



**EUROVENT / CECOMAF**



**EUROVENT 10/3**

**HEAT RECOVERY  
ENERGY CONSERVATION  
Some typical methods**

# **EUROVENT 10/3**

**HEAT RECOVERY  
ENERGY CONSERVATION  
Some typical methods**

## **EUROVENT 10/3**

**Published by EUROVENT/CECOMAF**

**15 rue Montorgueil**

**F-75001 PARIS**

***Tel 33 1 40 26 00 85***

***Fax 33 1 40 26 01 26***

**HEAT RECOVERY**  
**ENERGY CONSERVATION**  
**Some typical methods**

TABLE OF CONTENTS

	<u>Page</u>
1. Scope	2
2. Introduction	2
3. Air Recirculation in Ventilation and air Conditioning Systems	12
4. The Run-around Coil	16
5. Plate Heat Exchangers	30
6. The Thermal Wheel	54
7. Heat Pipes	66
8. Other Sources of Heat Recovery	90

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. Domaine	2
2. Introduction	2
3. Recirculation d'air dans des systèmes de ventilation et de climatisation	12
4. "Run-around Coil" (Serpentin tout autour)	16
5. Echangeurs de chaleur à plaques	30
6. La roue thermique	54
7. Tubes thermiques	66
8. Autres sources de récupération de chaleur	90

INHALT

	<u>Seite</u>
1. Bereich	3
2. Einleitung	3
3. Rückluft in den Lüftungs- und Klima-Systemen	13
4. "Run-around Coil" (Verbindende Rohrschlange)	17
5. Platten-Wärmeaustauscher	31
6. Das Wärmerad	55
7. Wärmerohr	67
8. Andere Quellen der Wärmerückgewinnung	91

CONTENUTO

	<u>Pagina</u>
1. Scopo	3
2. Introduzione	3
3. Ricircolo d'aria negli impianti di ventilazione e condizionamento	13
4. Batterie gemelle	17
5. Scambiatori di calore a piastre	31
6. La ruota termica	55
7. Recuperatori a tubi di calore	67
8. Altri sistemi di recupero di calore	91

1. Scope

The purpose of this document is to review the existing equipment in the field of heat recovery. Comments are included, where appropriate, on the subject of energy efficient installation.

2. Introduction

Some aspects of energy saving related to air conditioning systems

Energy conscious air conditioning systems have been designed for many years. The following notes relate to experience in the U.S.A. where many and varied prominent buildings have had the benefit of such systems.

Systems incorporating energy efficient designs need not incur a higher first cost but do need more detailed engineering; hence this extra factor has inhibited wider adoption of the ideas.

Some of the main features are:

2.1 Wide Temperature Range through the Water Chiller Systems

For example, the orthodox systems commonly work on 5.5 K range for circulating water, whereas energy efficiency systems operate on

1. Domaine

Ce document a pour but de présenter l'équipement existant dans le domaine de la récupération de chaleur. Il contient des commentaires, lorsque cela est approprié, sur le sujet d'installation utilisant l'énergie d'une manière efficace.

2. Introduction

Quelques aspects des économies d'énergie par rapport aux systèmes de conditionnement d'air

Des systèmes de conditionnement d'air, très attentifs à l'énergie, ont été conçus depuis de nombreuses années. Les notes qui vont suivre retracent l'expérience aux USA, où un grand nombre d'immeubles très variés ont profité de ces systèmes.

Les systèmes selon des conceptions économes en énergie n'entraînent pas nécessairement un investissement plus élevé, mais nécessitent une étude plus détaillée; or ce dernier facteur a freiné une adoption plus large de ces idées.

Certains des traits essentiels sont:

2.1 Des écarts de température plus larges dans les groupes de production d'eau glacée

Ainsi, par exemple les systèmes classiques travaillent avec un écart de 5,5 K pour l'eau de circulation, tandis que les systèmes économes en

## 1. Bereich

Dieses Dokument verfolgt den Zweck, einen Überblick über die auf dem Gebiet der Wärmerückgewinnung bestehenden Geräte zu geben. Soweit angebracht, enthält es auch Kommentare über energiewirksame Installationen.

## 2. Einleitung

### Einige Aspekte der Energie-Einsparung in Bezug auf Klimaanlage

Energiebewußte Klimaanlage werden seit vielen Jahren entworfen.

Die nachstehenden Ausführungen betreffen die Erfahrungen in den USA, wo viele und bedeutende Gebäude in den Genuß solcher Systeme gekommen sind.

Systeme nach energiewirksamen Entwürfen brauchen keine höheren Investitionen nach sich zu ziehen, jedoch wird die Konstruktionsarbeit umfangreicher; und dieser zusätzliche Faktor stand einer weitgehenden Verbreitung dieser Gedanken entgegen.

Einige der Hauptmerkmale sind:

### 2.1 Größere Temperaturspanne im Kaltwassersystem

Herkömmliche Systeme arbeiten z.B. im allgemeinen mit einer 5,5 K Spanne für das Umlaufwasser, während energiesparende Systeme mit einer 16,5 K

## 1. Scopo

Scopo di questo documento è di presentare le apparecchiature esistenti nel campo del recupero di calore. Considerazioni su installazioni energeticamente efficienti, quando appropriate, sono anche incluse.

## 2. Introduzione

### Aspetti di risparmio energetico relativi ad impianti di condizionamento dell'aria

Da diversi anni vengono ormai progettati impianti di condizionamento dell'aria considerando anche l'aspetto energetico degli stessi. Le considerazioni che seguono traggono spunto dall'esperienza realizzata negli USA. dove in molti ed importanti edifici è stato impiegato questo tipo di impiantistica.

Sistemi che prevedano soluzioni energeticamente efficienti non necessariamente corrispondono a costi di installazione più elevati, ma sicuramente richiedono una maggior cura progettuale; questo ultimo fattore è la causa principale se questi sistemi non hanno ottenuto una più ampia applicazione.

Alcune tra le caratteristiche principali sono:

### 2.1 Salto di temperatura più elevato attraverso il sistema di produzione dell'acqua refrigerata

I sistemi tradizionali richiedono generalmente un salto termico dell'acqua in circolazione di 5,5°C, mentre i sistemi energeticamente

16.5 K range. Hence pumps, pipes, insulation cost less but heat exchangers cost more. It is not unusual for the air handling unit to have a 16 row coil against the more usual 4 to 6 rows.

To achieve such a wide temperature range of course does require the highest possible return air temperature and part of the expertise goes into the production of such a condition - e.g. see 2.4 below.

## 2.2 Staged Refrigeration

With this wide range it is possible to design in terms of cooling water from 22°C to 5.5°C instead of 11°C to 5.5°C.

In the interests of standby, capacity control etc., it is often necessary to have 3 chillers. By arranging the chillers in series instead of the usual parallel, one "stages" the water chilling - i.e. Stage 1 say 22°C to 16.5°C, Stage 2 16.5°C to 11°C. Stage 3 11°C to 5.5°C. This means that only Stage 3 evaporates at the low level, hence Stages 1 and 2 produce more cooling per kW consumed. There is some

énergie fonctionnent avec un écart de 16,5 K. Ainsi, les pompes, canalisations, l'isolation deviennent moins chers, mais les échangeurs de chaleurs coûtent plus. Il n'est pas inhabituel de trouver ainsi 16 rangées de tubes dans un groupe aéraulique, à la place de 4 à 6 habituelles.

Pour obtenir un tel écart de température relativement large, il faut de toute évidence la plus forte température possible pour le retour d'air, et une partie du savoir-faire de l'expert concerne la réalisation d'une telle condition, voir sous 2.4 plus loin.

## 2.2 Refroidissement échelonné

Avec cet écart relativement large, il est possible de se baser sur un refroidissement de l'eau de 22°C à 5,5°C, à la place des 11°C à 5,5°C.

Pour avoir des réserves et pour faire varier la capacité etc, il est souvent nécessaire d'avoir 3 groupes à eau glacée. En branchant les groupes à eau glacée en série, et non en parallèle comme d'habitude, on échelonne le refroidissement de l'eau, avec par ex. échelon 1 de 22°C à 16,5°C, échelon 2 de 16,5°C à 11°C et échelon 3 de 11°C à 5,5°C. Cela veut dire qu'il y a évaporation à basse température seulement à l'échelon 3, si bien que les éche-



Spanne arbeiten. Dies führt zu geringeren Kosten für die Pumpen, die Rohrleitungen und Isolierung, jedoch werden die Wärmeaustauscher kostspieliger. Es ist nicht ungewöhnlich, daß der lufttechnische Teil ein Bündel mit 16 Reihen aufweist, anstelle der mehr üblichen 4 bis 6 Reihen.

Um mit einer so hohen Temperaturspanne zu arbeiten, muß man natürlich eine möglichst hohe Rücklufttemperatur anstreben, und ein Teil des Expertenwissens läuft auf die Verwirklichung dieser Bedingung hinaus. Siehe z.B. unter 2.4.

## 2.2 Gestaffelte Abkühlung

Mit dieser großen Temperaturspanne ist es möglich, die Konstruktion für das Kühlen des Wassers von  $22^{\circ}\text{C}$  auf  $5,5^{\circ}\text{C}$  anstelle von  $11^{\circ}\text{C}$  auf  $5,5^{\circ}\text{C}$  auszulegen.

Im Interesse der Reservehaltung, der Steuerung der Kapazität usw. ist es oftmals erforderlich, 3 Kaltwassersätze vorzusehen. Wenn man diese in Reihe anordnet und nicht wie üblich parallel, so stuft man die Kaltwasserbereitung ab, z.B. Stufe 1 von  $22^{\circ}\text{C}$  auf  $16,5^{\circ}\text{C}$ , Stufe 2 von  $16,5^{\circ}\text{C}$  auf  $11^{\circ}\text{C}$  und Stufe 3 von  $11^{\circ}\text{C}$  auf  $5,5^{\circ}\text{C}$ . Das heißt, daß nur in der Stufe 3 eine Verdampfung im tiefen Temperaturniveau stattfindet, während in den Stufen 1 und 2 pro

effizienten operano con un salto di  $16,5^{\circ}\text{C}$ . Quindi pompe, tubazioni, isolamenti termici sono meno onerosi, mentre sono più costosi gli scambiatori di calore. Non è insolito, in questi casi, avere unità di trattamento dell'aria con batterie a 16 ranghi, mentre abitualmente si hanno batterie a 4 o 6 ranghi.

Per consentire un tale salto termico è indispensabile avere aria di ripresa ad una temperatura più elevata possibile e gran parte della esperienza viene appunto impiegata per realizzare tale condizione - es. al successivo paragrafo 2.4.

## 2.2 Refrigerazione a stadi

Con un salto di temperatura così ampio è possibile progettare un impianto con acqua refrigerata da  $22^{\circ}\text{C}$  a  $5,5^{\circ}\text{C}$  anziché da  $11^{\circ}\text{C}$  a  $5,5^{\circ}\text{C}$ .

