100Pa= 10mm H2O
débit = vitesse ×section droite
surface cercle = π × r2
circonférence cercle C = π × D

Données générales

Débit par tunnel :
environ 120 à 150m3/h maximum à midi solaire entre fin juin et fin septembre (mode stockage):
pour 6 tunnels (15 à 18m2 de capteur): 600 à 800 m3/h

Pertes de charge:
Chaque tunnel de 3 à 4ml de long et de 50x70 cm de section transversale rempli de galets de 30/60 occasionne une perte de charge d'environ 150 à 180 Pa pour ces débits.

2 tunnels en // = 250 ~300 m3/h environ sous 180 Pa
3 tunnels en // = 375 ~450 m3/h "
4 tunnels en // = 500~600 m3/h "
etc...

perte de charge des capteurs à air: 40~60 Pa, 40m3/h par m2 de capteurs , 3 à 4 m2 de capteurs par tunnel selon la région

1 tunnel permet de chauffer 20 à 25 m2

Les pertes de charge du réseau aéraulique de distribution d'air vers les pièces habitables (inutile de prendre les mêmes dimensions des gaines que pour une VMCDF: échec assuré) bien dimensionnées , ne devraient pas dépasser 50Pa
La pression dans un conduit aéraulique est celle destinée à vaincre les fameuses pertes de charge occasionnées par le frottement des molécules d'air contre les parois du conduit , ces pertes sont d'autant plus grandes que le diamètre est faible et la vitesse élevée.
plus un tube où circule l'air est long , plus le ventilateur doit exercer de la pression pour faire circuler N*m3/h d'air
A ces pertes de charge s'en ajoutent d'autres: coudes , raccords , rétrécissement, filtres à air, tunnel à galets , bouches de soufflage...

Tenir compte du diamètre des gaines pour éviter les bruits de sifflement car les débits 2 à 3 fois ceux d'une simple VMCDF .. de 50m3/h pour l'air neuf à 125 ou 150 m3/h pour l'air neuf+ air chaud capteur ou poêle

Ce n'est pas le volume qui compte , mais la section frontale de passage d'air dans les galets qui compte , pour optimiser une certaine vitesse de l'air et un bon balayage au travers des galets avec un minimum de pertes de charges.

exemples de dimensionnement = 0.50 x 0.70 ; 0.50 x 0.80 ; 0.40 x 0.90 ; 0.30 x 1.20 .... la largeur de la tranchée influe grandement sur le coût du terrassement = une tranchée de 0.50m de large est moins chère qu'une de 1.20 m à profondeur égale

Comment déterminer le débit en sortie de tunnel quand on connait les pertes de charge ?

Exemple pour 3 tunnels: on a besoin d'un modèle à 375 ~ 450m3/h sous (180+50+50Pa) soit 280Pa en mode "stockage estival"

les abaques indiquent alors le ventilateur idéal , avec la prise en compte du bruit (moins il y a de T/mn , mieux c'est , tant pour le bruit que pour la durée de vie)

Des abaques ou des méthodes de calcul sont disponibles sur certains sites de fabricants qui commercialisent les conduits de ventilation.

Un tunnel: 125 à 150m3/h en mode stockage d'été , moins de 50 à 100 en mode "puits canadien "

- Perte de charge à 150m3/h dans un tunnel de 4ml de long et de section 50x70 cm= 150 à 180Pa selon la taille des galets
- pertes de charge capteurs à air bien dimensionnés = 40Pa environ
- pertes de charge réseau aéraulique (tuyaux hekatherm, gaines de répartition de l'air par plenums, piquages, gaines et bouches de soufflage ou gaine de rejet d'air = 40 à 80Pa si diamètres et longueurs totales bien adaptés par le calcul

combien peuvent produire 15 m2 de capteurs plein sud à 45° par une journée d'hiver ?

il faut compter environ grosso-modo 400W/m2 sur le capteur à midi solaire par beau temps à multiplier par le rendement du capteur ou en moyenne journalière 1.5 à 1.8 Kwh /m2 en Décembre
2,2 en janvier; 2.8 en Février... mais cela dépend de beaucoup de facteurs: masques , nébulosité matinale ou de l'après midi , albédo ..et de la qualité du vitrage / absorbeur (surface sélective de couleur "bleu-noir " et non plus noir de chrome .., etc)

Règle de calcul des diamètres

1 tunnel: débit 120 m3/h
120m3/h = 0.0333 m3/s
Dans un collecteur de 150 mm de diamètre , la vitesse sera de 1.8 à 1.9 m/s: c'est suffisant (très peu de pertes de charge dans le tuyau (perte de charge par tunnel: 140 à 160Pa ..(14 à 16 mm h2O) suffira à équilibrer les débits))

