. ex. valeurs moyennes journalières) sont reportées en fonction de la température extérieure. Par interpolation ou extrapolation avec les droites de régression (courbe caractéristique de puissance), on détermine la puissance moyenne du générateur de chaleur pour la température extérieure de base. Etant donné que des gains thermiques solaires sont la plupart du temps pris en compte dans la mesure, la valeur déterminée est augmentée d'environ 15 %.



Courbe caractéristique de puissance issue d'une mesure (exemple)

3 CALCUL DES DÉPERDITIONS CALORIFIQUES DE BASE DANS LES NOUVELLES CONSTRUCTIONS

3.1 DÉPERDITIONS CALORIFIQUES DE BASE SUIVANT SIA 384. 201 [2]

La procédure de calcul des déperditions calorifiques de base suivant SIA 384.201 est employée pour les nouvelles constructions ou les assainissements importants des installations thermiques dans des bâtiments. Cette procédure implique la détermination des déperditions calorifiques de base dans chacune des pièces chauffées. Ce calcul est indispensable pour le dimensionnement du système de diffusion de chaleur (chauffage au sol, corps de chauffe, système à éléments thermoactifs, chauffage à air chaud). Les déperditions calorifiques de base pour l'ensemble du bâtiment sont déterminées à partir des déperditions calorifiques pour chacune des pièces.

Méthode de calcul

- Détermination de la température extérieure standard.
- Détermination des valeurs pour la température intérieure standard de chaque pièce chauffée.

- Calcul des déperditions par transmission standard.
- Addition des déperditions par transmission standard de toutes les pièces chauffées sans tenir compte du flux de chaleur entre les pièces chauffées. On obtient alors les déperditions par transmission à prendre en compte dans le dimensionnement pour l'ensemble du bâtiment.
- Calcul du coefficient des déperditions par ventilation standard. Ce coefficient est multiplié par la différence de température standard pour obtenir les déperditions par ventilation standard.
- Addition des déperditions par ventilation standard de toutes les pièces chauffées. On obtient alors les déperditions par ventilation à prendre en considération dans le dimensionnement pour l'ensemble du bâtiment.
- Calcul de la puissance de chauffage du bâtiment (en W) en tenant compte de facteurs de correction, en particulier pour l'aération.

3.2 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU SYSTÈME DE PRODUCTION DE CHALEUR CONFORMÉMENT À SIA 384/1 [1]

La puissance des générateurs de chaleur est déterminée selon la norme SIA 384/1. Ceux-ci doivent être dimensionnés de telle manière que les déperditions calorifiques de base ainsi que le besoin en puissance thermique de l'installation de production d'eau chaude sanitaire et des systèmes associés puissent être couverts.
La puissance devant être fournie par le système de production de chaleur est calculée comme suit:

$$\Phi_{gen,out} = \Phi_{HL} + \Phi_{W} + \Phi_{AS}$$

$\Phi_{gen,out}$	Puissance du générateur de chaleur, en kW
Φ_{HL}	Déperditions calorifiques de base selon SIA 384.2, kW
Φ_{W}	Puissance pour la production d'eau chaude sanitaire, kW
Φ_{AS}	Puissance des systèmes associés (p. ex. installations de ventilation, chaleur industrielle), en kW

Pour déterminer les parts de puissance du chauffage et de l'eau chaude, on se base sur une observation à la journée, lors du dimensionnement (température extérieure standard). Pour les installations auxquelles sont associés d'autres systèmes, une observation moins longue ou l'analyse d'un autre jour de référence peut s'avérer nécessaire.

Besoin en puissance de chauffe des nouvelles constructions

En règle générale, aucun supplément aux déperditions calorifiques de base selon SIA 384.201 n'est nécessaire. Dans les immeubles d'habitation, en présence de basses températures extérieures, il convient de ne pas réduire la température ambiante. Lorsque, dans les immeubles de bureaux, en présence de basses températures extérieures, on réalise un abaissement de la température ambiante, une remise en marche précoce du chauffage (tant que les déperditions de chaleur par ventilation restent plus importantes que celles calculées pour les déperditions calorifiques de base) doit ramener la température ambiante à sa valeur de consigne.
Les déperditions de la distribution de chaleur doivent en principe être ajoutées aux déperditions calorifiques de base; lorsque le bâtiment dispose d'une bonne isolation thermique, elles sont toutefois négligeables. Une partie des déperditions bénéficie à la zone chauffée du bâtiment. Ainsi, seules les déperditions à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment sont déterminantes.