Spesso per poter avere unità di riserva o il controllo della potenzialità può essere interessante poter disporre di 3 gruppi frigoriferi. Installando le unità in serie anziché in parallelo, come avviene normalmente, si potrà ottenere il controllo della temperatura dell'acqua refrigerata per stadi - ad es. 1 stadio da  $22^{\circ}\text{C}$  a  $16,5^{\circ}\text{C}$ , 2 stadio da  $16,5^{\circ}\text{C}$  a  $11^{\circ}\text{C}$ , 3 stadio da  $11^{\circ}\text{C}$  a  $5,5^{\circ}\text{C}$ . Ciò significa che solo il 3 stadio ha una temperatura di evaporazione bassa, e quindi gli stadi 1 e 2 producono

small pump pressure penalty of series operation but the circulation quantity in total has been reduced to around 30 % of orthodox so effectively the power requirement is reduced.

### 2.3 Close Approach Temperatures

Why is the orthodox method to produce water at  $5.5^{\circ}\text{C}$  to deliver air at  $16.5^{\circ}\text{C}$ ? With wide range air/water coils it is possible to have air at  $16.5^{\circ}\text{C}$  with water at  $13.5^{\circ}\text{C}$ . The resulting higher evaporating temperature at the chiller means the kW's used are much reduced. Depending upon selection this could mean a smaller compressor and about 25 % power reduction in the driving motor. So, although the coil costs more, the compressor and motor may balance this.

### 2.4 Minimise Volume of Air in Circulation in the Conditioned Area

The mass of air to be circulated in the conditioned space is a function of the sensible heat to be absorbed.

lons 1 et 2 produisent davantage d'eau glacée par kW consommé. La pression de pompage pour la marche en série est un peu plus élevée, mais le débit en circulation a été en circulation a été réduit à environ 30 % de ce qu'il est dans une installation classique, si bien que finalement, la puissance nécessaire est moindre.

### 2.3 Températures plus rapprochées

Pourquoi produit-on dans une installation classique de l'eau à  $5,5^{\circ}\text{C}$  pour fournir de l'air à  $16,5^{\circ}\text{C}$ . Avec des batteries air/eau pour un grand écart, il devient possible d'avoir l'air à  $16,5^{\circ}\text{C}$  avec de l'eau à  $13,5^{\circ}\text{C}$ . La température plus élevée d'évaporation au groupe à eau glacée se traduit par une forte réduction des kW utilisés. En fonction de la sélection, cela peut donner un compresseur plus petit et une réduction d'environ 25 % de la puissance du moteur d'entraînement. Ainsi, bien que la batterie coûte davantage, on peut le compenser par les coûts du compresseur et du moteur.

### 2.4 Un minimum de débit d'air en circulation dans l'espace conditionné

La masse d'air qu'on doit faire circuler dans l'espace conditionné, dépend de la chaleur sensible à absorber.

verbrauchtes kW mehr Kühlung erhalten wird. Die Reihenschaltung erfordert jedoch einen etwas höheren Pumpendruck, da die Umlaufmenge aber insgesamt um etwa 30 % niedriger liegt als bei der klassischen Anordnung, so wird im Endergebnis die erforderliche Leistung geringer.

### 2.3 Größere Temperaturannäherung

Warum stellt man nach der klassischen Methode Wasser zu  $5,5^{\circ}\text{C}$  her, um Luft mit  $16,5^{\circ}\text{C}$  abzugeben?

Mit Luft/Wasser-Bündeln für große Temperaturspanne ist es möglich, Luft zu  $16,5^{\circ}\text{C}$  mit Wasser von  $13,5^{\circ}\text{C}$  zu erzeugen. Die sich daraus ergebende höhere Verdampfungstemperatur im Kaltwassersatz führt zu einer stärkeren Reduzierung der elektrischen Leistung.

Je nach der Typenauswahl kann dies zu einem kleineren Verdichter und etwa 25 % geringerer Leistung für den Antriebsmotor führen. Obwohl die Austauscherteurer werden, kann dies durch den Verdichter und den Motor ausgeglichen sein.

### 2.4 Begrenzung des im klimatisierten Gebiet umlaufenden Luftvolumens

Die Masse an Luft, welche im klimatisierten Volumen umlaufen muß, hängt von der auszubringenden, fühlbaren Wärme ab.

più "frigorie" per ogni kW assorbito. Vi è una piccola penalizzazione per la prevalenza delle pompe di circolazione dovuta alla disposizione in serie, ma la quantità d'acqua in circolo è pari al 30% circa di quella necessaria in un impianto tradizionale quindi la potenza effettivamente necessaria è inferiore.

### 2.3 Tecnica della minima differenza di temperatura tra aria e acqua

Perché i sistemi tradizionali richiedono acqua a  $5,5^{\circ}\text{C}$  per avere aria in uscita a  $16,5^{\circ}\text{C}$ ? Nei sistemi che utilizzano acqua con salto elevato, è possibile avere aria a  $16,5^{\circ}\text{C}$  con acqua a  $13,5^{\circ}\text{C}$ .

La più alta temperatura di evaporazione che si ha in questo caso comporta un minor valore dei kW assorbiti. In funzione della scelta effettuata si può avere un compressore più piccolo ed un motore con potenza del 25% inferiore. Quindi anche qualora il costo delle batterie fosse superiore la riduzione di compressore e motore lo bilancerà.

### 2.4 Riduzione del volume d'aria in circolazione nella zona condizionata

La massa d'aria che deve essere inviata nello spazio condizionato è funzione della quantità di calore sensibile che deve essere neutralizzata.

For the purposes of assessing the air volume the design can exclude lighting and machine heat extracted at source by the lighting troffers and/or canopies, then the air volume can be reduced. This implies that the return air to the air conditioning unit will be at a higher temperature than the conditioned room and this helps the wide range temperature feature of the system.

Equally important there is a reduction in Fan Power Air Handling Unit size and associated fittings e.g. filters, air terminals, etc. and also probable cost savings.

## 2.5 Close Cycle Operation

By using the condenser rejected heat to cater for the substantial part of the season when one part of the project requires cooling and the rest requires heating, considerable energy savings can be made.

In buildings it is a wasteful situation to have the cooling tower 'steaming' and simultaneously the heating boiler in operation to provide low grade heat to some minor areas.

Pour la détermination du débit d'air, l'étude peut exclure la chaleur d'éclairage et des machines qui est captée à la source par des luminaires à bouches et/ou des hottes, ainsi on peut réduire le débit d'air. Cela veut dire que l'air de retour vers le groupe de conditionnement sera à une température plus élevée que l'espace conditionné, et cela aide à obtenir le grand écart de température du système.

Il est aussi important qu'on réduise ainsi la puissance du ventilateur et la dimension du groupe aéraulique, avec les accessoires associés, par exemple les filtres, les bouches, etc. et réalise probablement encore une économie de coût à ce titre.

## 2.5 Fonctionnement en association

Si l'on se sert de la chaleur rejetée par le condenseur pour couvrir une partie essentielle du chauffage, à une époque ou une partie de l'objet nécessite un refroidissement tandis que le reste a besoin de chauffage, on peut réaliser des économies d'énergie considérables.

C'est un gaspillage dans un immeuble que de voir la tour de refroidissement 'cracher' son panache, pendant que la chaudière de chauffage fonctionne pour fournir une chaleur de faible niveau à quelques régions secondaires.

Zur Bestimmung des Luftvolumens kann man bei der Konstruktion die Wärme der Beleuchtung und der Maschinen ausschließen, welche an der Quelle durch Klimaleuchten und/oder Hauben abgezogen wird, so daß eine Reduzierung des Luftvolumens möglich wird. Dies bringt es mit sich, daß die Rückluft zur Klimaanlage eine höhere Temperatur als der klimatisierte Raum hat und dies ist für den größeren Temperaturabstand des Systems günstig.

Als weitere wichtige Auswirkung ist auf eine Verringerung der Ventilatorleistung in der lufttechnischen Einheit mit den zugehörigen Geräten, wie Filter, Luftdurchlässe usw. hinzuweisen, was möglicherweise auch Kosteneinsparungen bringt.

## 2.5 Verbundbetrieb

Durch die Verwendung der vom Verflüssiger abgegebenen Wärme zur Deckung eines größeren Anteils der Übergangszeit, wenn ein Teil des Vorhabens Kühlung erfordert, während der Rest geheizt werden muß, kann man größere Energieeinsparungen erzielen.

Es ist eine Verschwendung in den Gebäuden, wenn der Kühlturm "dampft" und gleichzeitig der Heizkessel in Betrieb ist, um Wärme in niedrigem Wert für einige untergeordnete Zonen zu liefern.

Per la determinazione della portata d'aria la progettazione può non tenere in considerazione la quantità di calore generata da luci o macchinari ed estratta direttamente alla fonte, mediante sistemi di aspirazione con riduzione quindi del volume d'aria immesso nel locale. Questo implica però una temperatura di miscela dell'aria più elevata rispetto alla temperatura dello spazio condizionato con vantaggio per il sistema ad ampio salto di temperatura.

Di uguale importanza è pure da considerarsi la riduzione della potenza assorbita dal ventilatore, della grandezza della unità di trattamento aria e relativi accessori, come ad esempio filtri, unità terminali, ecc. e quindi una probabile riduzione del costo iniziale.

## 2.5 Funzionamento in circuito chiuso

Usando il calore di condensazione dissipato durante gran parte dell'anno, quando una zona richiede raffreddamento, è possibile realizzare un notevole risparmio energetico.

Si realizza infatti una situazione di spreco di energia quando si ha contemporanea dissipazione di calore tramite la torre di raffreddamento e produzione di calore a basso contenuto entalpico tramite caldaia, per soddisfare le esigenze di alcune zone.

## 2.6 General

The initial methods now further developed and which are becoming more common include run around coils, variable volume, building heat balance, etc.

A striking illustration was a system back in the early 1960's in a large department store in Newark, New Jersey, U.S.A. The day was extremely cold, around  $-1^{\circ}\text{C}$  with bright sunshine. The core of the shop required cooling and the periphery heating. The building was kept extremely comfortable running only fans and pumps with the boiler and refrigeration plant turned off.

The foregoing merely scrapes at the surface of what has been done and is possible but it is measures like these which will make huge inroads into energy consumption. Manufacturers await system designers making moves to design systems to these principles which will create the incentive to provide the products which go into the systems.

This guide illustrates the environmental benefits of the systems available but also indicate the level of energy reduction which

## 2.6 Généralités

Les premières méthodes qu'on développe maintenant et qui deviennent plus courantes, comprennent des "run around coils" (serpentins tout autour), la variation des débits, le bilan thermique des immeubles etc.