Mais au départ du capteur on a des débits de 800m3/h soit 0.222 m3/s
Dans ce même tuyau de 150 on est à 13 m/s, il faut passer à un diamètre de 200 (Vair = 7.4 m/s (bruyant pour du direct, pas pour les galets qui assourdissent)) ou à un 250 (Vair = 4.5 m/s pour du direct)

Pour calculer les débits , pièce par pièce (comme pour une VMC) , il faut répartir un débit de 800m3/h (ou 1000 m3/h) au prorata des volumes habitables de chaque pièce (calcul assez empirique)

Connaissant alors le débit pour chaque pièce , on en déduit le diamètre des gaines en veillant à ne pas dépasser 4m/s (rester à 3m/s ou en -dessous)

Le tout est de ne pas dépasser une certaine vitesse dans les conduits aéraulique: moins de bruit , moins de pertes de charges

Concernant les conduits d'air vers les tunnels , pas de soucis jusqu'à 7m/s dans chaque conduit car le bruit est atténué par la profondeur d'enfouissement et par l'effet "piège à son " des galets

Exemple:
gaine principale capteur /caisson =1200m3/h max (en juin..)
1200m3/h /3600 secondes= 0,333 m3/seconde

gaine de 0.25m de diamètre = 0.049 m2 de section
vitesse = débit/section = 0.333 m3.s /0.049 = 6.8 m/s (dans les limites)

si on divise après le caisson , dans le sol en 2 gaines de 200:
600m3/h par gaine de 200 = 0.17 m3/s
D200 = 0.03 m2 de section et V= 5.7 m/s
0K pour l'alimentation des tunnels de galets par des D160 et des tubes à fentes du même diamètre

gaine en 160 = 0.02 m2 et V= 2.5 m/s = excellent pour l'acoustique car les tunnels servent de "silencieux" et la vitesse reste en dessous de 3 à 4m/s pour éviter tout bruit de "chuintement"

MAIS en ce qui concerne le RESEAU DIRECT , il ne faut pas chipoter sur les diamètres: calculer les diamètres de façon à rester en dessous de 3~4 m/s car l'air vient ici directement à partir du caisson ventilateur muni de son piège à son , en période de chauffage direct en mi-saison (février, mars) à 1000 m3/h au niveau de la sortie du ventilateur.

Départ du caisson : en plusieurs D200 /250 se ramifiant ensuite en D160 , D125 D100 ...(suivant en cela l'exemple du réseau sanguin à partir du cœur ou du tronc d'arbre en branches maîtresses puis en branchages et tiges...))

Vérifier à chaque section que la vitesse d'air n'y dépasse pas le seuil ci-dessus.

Exemple avec 7 tunnels:
7 tunnels soit 1200/7 = 171m3/h / tunnel au plus fort de l'été
sorties de chaque tunnel vers 1 ou 2 bouches = 170 m3/h ou 0.05 m3/s

Commencer par là , additionner les débits des entrées aux tunnels pour déterminer la section de la gaine

Ainsi la gaine des 2 premiers tunnels tunnels doit laisser passer 2*171 = 342 M3/h (0.1m3/s), sa section peut être ramenée si nécessaire à 160 mm
la gaine de gauche va desservir 5 tunnels soit 5*171= 855 m3/h (0.24 m3/s)
la section doit être au départ de 225 mm mini , puis se réduisant graduellement après chaque tunnel jusqu'au dernier

le seul souci , c'est le coût des raccords de réduction; il faut trouver un bon compromis pour garder un diamètre a peu près identique avec un minimum de raccords .. bref , jongler d'un côté avec les tarifs (les raccords 250 sont très chers mais les 200 et 160 sont plus économiques) et les débits à assurer ...
section à respecter:
cela va du 160 au 200 pour les liaisons serre-tunnels , la répartition se faisant par un caisson à faire sur mesure avec piquages à riveter ou un caniveau béton avec raccords spéciaux béton/PP pour les entrées d'air vers tunnels

Pour les sorties d'air de chaque tunnel, cela varie entre 125 et 160 selon la pièce à alimenter

Débits

CALCULS DEBITS:
On établit d'abord tous les débits nécessaires pièce par pièce au prorata de leurs déperditions (calculs assez fastidieux) ou au prorata de leur surface habitable (calcul un peu commode et un peu empirique , avec légère majoration ou minoration selon l'exposition de la pièce ou sa position (étage ou RDC ..) à 10% près , sans prise de tête

Les débits établis et sachant la vitesse à ne pas dépasser (entre 2 et 4 m/s - ce qui laisse de la marge) , on cherche le diamètre adéquat .. 150mm pour le séjour, 125mm pour une grande pièce (chambre ou bibliothèque de 25m2.) 100mm pour une grande chambre de 18m2 80mm pour une petite chambre

ensuite on affine le réglage au niveau des bouches de diffusion qui possèdent un registre à volets avec vis de réglage ou une virole rotative -en s'aidant d' un débitmètre à hélice et d'un thermomètre - dans la journée où le soleil brille assez pour un débit optimal .