Besoin en puissance pour la production d'eau chaude sanitaire dans les nouvelles constructions

Pour la production d'eau chaude sanitaire, la puissance du générateur de chaleur doit être accrue. Celle-ci dépend du besoin en eau chaude, des déperditions de l'alimentation en eau chaude et de l'accumulateur.
Lorsqu'un même générateur de chaleur assure la production d'eau chaude et le chauffage, seules les déperditions à l'extérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment doivent être prises en compte.
Lors du dimensionnement, on ne se base pas sur la consommation de pointe rarement atteinte. Dans les immeubles d'habitation et de bureaux, on peut utiliser comme valeur indicative la puissance supplémentaire suivante du générateur de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire (rapportée à la surface de référence énergétique):

- Immeuble d'habitation: 3 W/m^2
- Maison familiale: 2 W/m^2
- Bureaux: 1 W/m^2

Ces suppléments de puissance sont basés sur le besoin thermique de la production d'eau chaude selon la norme SIA 380/1, en considérant des déperditions d'environ 25 % ainsi qu'un générateur de chaleur disponible en permanence. Cette puissance n'est pas appropriée au dimensionnement de l'échangeur de chaleur pour la production d'eau chaude sanitaire.
Le volume de l'accumulateur doit être adapté au type de générateur de chaleur et à l'agent énergétique.

Besoin en puissance de systèmes associés dans les nouvelles constructions

Le besoin en puissance de chauffe pour les systèmes associés doit en principe être étudié au cas par cas.
Dans le cas de batterie de chauffage dans un système de ventilation, il convient de se baser sur le débit volumique d'air maximal à la température de conception selon la norme SIA 382/1. Pour un système de production de chaleur combiné assurant le chauffage et la ventilation, les pointes de débit volumique d'une durée inférieure à 3 heures ne doivent pas être prises en compte pour le générateur de chaleur. La récupération de chaleur doit être prise en considéra-

tion. Toute augmentation de la puissance du générateur de chaleur due au démarrage d'installations de ventilation doit être évitée, p. ex. par un démarrage précoce avant le début de l'utilisation.
Des mesures appropriées doivent être mises en œuvre afin que les pointes de puissance des systèmes associés ne coïncident pas avec les pointes de puissance du chauffage et de la production d'eau chaude sanitaire. Par exemple, les piscines couvertes doivent être exploitées de manière à ce que l'on ne choisisse pas de chauffer toute l'eau de la piscine justement lorsque la température extérieure est basse.

3.3 ESTIMATION DE LA PUISSANCE DE CHAUFFAGE NÉCESSAIRE AU MOYEN D›UN LOGICIEL SIA 380/1

On procède au calcul de la puissance de chauffage nécessaire Q_h (en MJ/m²) selon SIA 380/1 déjà au cours d'une phase préliminaire du projet [3]. Pour un bilan énergétique de l'ensemble du bâtiment, les mêmes informations que pour le calcul de la puissance de chauffe norminale sont en partie requises:

- Utilisation
- Données climatiques
- Surfaces de référence énergétiques
- Eléments de construction de grande surface
- Ponts thermiques
- Fenêtres
- Capacité de stockage thermique etc.

Pour déterminer les besoins de chaleur pour le chauffage, il existe différents programmes de calcul certifiés par l'OFEN et des cantons selon SIA 380/1 [4]. Certains logiciels permettent de calculer en sus la puissance de chauffage nécessaire, ce qui représente la méthode la plus rationnelle pour déterminer cette puissance au cours d'une première phase, mais qui nécessite le logiciel automatique ad hoc. En effet, les besoins de chaleur pour le chauffage Qh seuls ne permettent pas de calculer avec suffisamment de précision la puissance de chauffage nécessaire.

3.4 CONTRÔLE DES RÉSULTATS

Le contrôle des résultats se fait grâce à la puissance de chauffage spécifique. Celle valeur résulte de la division de la puissance de chauffe standard par la surface de référence énergétique (surface brute de plancher chauffé). Les valeurs doivent s'approcher des valeurs données dans le tableau.

Type de bâtiment	Valeur de contrôle
Maisons anciennes mal isolées	50 W/m² à 70 W/m²
Maisons anciennes bien isolées	40 W/m² à 50 W/m²
Nouvelles constructions répondant aux normes actuelles	25 W/m² à 40 W/m²
Immeubles abritant des activités de services et mal isolés	60 W/m² à 80 W/m²
Immeubles Minergie	20 W/m² à 30 W/m²
Immeubles Minergie-P	8 W/m² à 20 W/m²

Remarque: La puissance de chauffage spécifique est un instrument de contrôle assez grossier. Le dimensionnement se fait principalement suivant les méthodes décrites plus haut.

4 BIBLIOGRAPHIE

4.1 NORMES ET DIRECTIVES

[1] SIA 384/1: Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Bases et exigences générales. SIA Zurich 2009. www.sia.ch
[2] SIA 384.201: Systèmes de chauffage dans les bâtiments – Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base. SIA, Zurich 2003; www.sia.ch
[3] SIA 380/1: L'énergie thermique dans le bâtiment. SIA, Zurich 2009; www.sia.ch

4.2 BIBLIOGRAPHIE, LOGICIELS, SERVICES SPÉCIALISÉS

[4] Programmes de calcul certifiés: www.endk.ch
[5] Modèle de prescriptions énergétiques des cantons; www.endk.ch et/ou les directives cantonales
[6] QM Chauffages au bois. Manuel de planification. ISBN 978-3-937441-94-8, www.qmholzheizwerke.ch