Une illustration frappante a été faite au début des années 1960 dans un grand magasin à Newark, New Jersey, USA. La journée était extrêmement froide, autour de  $-1^{\circ}\text{C}$ , avec un soleil brillant. Le noyau de l'immeuble avait besoin de refroidissement, et la périphérie de chauffage. L'immeuble a été maintenu en état très confortable, par la seule marche des ventilateurs et des pompes, la chaudière et le groupe frigorifique étant arrêtés.

Ce qui précède reste à la surface de ce qui a été fait et est possible de faire, mais des mesures de ce genre ouvriront des brèches importantes dans la consommation d'énergie. Les fabricants attendent que les concepteurs des systèmes adoptent ces principes, et les motivent à fournir des produits pour ces systèmes.

Ce guide expose les bénéfices pour l'environnement des systèmes disponibles et aussi le degré de réduction de l'énergie qui garantira la

## 2.6 Allgemeines

Die ursprünglichen Methoden, welche nun weiterentwickelt werden und immer mehr zur Anwendung gelangen, umfassen "run around coils", Volumensteuerung, Wärmebilanz des Gebäudes usw.

Eine eindrucksvolle Illustration war ein System schon zu Beginn der sechziger Jahre in einem grossen Warenhaus in Newark, New Jersey, USA. Der Tag war sehr kalt, um  $-1^{\circ}\text{C}$  mit strahlendem Sonnenschein. Der Kern des Gebäudes erforderte Kühlung und die Randzone Heizung. Das Gebäude konnte dadurch ausserordentlich komfortabel gehalten werden, daß man nur die Ventilatoren und Pumpen laufen ließ, während der Kessel und die Klimaanlage abgeschaltet waren.

Das vorstehende Beispiel bleibt nur an der Oberfläche dessen was getan worden und möglich ist. Maßnahmen wie diese werden aber große Brechen in den Energieverbrauch schlagen. Die Hersteller warten darauf, daß die Konstruktionsbüros nach solchen Grundsätzen arbeiten. Dies wird dann der Anlaß dazu sein, Komponenten für solche Systeme herzustellen.

Dieses Dokument stellt die Vorteile der bestehenden Systeme für die Umwelt heraus, weist aber auch auf den Umfang der Energieeinsparung

## 2.6 Considerazioni generali

Le tipologie iniziali, ora ulteriormente perfezionate e di utilizzo sempre più abitale comprendono batterie accoppiate, volume variabile, edifici termicamente bilanciati, ecc.

Una interessante dimostrazione si ebbe agli inizi degli anni '60 in un grande magazzino a Newark, New Jersey, USA. La giornata era estremamente fredda, circa  $-1^{\circ}\text{C}$ , con sole. La parte interna dell'edificio richiedeva raffreddamento mentre quella periferica riscaldamento. L'edificio fu mantenuto in condizioni di comfort solamente tenendo in funzione ventilatori e pompe con la caldaia e l'impianto di refrigerazione spenti.

Quanto sopra è solo un accenno a ciò che è stato fatto ed a ciò che si potrebbe fare, ma sono iniziative simili quelle che potrebbero dare enormi contributi alla razionalizzazione dei consumi energetici. I costruttori di apparecchiature attendono dai progettisti degli impianti l'utilizzo nelle loro realizzazioni di questi principi.

Questa guida illustra i benefici ambientali possibili con sistemi disponibili, ma indica anche le riduzioni di consumo di energia che permetteranno

will ensure the continued use of air conditioning in buildings. Such systems must help eliminate the sort of threat to our industry posed in a recent press announcement that a large European engineering group has banned air conditioning in its offices to help cut costs in the recession.

What greater warnings does our industry require before taking widespread counter measures of the type indicated in these notes?

3. Air Recirculation in Ventilation and air Conditioning Systems

Recirculation of building extract air is the cheapest and most efficient form of air-to-air heat recovery. Air recirculation is often employed for example in offices, hotels, shops, etc. where the minimum fresh air supply is based upon the need to have an acceptable non-odorous atmosphere and may be a small percentage of the total ventilation air flow rate needed to satisfy heating and cooling needs. In these circumstances the use of an air-to-air heat recovery device to transfer heating or cooling from the

persistance du conditionnement d'air dans les immeubles. Des systèmes de ce genre doivent aider à combattre la menace pour notre industrie qui s'est manifestée dans un communiqué de presse récent, annonçant qu'un groupe d'engineering important en Europe a interdit le conditionnement d'air dans ses bureaux pour contribuer à une réduction des coûts pendant la récession.

Faut-il encore des avertissements plus sérieux à notre industrie, pour prendre des contre-mesures à une grande échelle, du genre indiqué dans le présent document?

3. Recirculation d'air dans des systèmes de ventilation et de climatisation

La recirculation de l'air extrait de l'immeuble est la forme la moins chère et la plus efficace de la récupération de chaleur air/air. On a souvent recours à la recirculation de l'air, par exemple dans les bureaux, les hôtels, les magasins etc, où le débit mini d'air frais est basé sur la nécessité de maintenir une atmosphère acceptable, non odorante et peut être un faible pourcentage du débit total d'air de ventilation pour couvrir les besoins de chauffage et de refroidissement. Dans ces circonstances l'utilisation d'un dispositif de récupération air/air pour



hin, welche auch die zukünftige Verwendung von Klimaanlage in den Gebäuden sicherstellen sollte. Solche Systeme müssen dazu beitragen, die Art von Drohungen für unsere Industrie auszuschalten, wie sie in einer kürzlichen Presseverlautbarung zum Ausdruck kam, nach der ein großer europäischer Konzern die Klimatisierung seiner Büroräume verboten hat, im Versuch die Kosten während der Rezession einzuschränken.

Sind noch stärkere Warnungen für unsere Industrie nötig, ehe weitgreifende Gegenmaßnahmen in der Art, wie sie in diesem Dokument beschrieben werden, ergriffen werden?

### 3. Rückluft in den Lüftungs- und Klima-Systemen

Die Wiedereinleitung der Rückluft in den Gebäuden ist die billigste und wirksamste Weise der Luft-zu-Luft Wärmerückgewinnung. Rückluft wird oftmals z.B. in Büros, Hotels, Läden usw. verwendet, wo sich der minimale Beitrag an Frischluft aus der Notwendigkeit ergibt, eine annehmbare Atmosphäre ohne Gerüche zu erhalten und nur einen geringen Prozentsatz des gesamten für die Heizung und Kühlung erforderlichen Luftvolumenstromes ausmacht. Unter solchen Umständen kann der Einsatz von Luft-zu-Luft Wärmerückgewinnungsvorrichtungen, welche die Wärme oder die

anche in futuro l'impiego degli impianti di condizionamento negli edifici. Questi sistemi dovrebbero aiutare ad eliminare una sorta di campagna contro l'industria da noi rappresentata, recentemente annunciata sulla stampa, dichiarata da una importante società di ingegneria europea che ha eliminato nei propri uffici l'aria condizionata per contribuire alla riduzione dei costi nell'attuale periodo di recessione.

Quali accorgimenti richiede la nostra industria prima di prendere le contromisure indicate in queste note?

### 3. Ricircolo d'aria negli impianti di ventilazione e condizionamento

Il ricircolo dell'aria di estrazione negli edifici è il sistema più efficiente ed economico di recupero di calore aria-aria. Il ricircolo d'aria è spesso impiegato per esempio in uffici, alberghi, negozi, ecc. dove la quantità di aria esterna minima fornita è determinata in base alla necessità di avere una accettabile atmosfera priva di odori, a volte, una minor percentuale dell'aria di ventilazione per soddisfare le esigenze di riscaldamento e raffreddamento. In queste condizioni l'impiego di sistemi di recupero aria-aria per trasferire caldo o freddo dell'aria

exhaust air discharge to the fresh air intake may not be economically justifiable, although this will depend on the fresh air quantity.

In general, air recirculation cannot be used where the extract air contains contaminants arising from cooking, washing or industrial processes. These contaminants may be odours, water vapour, chemical vapours, etc. In these circumstances air-to-air heat recovery devices should be considered both in new and refurbishment building services projects.

### 3.1 Special Features

#### 3.1.1 Advantages

- More heat is retained within the building than compared with a system with 100% fresh air supply.
- Dampers can be controlled to give free cooling.
- 100% recirculation can be used during heat up.

#### 3.1.2 Disadvantages

- Cannot be used where extract air is polluted.
- Poor control of volume of fresh air.

transférer le chauffage ou le refroidissement de l'air extrait à l'entrée d'air frais peut ne pas se justifier sur le plan économique, mais cela dépend du débit d'air frais.

D'une manière générale, la recirculation de l'air ne peut pas être utilisée lorsque l'air extrait contient des pollutions provenant de la cuisine, de la blanchisserie ou de procédés industriels. Ces pollutions peuvent être des odeurs, de la vapeur d'eau, des vapeurs chimiques etc. Dans ces circonstances, il faut envisager des dispositifs de récupération de chaleur air/air aussi bien pour la construction neuve que pour la réhabilitation d'immeubles anciens.

### 3.1 Particularités

#### 3.1.1 Avantages

- On retient davantage de chaleur à l'intérieur de l'immeuble qu'avec un système utilisant 100% d'air frais.
- On peut commander les registres pour obtenir un refroidissement gratuit.
- Une recirculation à 100% peut être utilisée pour la montée en température.

#### 3.1.2 Inconvénients

- Impossibilité de la prévoir lorsque l'air extrait est pollué.
- Mauvais contrôlé commande du débit-volume d'air frais.

Kälte von dem Abluftauslaß zum Frischlufteinlaß transportieren, wirtschaftlich nicht gerechtfertigt sein, obwohl dies von der Menge an Frischluft abhängt.

Ganz allgemein ist die Wiedereinleitung von Rückluft nicht möglich, wenn die Abluft Pollutionen vom Kochen, Waschen oder Industrieprozessen enthält. Bei diesen Pollutionen kann es sich um Gerüche, Wasserdampf, chemische Dämpfe usw. handeln. Unter solchen Umständen müssen Luft-zu-Luft Wärmerückgewinnungsvorrichtungen in den Projekten für Neubauten und die Sanierung der Altbauten berücksichtigt werden.

### 3.1 Besonderheiten

#### 3.1.1 Vorteile

- Es verbleibt mehr Wärme innerhalb des Gebäudes im Vergleich zu einem System mit 100% Frischluftversorgung.
- Die Register können so gesteuert werden, daß eine freie Kühlung erhalten wird.
- Während des Anheizens kann man mit 100% Rückluft arbeiten.

#### 3.1.2 Nachteile

- Kann nicht verwendet werden, wenn die Abluft Pollutionen enthält.
- Schlechte Steuerung des Volumensstroms der Frischluft.

di espulsione all'aria di rinnovo potrebbe non essere economicamente giustificabile, tuttavia ciò dipenderà dalla quantità di aria esterna.