Si la section est plus importante, il y a moins de pertes de charges
prenez un tuyau de 10 mm de diamètre (75mm2) et de 10ml de long , percez-le de 100 trous de 1mm(75mm2 au total) , et injectez de l'eau sous pression: on verra nettement une différence de hauteur du premier au dernier trou
même tuyau ,mais de 32 ou 40mm: très peu de pertes de charge tout le long de ce tuyau et les jets s'équilibrent en hauteur de la première buse à la dernière ..

Divers

risque courant air ?
il faut surtout choisir la grille adéquate dans un tableau donné par le fabricant (le site de France-air est assez explicite à ce sujet ..) et jouer sur le réglage du registre placé au fond derrière la grille

Rester à 3~4 m/s - quand le ventilateur est au maxi- est déjà suffisant , car à cette heure de la journée , tout le monde est absent, dehors ou habillé ..
En soirée , le débit diminue ...et alors le souffle aux bouches est quasi-imperceptible (moins de 1m/s)

PVC – PPE – TUYAUX SOUPLES

Fransbonhomme: des remises de 70% sur les prix catalogue en ligne sont courantes chez eux
PVC qualité alimentaire (adduction d'eau) plus propre que le PVC "assainissement ou écoulement eaux pluviales
utiliser des tuyaux bleus qui peuvent se cintrer entre les tunnels et le caniveau départ/retour
Une astuce possible, à la place des tuyaux bleus: pour le réseau aller/ retour d'air des tunnels, utiliser des gaines TPC rouge (tout polyéthylène lisse intérieur ET annelé extérieur rouge intérieur et rouge extérieur) enterrés juste sous la future couche de hérisson , enrobés de sable plus ou moins limoneux , sans cailloux , protégés par une feuille bidim ou du polyane avant la mise en place du hérisson , donc à faible profondeur , sous le hérisson

A cette faible profondeur (40 ou 50cms sous la future dalle de béton) les TPC supportent bien le remblaiement , à condition bien évidemment de ne pas faire passer d'engin de chantier dessus (ce pour quoi étaient prévus les CR8 ou les tuyaux grès) , et ils peuvent se cintrer .

Il faudra par contre utiliser ces derniers (le PVC CR8 ou le PE Simona fendu), pour les collecteurs à fentes au contact des galets (le TPC s'écraserait au remblayage ...) et les remontées verticales.

Éviter les galets de 10 à 15 mm qui pourraient s'incruster dans les fentes de 10 mm de large et freiner le passage de l'air

et les gros calibres genre ainsi que les trop gros galets (80 à 120) qui exerceraient une pression localisée sur le PVC des collecteurs lors du remblayage

le pvc resiste a 60°C, le polyethilene a 80°C, le polyethylene reticule a 95° et le polystyrene extrudé a 75 °C

tuyau soupe en PP (rouge): un mètre de profondeur maximum; plus profond, gaines hegler 200mm
Les tubes de PVC classe CR4 ou 8 résistent parfaitement aux compressions et quand le remblaiement est correctement réalisé , avec raccords à joints souples (et non raccords collés) , il n'y a pas de risque de casse .

le PP est plus solide (il a l'avantage d'être parfaitement exempt de COV) mais coûte 50% plus cher en tubes rigides aux parois de 8 à 9mm .

les tubes de ciment sont trop diffciles à tronconner (raccords ou fentes des collecteurs) , et les raccords lourds et malaisés à monter

Simodrain pré-fendus pour alimenter tunnels

ENERGIE STOCKEE

Pour une habitation de 100m2 habitables , l'énergie stockée est d'environ 5000 à 6000 kWh en 3 mois (Juin à Septembre)
L'énergie déstockée est d'environ 2000 à 2500 kWh (déstockée à la fois par déphasage à travers la dalle, et par préchauffage de l'air neuf)
Pendant ce même laps de temps , les capteurs qui ont servi à stocker restent utilisables tout l'hiver , avec un apport solaire d'environ 0.9 à 2 kWh/m2/jour de capteur (16 à 20m2 de capteurs à air) soit 15 à 18 kWh/m2/jour en Décembre-janvier, 24 à 30 kWh /m2 en Février-mars , 30 à 36 kWh/m2/jour en Avril-mai , etc...