Più in generale il ricircolo di aria non potrà essere impiegato quando l'aria di estrazione contiene contaminanti provenienti da processi di cottura, lavaggio od industriali. Questi contaminanti potranno essere odori, vapor d'acqua, vapori chimici, ecc. In questi casi sia per impianti nuovi che per ristrutturazioni dovranno essere presi in considerazione sistemi di recupero aria-aria.

### 3.1 Caratteristiche principali

#### 3.1.1 Vantaggi

- Una maggior quantità di calore è trattenuta nell'edificio rispetto ad un sistema con 100% di aria esterna.
- Le serrande possono essere controllate per garantire il raffreddamento gratuito.
- Il 100% di aria ricircolata può essere utilizzato durante la fase di messa in regime.

#### 3.1.2 Svantaggi

- Non può essere utilizzato nei casi in cui l'aria di estrazione sia contaminata.
- Controllo insufficiente della quantità di aria esterna.

Points to Watch

There can be air leakage through the fresh air damper when closed.

Damper actuating mechanism (rods, linkages, motor) can become stuck.

Points à retenir

Il peut y avoir des fuites d'air à travers le registre d'air frais, lorsqu'il est fermé.

Le mécanisme d'actionnement du registre (tringlerie, tiges, moteur) peut se gripper.

4. The Run-around Coil

4.1 This is probably the simplest system of all those currently available. It can be used for heat recovery from hot exhaust gases, whether from ventilation or process.

4. "Run-around Coil"  
(Serpentin tout autour)

4.1 Parmi les systèmes actuellement disponibles, il s'agit probablement de la solution la plus simple. On peut s'en servir pour la récupération de chaleur contenue dans les gaz extraits chauds, qu'ils proviennent de la ventilation ou de procédés industriels.

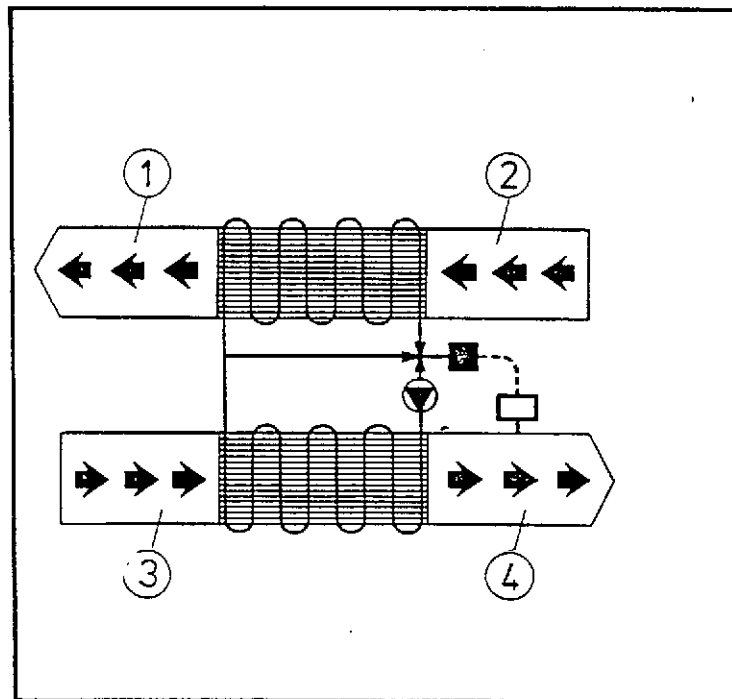


Figure 1 - The Run-around Coil

- 1: Exhaust air, cool
- 2: Return air, warm
- 3: Outside air, cool
- 4: Supply air, warm

Figure 1: - Batterie gemelle

- 1: Air extrait, froid
- 2: Air repris, chaud
- 3: Air extérieur, froid
- 4: Air neuf, chaud

Zu beachtende Punkte

Es können Luftleckagen durch das Frischluftregister eintreten, wenn dieses geschlossen ist.

Die Betätigungsmechanismen des Registers (Stangen, Gelenke, Motor) können sich blockieren.

Osservazioni

Potrebbe verificarsi infiltrazione di aria esterna a serranda chiusa.

I meccanismi di azionamento della serranda potrebbero bloccarsi.

4. "Run-around Coil"  
(Verbindende Rohrschlange)

4.1 Dies ist wahrscheinlich das einfachste System, welches augenblicklich verfügbar ist.  
Es kann für die Wärmerückgewinnung aus Fortluft verwendet werden, ob sie nun von der Lüftung oder von technischen Prozessen kommt.

4. Batterie gemelle

4.1 Probabilmente questo è il sistema più semplice di tutti quelli comunemente conosciuti. Può essere utilizzato per il recupero di calore di gas caldi di espulsione, di ventilazione oppure di gas di processo.

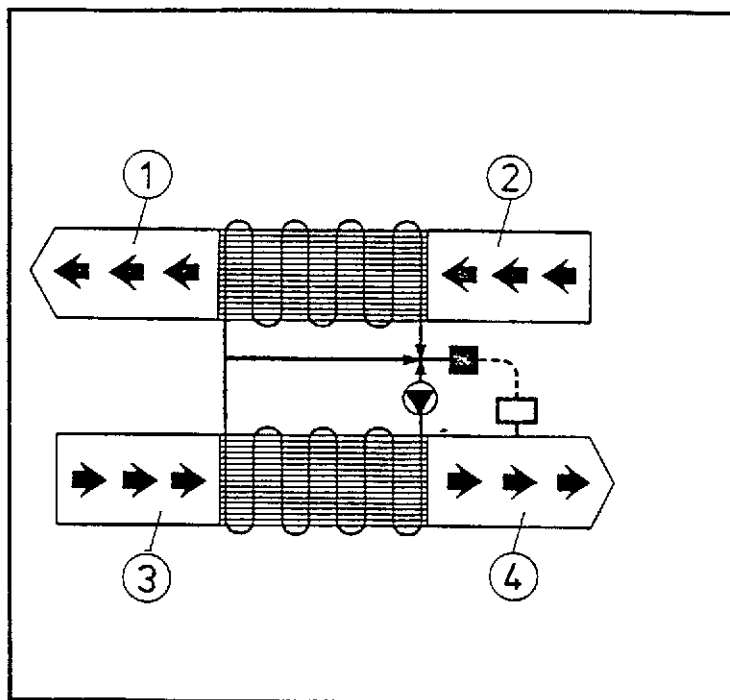


Abb. 1 - Run-around Coil  
(Verbindende Rohrschlange)

- 1: Fortluft, kalt
- 2: Abluft, warm
- 3: Außenluft, kalt
- 4: Zuluft, warm

Figura 1 - Batterie gemelle

- 1: Aria di espulsione, fredda
- 2: Aria di ricircolo, calda
- 3: Aria esterna
- 4: Aria di immissione

#### 4.2 What It Is

Two heat exchangers, typically multi-row finned coils, one in an exhaust duct and the other in an air input duct are connected by a simple pumped water or water/glycol (anti-freeze) circuit.

#### 4.3 How It Works

The heat exchanger in the exhaust duct picks up and transfers heat to the circulating liquid which carries it on to the other heat exchanger where the heat is passed on to the cooler, incoming air.

#### 4.4 What It Can Do

The system offers the facility of linking heat recovery between fairly remote locations by using pipework instead of a more expensive ductwork system and some other kind of heat exchanger. A disadvantage is that multi-row finned coils are not the most efficient form of heat exchanger and the system requires two such units. This results in the system providing heat recovery in the range of only 30-50 per cent of the total heat energy available.

#### 4.2 De quoi s'agit-il?

Deux échangeurs de chaleur, typiquement à tubes ailetés en rangées multiples, l'un dans le conduit d'air extrait et l'autre dans le conduit d'entrée d'air sont reliés par un simple circuit à circulation d'eau ou d'eau additionnée de glycol (anti-gel).

#### 4.3 Le fonctionnement

L'échangeur de chaleur dans le conduit d'air extrait reprend la chaleur et la transfère par le liquide en circulation à l'autre échangeur, où cette chaleur est abandonnée à l'air frais entrant, relativement plus frais.

#### 4.4 Ses possibilités

Le système offre la possibilité de relier deux emplacements assez distants à l'aide de canalisations tubulaires, à la place de conduits plus coûteux ou d'un échangeur d'une autre sorte. L'inconvénient est que les échangeurs à plusieurs rangées de tubes ailetés, ne représentent pas la forme la plus efficace d'un échangeur de chaleur et que le système nécessite deux de ces unités. Ainsi, le système fournit une récupération de chaleur dans la gamme de seulement 30-50 pourcent de toute l'énergie de chaleur disponible.

#### 4.2 Worum handelt es sich?

Zwei Wärmeaustauscher, im allgemeinen Rippenrohre in mehrfachen Reihen, einer davon im Abluftkanal und der andere im Zu-  
luftkanal, sind miteinander verbunden durch eine einfache Umlaufleitung mit Wasser oder Wasser/Glycol (Frostschutzmittel).

#### 4.3 Die Arbeitsweise

Der Wärmeaustauscher in dem Abluftkanal nimmt die Wärme auf und transportiert diese in der Umlaufflüssigkeit zu dem anderen Wärmeaustauscher, wo sie an die kühlere eintretende Luft abgegeben wird.

#### 4.4 Was kann damit erreicht werden?

Das System ermöglicht die Wärmerückgewinnung zwischen weiter entfernten Stellen, durch Verwendung von Rohrleitungen, anstelle der kostspieligeren Luftkanäle und anderer Arten von Wärmeaustauschern. Ein Nachteil besteht darin, daß die Rippenrohre in mehreren Reihen nicht die wirksamste Form des Wärmeaustauschers darstellen und im System zwei solcher Einheiten gebraucht werden. Daraus ergibt sich für das System eine Wärmerückgewinnung in der Größenordnung von nur 30-50% der gesamten verfügbaren Wärme.

#### 4.2 Che cosa sono

Due tipici scambiatori composti da tubi ad alette, montati, uno nel flusso di aria di espulsione e l'altro nel flusso di aria di immissione, sono collegati da un circuito idraulico munito di una pompa di acqua o acqua/glicole (antigelo).

#### 4.3 Come funziona

Lo scambiatore nel flusso dell'aria di espulsione recupera il calore e lo cede al liquido in circolazione, il quale lo trasferisce all'altro scambiatore dove il calore viene trasmesso all'aria di immissione.

#### 4.4 Che cosa possono fare

Il sistema permette di realizzare facilmente il recupero di calore a distanza utilizzando un circuito idraulico anzichè un sistema più oneroso con canali ed altri tipi di scambiatori. Uno svantaggio è che il tipo di batteria a "tubo ed alette" non è la forma più efficace per lo scambio di calore, e il sistema ne richiede due. Di conseguenza il sistema fornisce un recupero di calore del valore di solo 30-50% della energia termica totale disponibile.