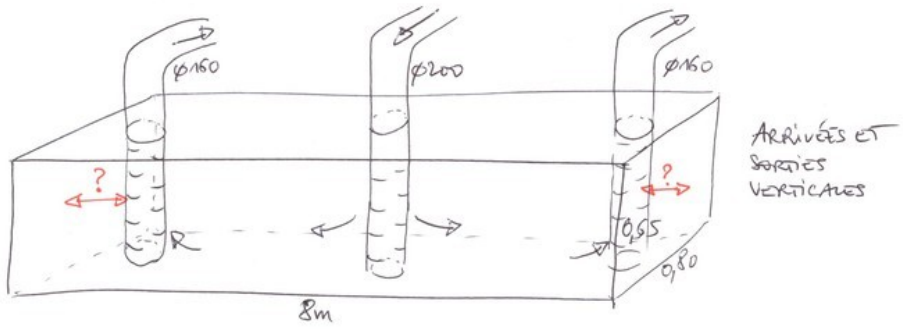
Entre Juin et Septembre , l'énergie collectée par m2 de capteur se situe entre 3.5 et 6 kWh/m2/jour (pour des capteurs inclinés 45°)
Il faut fabriquer de l'air chaud à plus de 50°C pour recharger le stockage de terre : capteurs à air verticaux(avec gravier blanc ou panneaux alu au sol) ou inclinés(45 à 60°) , véranda , toiture ardoises , tuiles de verre , ardoises en verre , etc...
Une toiture en bacs acier de couleur ardoise peut fournir l'air chaud à des capteurs plus petits (6 à 10 m2) qui augmenteront la T° de l'air d'une vingtaine de degrés

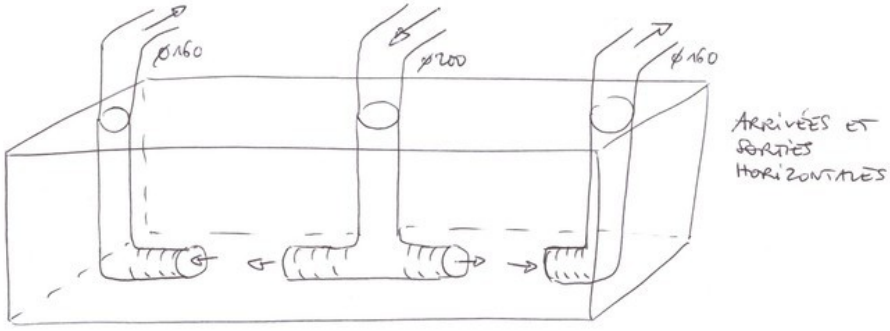
il faut arriver à souffler 600~800 m3/h à 50°C pendant 3 mois minimum

il faut entre 200 et 250m3/h d'air à 40~60°C pour charger un tunnel durant les 3 mois d'été . un capteur à air vitré fournit 30 à 40 m3/h par m2 à cette température , mais pour une toiture tuiles , il faut compter plus du triple ou du quadruple en surface ..

après 3 mois de stockage , air à 50°C et galets à 20~28°C , l'énergie stockable sur 4 tunnels est de 5000Kwh environ dont 2400 restitués à la fois par diffusion lente et par préchauffage de l'air neuf
en fin de stockage , la température à 50cm des galets oscille autour de 28 à 30°C et que juste sous la dalle, elle est d'environ 21~24°C
S'il fait beau, il n'y a plus d »échanges de la dalle vers l'ai ambiant, le cheminement de l'onde thermique est ralenti , voire stoppé ou même "inversé " si le soleil chauffe le sol

Le tunnel rempli de galets (60x 80 cm de section) permet un débit par tunnel de 100 à 150m3/h d'air à 60°C. La grande surface d'échange galets/air permet un rapide transfert des calories de 2 façons :
1 - air vers galets , ces derniers s'échauffent de 10h à 18h ..
2 - air vers parois de terre du tunnel (grande surface= 2m2 par ml de tranchée)





Si largeur 80 cm et hauteur 65 cm préférer le schéma du bas avec l'axe des tuyaux à 32 cm du fond de tranchée

On est ici dans le cas d'un double tunnel. La distance entre le bord du tunnel et le tuyau est de 20 cm. Ici largeur 80 cm et hauteur 65 c, tunnel à 2m50 de profondeur (préférer plus haut que large)