#### 4.5 Where They Are Being Used

This kind of system is already quite commonly used in air-conditioning installations in office buildings. Where office facilities are located adjacent to a factory it may be possible for a similar system to be used to take heat from process exhausts and use it as an input to the office air-conditioning system.

A common method of frost protection is to use an anti-freeze such as ethylene glycol in solution with water as the heat transfer fluid. However, because the heat transfer effectiveness of each coil is reduced as the concentration of the anti-freeze solution is increased, the concentration should not exceed that necessary to meet the frost risk.

Other frost protection methods which can be used are trace heating on the fresh air coil, a heater battery upstream of this coil, or an immersion heater within the heat transfer fluid. These heaters must be controlled by a frost thermostat. Alternatively, continuous pump running may be employed particularly in buildings with a 24 hour fresh air

#### 4.5 Les utilisations

Ce genre de système est déjà assez répandu dans les installations d'air conditionné des immeubles à bureaux. Lorsque les bureaux se trouvent près d'une usine, il peut être possible d'utiliser un système similaire pour reprendre la chaleur des échappements du procédé pour l'utiliser comme alimentation du système de conditionnement d'air des bureaux.

Selon une méthode courante, on se protège contre le gel, en utilisant un anti-gel, comme par exemple l'éthylène glycol dans l'eau, comme fluide de transfert calorique. Cependant, l'efficacité des transferts d'un tel faisceau est d'autant plus réduite que la concentration en anti-gel est élevée; il convient de limiter cette concentration à ce qui est nécessaire pour faire face au risque de gel.

D'autres méthodes de protection contre le gel comprennent le traçage sur le faisceau à air frais, une batterie de chauffage en amont de ce faisceau ou des cannes chauffantes dans le liquide de transfert calorique. Ces chauffages doivent être pilotés par un thermostat de gel. En alternative, on peut faire appel à un pompage permanent, notamment dans les immeubles qui nécessitent un apport d'air frais 24 h sur 24. Dans



#### 4.5 Wo erfolgt der Einsatz?

Systeme dieser Art werden schon weitgehend in Klimaanlage der Bürogebäude verwendet. Wenn sich die Büros in der Nähe eines Werkes befinden, so kann ein ähnliches System verwendet werden, um die Wärme der Prozessabgase aufzunehmen und als Eintrag für die Klimaanlage des Bürogebäudes zu liefern.

Eine übliche Methode für den Frostschutz besteht im Einsatz von Frostschutzzusätzen, wie Äthylenglycol zum Wasser als Wärmeträgerflüssigkeit. Da jedoch die Wirksamkeit der Wärmeübertragung mit der Konzentration an Frostschutzmitteln abnimmt, so sollte die Konzentration nicht höher gewählt werden als das gegebene Frostrisiko.

Weitere Frostschutzmaßnahmen sind eine Begleitheizung für das Rohrbündel in der Frischluft, eine Heizbatterie oberhalb dieses Rohrbündels oder ein Tauchheizkörper in der Wärmeträgerflüssigkeit. Diese Heizkörper können von einem Frost-Thermostaten aus gesteuert werden. Als Alternative kann man einen durchlaufenden Pumpbetrieb wählen, insbesondere in Gebäuden, welche 24 Stunden pro Tag Frischluft benötigen. In diesem Falle

#### 4.5 Dove vengono utilizzate

Questo tipo di sistema viene già utilizzato comunemente negli impianti di aria condizionata degli uffici. Nel caso questi edifici si trovassero adiacenti ad una fabbrica, è possibile che un tale sistema venga utilizzato per recuperare il calore dei gas di scarico del processo industriale per trasferirlo al sistema di condizionamento dell'aria.

Contro il rischio di gelo viene utilizzato, abitualmente, come liquido di trasferimento di calore una miscela d'acqua ed antigelo come il glicole-etilenico. Tuttavia, dato che il coefficiente di trasmissione di calore diminuisce con l'aumento della concentrazione di glicole nel liquido, la percentuale non deve superare lo stretto necessario contro il rischio di gelo.

Altri metodi che possono essere utilizzati come precauzione contro il congelamento sono: il preriscaldamento dell'aria di immissione con una batteria riscaldante a monte della batteria in questione, oppure una resistenza elettrica nel liquido di trasferimento. Queste batterie riscaldanti devono essere controllate con un termostato per il gelo. Come alternativa, e particolarmente negli immobili con esigenza di aria di immissione 24 ore su 24, si può utiliz-

requirement. In this case the temperature of the heat transfer fluid is always above that of the outside air and advantage can be taken of it to reduce the anti-freeze concentration.

A variation of the run-around coil principle is the open run-around loop, sometimes called the twin-tower enthalpy recovery loop. In this system the coils are replaced by contactor towers through which pass the supply and exhaust air streams. A sorbent solution, capable of absorbing water vapour as well as transferring sensible heat, for example lithium bromide and water, is continuously circulated between the supply and exhaust air contactor towers and is sprayed through the towers. The sorbent solution transfers sensible and latent heat from the warmer airstream to the colder one.

ce cas, la température du liquide de transfert calorifique est toujours supérieure à celle de l'air extérieur, et on peut en profiter pour réduire la concentration d'anti-gel.

Une variante du principe "run-around coil" est la boucle ouverte, qu'on appelle parfois la boucle de récupération d'enthalpie à deux tours. Selon ce système, les faisceaux sont remplacés par des tours de contacts dans lesquelles on passe les débits d'air extrait et frais. Une solution absorbante, capable d'absorber la vapeur d'eau et aussi de transférer la chaleur sensible, par exemple du bromure de lithium dans l'eau, est circulée continuellement entre les tours de contacts de l'air frais et de l'air extrait, et est pulvérisée dans ces tours. La solution absorbante transfère les chaleurs sensible et latente du courant d'air relativement plus chaud vers le courant d'air relativement plus froid.

liegt die Temperatur der Wärmeträgerflüssigkeit immer oberhalb derjenigen der Außenluft und dies kann es ermöglichen, mit einem geringeren Zusatz an Frostschutzmitteln zu arbeiten.

Eine Variation des "run-around-coil"-Prinzips ist die open run-around loop (offene Verbindungsschleife), welche manchmal als Doppelturm Enthalpie-Rückgewinnungsschleife bezeichnet wird. In diesem System sind die Rohrschlangen durch Kontakttürme ersetzt, welche von der Frischluft und der Abluft durchströmt werden. Eine Sorptionslösung, welche Wasserdampf absorbieren und auch fühlbare Wärme übertragen kann, z.B. Lithiumbromid und Wasser, wird ständig zwischen den Kontakttürmen für Frischluft und Abluft umgepumpt und in den Türmen verspritzt. Die Sorptionslösung transportiert die fühlbare und die latente Wärme von dem wärmeren Luftstrom zu dem kälteren.

zare una pompa a funzionamento continuo. In questo caso la temperatura del liquido di trasferimento rimane sempre superiore a quella dell'aria esterna, e ciò può essere sfruttato per ridurre la concentrazione della miscela antigelo.

Una variante del principio delle batterie gemelle è quella del circuito aperto, chiamato anche circuito di recupero a torri gemelle d'entalpia. In questo sistema le batterie vengono sostituite con torri di contatto attraverso le quali passano i flussi di aria di immissione e di espulsione. Una soluzione assorbente, capace di assorbire vapore d'acqua e nello stesso tempo trasferire calore sensibile, come bromuro di litio ed acqua, viene fatta continuamente circolare tra l'aria di immissione e quelle di espulsione nelle torri di contatto e spruzzata nelle stesse.

La soluzione assorbente trasferisce calore latente e sensibile dal flusso dell'aria calda a quello freddo.

4.6 Materials

Four main combinations of tube and fin materials are use, as shown in the table below:

Tube Material	Fin Material
Solid drawn (electrotinned) copper	(electrotinned) copper
Solid drawn (electrotinned) copper	Aluminium
Aluminium	Aluminium
Stainless steel	Stainless steel

The selection of a suitable combination of tube/fin materials depends on the location of the building, the nature and concentration of contaminants present in the exhaust air, the acceptable coil lifetime and the relative costs of different coil types. For example it may be found from experience that copper/aluminium may be suitable for the fresh air coils in rural and suburban areas while copper/copper might be used in large cities and coastal areas. Electrotinning of the coils may be necessary in city centres and near main roads. In corrosive atmospheres such as swimming pools all the coils,

4.6 Matériaux

On utilise quatre appairages principaux pour les tubes et les ailettes, selon le tableau ci-dessous:

Matériaux des tubes	Matériaux des ailettes
Cuivre étiré massif (étamage galvanique)	Cuivre (étamage galvanique)
Cuivre étiré massif (étamage galvanique)	Aluminium
Aluminium	Aluminium
Acier inox	Acier inox

La sélection d'un appairage convenable des matériaux pour les tubes et les ailettes se fait selon l'emplacement dans l'immeuble, la nature et la concentration des polluants dans l'air extrait, la longévité acceptée pour le faisceau et les relations de coût entre différents types de faisceaux. On peut dire par exemple que selon l'expérience cuivre/aluminium convient aux faisceaux d'air neuf dans les régions rurales et dans les banlieues, tandis que cuivre/cuivre peut être utilisé dans les grandes agglomérations et les régions côtières. Un étamage galvanique des faisceaux peut s'imposer au centre des villes et près des grandes routes. Dans des atmosphères

4.6 Werkstoffe

Es werden in der Hauptsache vier Kombinationen von Werkstoffen für die Rohre und Rippen verwendet, wie aus der nachstehenden Tafel hervorgeht:

Werkstoff der Rohre	Werkstoff der Rippen
Massives, gezogenes Kupfer (elektrisch verzinkt)	Kupfer (elektrisch verzinkt)
Massives, gezogenes Kupfer (elektrisch verzinkt)	Aluminium
Aluminium	Aluminium
Rostfreier Stahl	Rostfreier Stahl

Die Wahl einer geeigneten Kombination der Werkstoffe für Rohr und Rippen hängt vom Standort des Gebäudes, der Art und der Konzentration der in der Abluft enthaltenen Pollutionen, der annehmbaren Lebensdauer des Austauschers und den Kostenunterschieden zwischen den verschiedenen Austauschertypen ab. So kann erfahrungsgemäß Kupfer/Aluminium für Austauscher in der Frischluft in ländlichen Gegenden und Vororten geeignet sein, während Kupfer/Kupfer in Großstädten und in Küstengebieten angezeigt ist. Elektrisches Verzinnen der Austauscher kann in Stadtzentren und in der Nähe von Hauptstraßen erforderlich werden. In angreifender Atmosphäre, wie Hallenschwimmbädern,

4.6 Materiali

Di solito vengono impiegate quattro combinazioni di materiali per i tubi e le alette, come indicato nella tabella seguente:

Materiale dei tubi	Materiale delle alette
Rame (stagnato)	Rame (stagnato)
Rame (stagnato)	Alluminio
Alluminio	Alluminio
Acciaio Inox	Acciaio Inox

La scelta di una combinazione idonea dei materiali tubi/alette dipende dall'ubicazione dell'immobile, la natura e concentrazione di contaminanti presenti nell'aria di espulsione la durata accettabile della batteria ed il costo relativo ad ogni tipo di batteria. Si può, dall'esperienza constatare per esempio che la combinazione rame/alluminio può essere idonea per le batterie sull'aria di immissione nelle zone rurali e suburbane, mentre quella rame/rame può venire utilizzata nelle città grandi e zone costiere. La stagnatura delle batterie può risultare necessaria nei centri delle città e nelle vicinanze di strade principali. Negli ambienti corrosivi, come piscine, tutte le

their casings and condensate collection trays must be protected, usually with an epoxy resin paint. Coils are mounted in a galvanized steel casing having flanged ends. The interconnecting copper pipework is insulated.

corrosives, comme par exemple des piscines couvertes, il faut protéger tous les faisceaux, leur carters et les cuvettes de collection de condensats, habituellement par une peinture à résines époxy. Les faisceaux sont montés dans des carters en acier galvanisé et ont des extrémités à brides. Les canalisations de liaison sont en cuivre.

#### 4.7 Special Features

#### 4.7 Particularités

##### 4.7.1 Advantages

##### 4.7.1 Avantages

Suitable for existing ductwork systems because it does not require adjacent fresh air and exhaust ducts.

-Le système convient aux conduits des systèmes existants, parce qu'il ne présuppose pas que les conduits d'air extrait et d'air frais soient voisins.

-Relatively low capital cost.

-Investissements relativement faibles.

-Coils are standard items of equipment similar to cooling coils and are therefore well proven components.

-Les faisceaux sont des composants standard, similaires aux faisceaux de refroidissement et sont ainsi fiables.

-No possibility of cross contamination of air streams.

-Pas de risque de pollution mutuelle entre les courants d'air.

-Number of rows and fin spacing can be selected to suit the required heat transfer rate, permissible air pressure drop and exhaust air contaminants.

-Le nombre de rangées et l'écartement des ailettes peuvent être choisis selon le taux de transfert calorique voulu, la perte de charge admissible et les pollutions contenues dans l'air extrait.

müssen alle Austauschere, deren Gehäuse und Kondensatauffangschalen geschützt werden, normalerweise mit einem Epoxy-Kunstharzanstrich. Rohrschlangen, die in verzinkte Stahlgehäuse eingebaut werden, besitzen Flansche an den Enden. Die verbindenden Kupferrohrleitungen werden isoliert.

batterie, i loro cassoni e bacinelle della condensa devono essere protetti con resina epossidica. Le batterie vengono montate in cassoni in lamiera zincata. La tubazione in rame di collegamento deve essere isolata.

#### 4.7 Besonderheiten

#### 4.7 Caratteristiche principali

##### 4.7.1 Vorteile

- Für bestehende Kanalsysteme geeignet, da keine benachbarten Frisch- und Abluftkanäle erforderlich sind.
- Verhältnismäßig geringe Investierungskosten.
- Die Rohrschlangen sind Standardartikel, ähnlich derjenigen für die Kühlung und sind somit gut bewährt.
- Keine gegenseitige Verseuchung der Luftströme.
- Die Anzahl der Reihen und der Rippenabstand kann entsprechend dem geforderten Wärmeübergang, dem zulässigen Druckverlust auf der Luftseite und der Verschmutzungen in der Abluft gewählt werden.

##### 4.7.1 Vantaggi

- Adatto ad essere installato in un impianto già esistente perché non richiede l'uso di canali speciali per l'aria di immissione e quella di espulsione.
- Costi relativamente bassi di investimento.
- Gli scambiatori sono batterie standard similari a quelle usate nel condizionamento e quindi di provata affidabilità.
- Non esiste alcun rischio di contaminazione tra i flussi d'aria.
- Il numero dei ranghi e il passo delle alette possono essere scelti secondo le necessità di rendimento termico, la perdita di carico lato aria accettabile e il grado di contaminazione dell'aria di espulsione.

#### 4.7.2 Disadvantages

- Sensible heat transfer only (except when condensation occurs on the coil in warmer airstream).
- Relatively low heat transfer efficiency.
- Circulating pump and additional fan energy consumptions (or running costs) must be offset against heat recovery savings.

#### 4.7.3 Points to Watch

- Fan location is not critical, but it is advantageous to have exhaust blow through and supply draw through the respective coils. With this arrangement some of the heat released from the exhaust fan is recoverable and the temperature difference between fresh and exhaust air is maximised.
- Freeze up of exhaust coil while the pump is running is very unlikely.
- Air filtration before exhaust coil is advisable.

#### 4.7.2 Inconvénients

- Transfert de la chaleur sensible seule (sauf dans le cas d'une condensation sur le faisceau se trouvant dans le courant d'air relativement plus chaud.
- Rendement assez faible du transfert de chaleur.
- Les consommations d'énergie pour la pompe de circulation et le ventilateur supplémentaire (coût d'exploitation) doivent être retranchées des économies par récupération d'énergie.

#### 4.7.3 Points à retenir

- L'implantation du ventilateur n'est pas critique, mais il est avantageux de souffler l'air extrait et d'aspirer l'air neuf à travers leurs réseaux. Grâce à cette disposition, on peut récupérer une partie de la chaleur consommée par le ventilateur d'extraction et obtenir un écart maximum de température entre l'air neuf et l'air extrait.
- Le risque de givrage de la batterie placée sur l'air extrait est tout à fait improbable.
- Il est recommandé de filtrer l'air amont de la batterie sur l'air extrait.



#### 4.7.2 Nachteile

- Nur Übertragung der fühlbaren Wärme (es sei denn, daß im wärmeren Luftstrom Kondensation eintritt).
- Verhältnismäßig niedriger Wirkungsgrad des Wärmeüberganges.
- Die Energieverbräuche für die Umlaufpumpe und zusätzliche Ventilation (bzw. Betriebskosten) müssen von den Einsparungen durch Wärmerückgewinnung abgesetzt werden.

#### 4.7.3 Besonders zu beachten:

- Der Standort des Ventilators ist nicht kritisch, es ist jedoch vorteilhaft, die Abluft zu fördern und die Zuluft anzusaugen, jeweils durch ihre Wärmeaustauscher. Bei dieser Anordnung wird ein Teil der von dem Abluftventilator abgegebenen Wärme wiedergewonnen und die Temperaturdifferenz zwischen Frisch- und Abluft wird zu einem Maximum.
- Einfrieren des Austauschers in der Abluft bei laufender Pumpe ist sehr unwahrscheinlich.
- Ein Filtern der Luft vor dem Austauscher in der Abluft ist ratsam.

#### 4.7.2 Svantaggi

- Trasferimento di solo calore sensibile (eccetto nel caso di condensa sulla batteria nel flusso dell'aria calda).
- Efficienza relativamente bassa di trasferimento di calore.
- Il consumo d'energia per la pompa di circolazione e la ventilazione supplementare (costi di servizio) deve essere detratto dall'economia di recupero.

#### 4.7.3 Osservazioni

- La posizione del ventilatore non è vincolante, però è vantaggioso che il ventilatore dell'aria di espulsione sia a monte della batteria cosè come quello dell'aria di immissione sia a valle della rispettiva batteria. Con questa disposizione, in inverno, parte del calore liberato dai ventilatori viene recuperato.
- Il congelamento della batteria di espulsione è molto improbabile finchè la pompa è in funzione.
- E' consigliabile filtrare l'aria prima della batteria di espulsione.

## 5. Plate Heat Exchangers

### 5.1 Definition

An air-to-air plate heat exchanger is a static device for exchanging heat energy between two separate air streams, which pass adjacent to one another in separate passages, by conduction through the passage walls of the air streams.

### 5.2 Construction

Air-to-air plate heat exchangers resemble an open-ended box with a rectangular cross section that is compartmented into a multiplicity of narrow passages in a cellular format. Alternate passages carry the alternative air streams and heat energy is transferred from an air stream to the other simply by conduction through the passage wall. The construction of the plates permits a large surface area to be packed into a compact space.

Air-to-air plate heat exchangers are either the true counterflow type or the cross flow type. With both types of heat exchangers, the air streams are kept separate and there is no risk of contamination.

## 5. Echangeurs de chaleur à plaques

### 5.1 Definition

Un échangeur de chaleur à plaques air/air est un dispositif statique pour l'échange de l'énergie thermique contenue dans deux courants d'air séparés, qui s'écoulent dans des passages contigus séparés, par conduction à travers les parois des passages délimitant les courants d'air.

### 5.2 Conception

Les échangeurs à plaques air/air ressemblent à des boîtes à extrémités ouvertes, d'une section rectangulaire, qui sont compartimentées dans une multitude de passages étroits de forme cellulaire. Les passages contigus sont traversés par des courants d'air opposés, et l'énergie thermique est transférée d'un courant d'air à l'autre par simple conduction à travers la paroi. La conception des plaques permet de loger une grande surface dans un volume compact.

Les échangeurs de chaleur à plaques air/air sont soit du vrai type à contre-courant, soit à courant croisé. Avec ces deux types d'échangeurs de chaleur, les courants d'air sont maintenus séparés et il n'y a pas de risque d'une pollution mutuelle.

## 5. Platten-Wärmeaustauscher

### 5.1 Definition

Ein Luft-zu-Luft Platten-Wärmeaustauscher ist eine statische Vorrichtung zum Austausch von Wärmeenergie zwischen zwei getrennten Luftströmen, welche benachbart durch getrennte Passagen strömen, und zwar durch Wärmeleitung durch die Wandungen der Passagen für die Luftströme.

### 5.2 Bauweise

Die Luft-zu-Luft Platten-Wärmeaustauscher gleichen einem Kasten mit offenen Enden, dessen rechteckiger Querschnitt in eine Vielzahl von engen Passagen in Zellenstruktur unterteilt ist. Abwechselnde Passagen führen abwechselnde Luftströme und die Wärmeenergie wird von einem Luftstrom zum anderen durch einfache Wärmeleitung durch die Passagewandung hindurch übertragen. Die Bauweise mit Platten ermöglicht es, große Oberflächen in einem kompakten Volumen unterzubringen.

Luft-zu-Luft Platten-Wärmeaustauscher sind entweder vom reinen Gegenstrom-oder vom Kreuzstromtyp. Bei beiden Anordnungen werden die Luftströme getrennt gehalten und es besteht kein Risiko der Pollution.

## 5. Scambiatori di calore a piastre

### 5.1 Definizione

Uno scambiatore di calore a piastre aria-aria è un dispositivo statico atto a scambiare energia termica tra due flussi d'aria che scorrono uno adiacente all'altro in condotti separati, per conduzione attraverso le pareti dei condotti.

### 5.2 Caratteristiche costruttive

Uno scambiatore di calore a piastre aria-aria è simile ad una scatola a lati aperti a sezione rettangolare costituita da compartimenti che formano una molteplicità di stretti passaggi a forma cellulare. Attraverso passaggi alternati scorrono i flussi di aria e l'energia termica è trasferita da un flusso d'aria all'altro semplicemente per conduzione attraverso le pareti dei condotti. La costruzione delle piastre consente di contenere in uno spazio limitato un'ampia superficie di scambio.

Gli scambiatori di calore a piastre aria-aria sono sia del tipo a perfetta controcorrente che del tipo a flussi incrociati. In entrambi i tipi di scambiatori i flussi d'aria sono mantenuti separati e quindi non c'è rischio di contaminazione.

Whilst heat exchangers are defined as counterflow and cross flow, there is a further definition of two categories:

1. Pure plate heat exchangers comprising only primary heat transfer surfaces.  
(See Figs. 3 A, B, C, D).
2. The plate fin heat exchanger made up to alternative layer of separate plates and inter-connecting fins (see Fig. 3 E).

It is worth noting that the pure plate exchanger can be designed for counterflow and cross flow application, whereas the plate fin heat exchanger is always of the cross flow type.

5.3 Materials

There are a variety of materials used in the construction of plate heat exchangers. Typical material specifications for casing and plates are as follows:

<u>Casing Materials</u>	<u>Plate Materials</u>
Steel	Aluminium
Steel	Steel
Steel	Glass

Bien que les échangeurs de chaleur soient définis par le contre-courant ou le courant croisé, il y a une autre distinction en deux catégories:

1. Les échangeurs de chaleur à plaques purs, ne comprenant que des surfaces primaires de transfert de chaleur (voir Figs. 3 A, B, C et D).
2. Les échangeurs de chaleur à plaques ailettées, comprenant des couches alternatives de plaques séparées et d'ailettes de liaison (voir fig. 3 E).

Il faut noter que l'échangeur à plaques pur peut être conçu pour contre-courant ou pour courant croisé, tandis que l'échangeur à plaques ailettées est toujours à courant croisé.

5.3 Matériaux

On utilise des matériaux très variés pour construire des échangeurs de chaleur à plaques. Les spécifications typiques pour les matériaux du carter et des plaques sont indiquées ci-dessous:

<u>Matériaux des carters</u>	<u>Matériaux des plaques</u>
Acier	Aluminium
Acier	Acier
Acier	Verre

Wenn auch die Wärmeaustauscher als Gegenstrom- bzw. Querstromaustauscher definiert sind, ist noch eine weitere Unterteilung in zwei Kategorien möglich:

1. Reine Platten-Wärmeaustauscher, welche nur primäre Wärmeaustauscherflächen aufweisen (siehe Abb. 3 A, B, C und D).
2. Platten-Rippen-Wärmeaustauscher, welche aus abwechselnden Lagen getrennter Platten, und diese verbindenden Rippen bestehen (siehe Abb. 3 E).

Es muß darauf hingewiesen werden, daß der reine Platten-Wärmeaustauscher für Gegenstrom und Querstrom konstruiert werden kann, während der Platten-Rippen-Wärmeaustauscher immer vom Querstromtyp ist.

### 5.3 Werkstoffe

Für den Bau von Platten-Wärmeaustauschern werden sehr unterschiedliche Werkstoffe verwendet. Nachstehend werden einige typische Werkstoff-Spezifikationen für das Gehäuse und die Platten angeführt:

<u>Werkstoff für das Gehäuse</u>	<u>Werkstoff für die Platten</u>
Stahl	Aluminium
Stahl	Stahl
Stahl	Glas

Mentre gli scambiatori di calore sono definiti in controcorrente o a flussi incrociati, vengono definite due ulteriori categorie:

1. Scambiatori di calore a piastre lisce costituiti semplicemente dalle superfici di scambio (vedere fig. 3 A, B, C e D).
2. Scambiatori di calore a piastre alettate costituite da strati alternati di piastre separate e di alette di interconnessione (vedere fig. 3 E).

Va notato che mentre lo scambiatore a piastre lisce può essere progettato sia per flussi in controcorrente che per flussi incrociati, quello a piastre alettate è sempre del tipo a flussi incrociati.

### 5.3 Materiali

Esiste una grande varietà di materiali impiegati per la costruzione di scambiatori di calore a piastre. I materiali tipici impiegati per il contenitore e per le piastre sono i seguenti:

<u>Materiale del contenitore</u>	<u>Materiale delle piastre</u>
Acciaio	Alluminio
Acciaio	Acciaio
Acciaio	Vetro

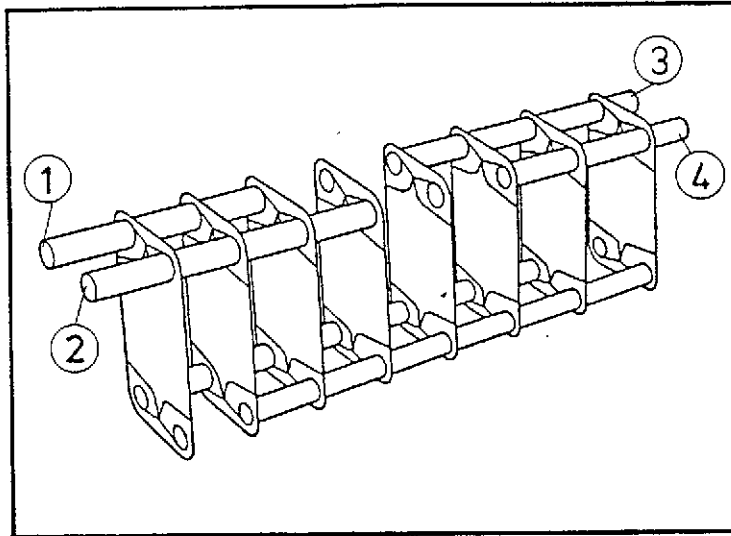


Fig. 2: Typical Basic Plate Heat Exchanger Core

Fig. 2: Noyau élémentaire typique d'un échangeur de chaleur à plaques

- 1: Cold supply
- 2: Cooled effluent
- 3: Warmed supply
- 4: Hot effluent

- 1: Affluence froide
- 2: Effluence refroidie
- 3: Affluence chaude
- 4: Effluence réchauffée

5.4 Design Features & Constraints

The design of a plate heat exchanger is to optimise the energy recovery between two air streams.

The basic equation for the exchange of sensible heat between the two air streams is:

$$Q = KA\Delta T$$

where K = coefficient of heat transmission

A = heat exchange surface

$\Delta T$  = mean temperature difference

The coefficient of heat transmission K is defined as:

$$\frac{1}{h_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

5.4 Bases de l'étude et contraintes

L'étude d'un échangeur de chaleur à plaque tend à optimiser la récupération d'énergie entre deux courants d'air.

L'équation de base pour l'échange de chaleur sensible entre deux courants d'air est:

$$Q = KA \Delta T$$

avec K = coefficient de transfert global

A = la surface d'échange

$\Delta T$  = l'écart moyen de températures.

Le coefficient de transfert global est défini comme suit:

$$\frac{1}{h_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

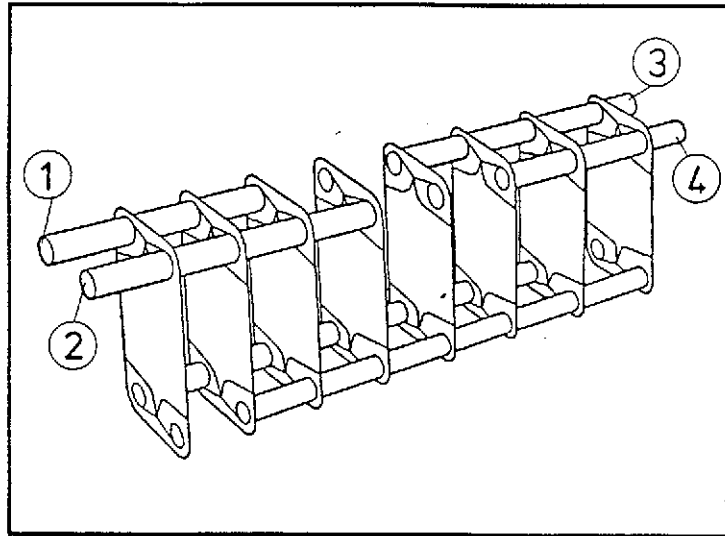


Abb. 2: Typischer, elementarer Kern eines Platten-Wärmeaustauschers  
 Fig. 2: Tipico nucleo base di scambiatore di calore a piastre

- 1: Kalter Zufluß
- 2: Gekühlter Abfluß
- 3: Warmer Zufluß
- 4: Erwärmter Abfluß

- 1: Afflusso freddo
- 2: Scolo raffreddato
- 3: Afflusso caldo
- 4: Scolo riscaldato

5.4 Konstruktionsmerkmale u. -auflagen

Die Konstruktion eines Platten-Wärmeaustauschers zielt darauf ab, die Energierückgewinnung zwischen zwei Luftströmen zu optimieren.

Die grundlegende Gleichung für den Austausch fühlbarer Wärme zwischen zwei Luftströmen lautet:

$$Q = KA \Delta T$$

mit K = Wärmedurchgangszahl

A = Austauschfläche

$\Delta T$  = mittlerer Temperatur-differenz

Die Wärmedurchgangszahl ist wie folgt definiert:

$$\frac{1}{h_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

5.4 Caratteristiche e limiti di progetto

La progettazione di uno scambiatore a piastre consiste nell'ottimizzare il recupero di energia tra due flussi d'aria.

L'equazione base dello scambio di calore sensibile tra due flussi d'aria è:

$$Q = KA \Delta T$$

dove K = coefficiente di trasmissione del calore

A = superficie di scambio

$\Delta T$  = differenza media di temperatura

Il coefficiente di trasmissione K è definito da:

$$\frac{1}{h_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

where

$h_1$  and  $h_2$  = surface coefficients  
dependent on air  
velocities  
 $s$  = thickness of plate  
 $\lambda$  = thermal conductivity  
of the plate material

avec

$h_1$  et  $h_2$  = les coefficients de  
transmission superficielle,  
en fonction  
 $s$  = l'épaisseur de la plaque  
 $\lambda$  = la conductibilité thermi-  
que du matériau de la  
plaque

From the above, the efficiency of the energy recovery depends upon the exchange surface, the conductivity of the material and temperature difference. The thickness of the plates is a consideration in the design of a plate heat exchanger to avoid failure due to the pressure differential between the two air streams. However, it is normally very thin and the material conductivity has negligible result on the effectiveness of the heat exchanger.

The counterflow plate heat exchanger provides the greatest temperature differences for maximum heat transfer, but the cross flow plate heat exchanger, whilst not so temperature effective as a counterflow, can provide more convenient air connections.

The plate heat exchanger has the broadest temperature of all air-to-air energy recovery equipment as it is independent of any secondary transfer fluid.

D'après les équations ci-dessus, le rendement de la récupération de chaleur dépend de la surface d'échange de la conductibilité du matériau et de l'écart de température. L'épaisseur des plaques est choisie lors de l'étude de l'échangeur de chaleur à plaque pour éviter une défaillance sous la pression différentielle entre les deux courants d'air. Cependant, elle est normalement assez faible et son effet sur le rendement de l'échangeur de chaleur est négligeable.

L'échangeur de chaleur à plaque en contre-courant donne l'écart de température le plus grand, dans l'intérêt d'un transfert maximal de chaleur, mais l'échangeur à plaque en courant croisé, tout en étant moins efficace que le modèle à contre-courant, peut être plus avantageux pour les branchements sur les conduits d'air.

L'échangeur de chaleur à plaque offre l'écart de température le plus grand parmi tous les dispositifs air/air de récupération de chaleur, parce qu'il ne fait pas appel à un fluide secondaire pour le transfert.



mit

$h_1$  und  $h_2$  = Oberflächenkoeffizienten, von der Luftgeschwindigkeit abhängig

$s$  = Wandstärke der Platte

$\lambda$  = Wärmeleitfähigkeit des Plattenwerkstoffes

Entsprechend vorstehender Gleichungen hängt der Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung von der Austauschfläche, der Leitfähigkeit des Werkstoffes und der Temperaturdifferenz ab. Die Wandstärke der Platten ist bei der Konstruktion eines Platten-Wärmeaustauschers so zu bemessen, daß Brüche unter dem Druckunterschied zwischen den zwei Luftströmen vermieden werden. Sie ist jedoch normalerweise immer sehr dünn und die Leitfähigkeit des Materials hat nur einen vernachlässigbaren Einfluß auf die Wirksamkeit des Wärmeaustauschers.

Der Gegenstrom-Platten-Wärmeaustauscher ergibt die größte Temperaturdifferenz im Interesse maximalen Wärmeüberganges, der Kreuzstrom-Platten-Wärmeaustauscher ist wohl nicht so temperaturwirksam wie der Gegenstromtyp, kann aber für die Luftanschlüsse geeigneter sein.

Der Platten-Wärmeaustauscher hat den größten Temperaturabstand von allen Luft-zu-Luft Energierückgewinnungsvorrichtungen, da er nicht von einem sekundären Übertragungsmedium abhängt.

dove

$h_1$  e  $h_2$  = coefficienti superficiali (o liminari) che dipendono dalla velocità dell'aria

$s$  = spessore delle piastre

$\lambda$  = conducibilità termica del materiale delle piastre

Ne consegue che l'efficienza del recupero di energia dipende dalla superficie di scambio, dalla conducibilità del materiale e dalla differenza di temperatura. Lo spessore delle piastre deve essere considerato nella progettazione dello scambiatore per evitare rotture dovute alla differenza di pressione tra i due flussi d'aria. Essendo di norma molto sottile, ne deriva che la conducibilità del materiale ha un'influenza trascurabile sull'efficienza dello scambiatore.

Lo scambiatore di calore a piastre in controcorrente assicura una maggiore differenza di temperatura con conseguente massimo trasferimento di calore, mentre quello a due flussi incrociati che per quanto riguarda la differenza di temperatura non è così efficiente, consente un più facile collegamento alle condotte dell'aria.

Lo scambiatore di calore a piastre offre il più ampio campo di impiego rispetto a tutti i recuperatori di energia aria-aria, dato che non utilizza alcun fluido intermedio di trasferimento.

The typical plate heat exchanger recovers sensible heat energy only, except when the temperature of one air stream is low enough to cause condensation in the opposing air stream.

Air-to-air plate heat exchangers are designed on a modular basis, which not only assists the maintenance of the equipment, but permits the equipment to be suitable for a variety of air volumes and pressure drops.

Pressure drop through a plate heat exchanger for a given design is a function of air temperature and mass flow rate. However, for temperatures associated with air conditioning systems, the influence of air temperatures is minimal, but when used to recover energy from process waste air/gas streams which may be dust laden or contaminated with other gases, the effect of this and temperature must be considered when assessing the pressure drop.

Dependent upon the application, the moisture content of the exhaust air, and the temperature of the supply air, consideration should be given to the possibility of freeze up between the air passages. To pre-

Un échangeur de chaleur typique à plaque ne récupère que la chaleur sensible, sauf dans le cas d'une température d'un des courants d'air qui est assez basse pour provoquer la condensation dans le courant d'air opposé.

Les échangeurs de chaleur à plaque sont conçus selon le système modulaire, qui ne favorise pas seulement l'entretien de l'équipement, mais permet aussi d'utilisation de l'équipement pour des débits d'air et pertes de charge différents.

La perte de charge dans un échangeur de chaleur à plaque d'une conception donnée, dépend de la température de l'air et du débit-masse. Cependant, aux températures qu'on rencontre dans le conditionnement d'air, l'influence de la température d'air est minime, sauf dans le cas de la récupération d'énergie provenant d'air/gaz extraits de procédés, qui peuvent être chargés en poussière ou être contaminés avec d'autres gaz; dans ces cas il faut retenir l'effet de ces circonstances et de la température pour vérifier la perte de charge.

Cependant, selon l'application, la teneur en humidité de l'air extrait et la température de l'air neuf doivent être retenues pour évaluer le risque de givrage des passages d'air. Pour éviter le givrage, on prévoit

Der typische Platten-Wärmeaustauscher gewinnt nur die fühlbare Wärme zurück, es sei denn, daß die Temperatur des einen Luftstromes niedrig genug ist, um eine Kondensation im anderen Luftstrom hervorzurufen.

Luft-zu-Luft Platten-Wärmeaustauscher werden im Baukastensystem konstruiert, was nicht nur die Wartung des Gerätes erleichtert, sondern den Einsatz des Gerätes für sehr unterschiedliche Luftvolumenströme und Druckverluste ermöglicht.

Der Druckverlust durch einen Platten-Wärmeaustauscher hängt bei einer gegebenen Konstruktion von der Lufttemperatur und dem Massenstrom ab. Bei Temperaturen, wie man sie in Klimaanlagen vorfindet, ist der Einfluß der Lufttemperaturen minimal, es sei denn, daß man Energie von Abluft/Abgas industrieller Prozesse rückgewinnt, welche staubbeladen oder mit anderen Gasen verseucht sein können, so daß dieser Einfluß und derjenige der Temperatur bei der Bestimmung des Druckverlustes berücksichtigt werden müssen.

Je nach den Anwendungen, dem Feuchtigkeitsgehalt der Abluft und der Temperatur der Frischluft ist die Möglichkeit eines Einfrierens zwischen den Luft-Passagen ins Auge zu fassen. Um ein Einfrieren zu verhin-

Lo scambiatore a piastre tipico recupera solo calore sensibile ad eccezione di quando la temperatura di uno dei flussi d'aria è sufficientemente bassa da causare condensazione nel flusso opposto.

Gli scambiatori aria-aria a piastre sono progettati su base modulare, il che non solo facilita la loro manutenzione, ma consente di ottenere recuperatori adatti per un'ampia gamma di portate e di perdite di carico.

La perdita di carico di uno scambiatore a piastre è funzione della temperatura dell'aria e della portata massica. Di norma, con le temperature in gioco negli impianti di condizionamento l'influenza della temperatura è minima, ma quando sono impiegati per recuperare energia da effluenti gassosi (aria/gas) di processi industriali che possono contenere polveri o possono essere contaminati da altri gas, la presenza di questi e la temperatura devono essere considerati nel valutare le perdite di carico.

In funzione dell'applicazione, del contenuto di umidità dell'aria di scarico e della temperatura dell'aria di immissione, deve essere tenuta presente la possibilità di formazione di brina nei passaggi dell'aria. Per prevenire la formazione di brina

vent freeze up, a sliding lid is provided on the outdoor air side, thereby inhibiting the inflow of cold air, thus permitting the plates to warm up, thus preventing freezing.

The efficiency at which a plate heat exchanger will operate is dependent on the ratio of the supply and exhaust air mass flows.

### 5.5 Performance

The energy recovery for the plate heat exchange is in the range of 50 to 80 % where as for a plate fin heat exchanger, the energy recovery is in the order of 40 to 60 %.

Plate exchangers are designed and manufactured to have no cross contamination or leakage between the two air streams, providing the plate exchangers are installed within the design specified limits. Connections to and from the plate heat exchangers must be correctly made.

The plate heat exchanger should be located to provide easy access to the heat transfer surface for cleaning after installation. Where this is not possible, an automatic water/industrial detergent solution system should be used, and correctly drained with U traps.

un volet coulissant côté air extérieur, pour s'opposer à l'entrée d'air froid, et permettre aux plaques de monter en température, si bien que le givrage ne se produit pas.

L'efficacité de fonctionnement d'un échangeur de chaleur à plaque dépend du rapport entre débits-masses de l'air neuf et de l'air extrait.

### 5.5 Performances

La récupération avec un échangeur de chaleur à plaque pur, est de l'ordre de grandeur de 50 à 80 %, tandis qu'un échangeur à plaques ailetées donne une récupération de l'ordre de 40 à 60 %.

Les échangeurs à plaque sont étudiés et fabriqués de manière à éviter toute pollution ou fuite mutuelle entre les deux courants d'air, tant que les échangeurs à plaque sont installés dans les limites des données de base de l'étude. Les branchements d'entrée et de sortie des échangeurs de chaleur à plaque doivent être faits correctement.

Les échangeurs de chaleur à plaque doivent être implantés de manière à permettre un accès facile à la surface d'échange en vue du nettoyage après l'installation. Lorsque cela n'est pas possible, il faudrait utiliser un système automatique utilisant une solution d'un détergent industriel dans l'eau, avec un drainage correct par intercepteurs en U.

dern, wird eine Schubklappe auf der Außenluftseite vorgesehen, welche den Eintritt von Kaltluft verhindert und somit ein Anwärmen der Platten ermöglicht, damit das Einfrieren verhindert wird.

Die betriebliche Wirksamkeit eines Platten-Wärmeaustauschers hängt von dem Verhältnis der Massenströme der Frisch- und der Abluft ab.

### 5.5 Leistungswerte

Die Energierückgewinnung bei reinen Platten-Wärmeaustauschern ist in der Größenordnung von 50 bis 80 %, wohingegen für die Platten-Rippen-Wärmeaustauscher die Wärmerückgewinnung in der Größenordnung von 40 bis 60 % liegt.

Plattenaustauscher werden so konstruiert und gebaut, daß keine gegenseitige Pollution oder Leckage zwischen den beiden Luftströmen eintritt, soweit die Austauschere entsprechend der Auslegungsbedingungen betrieben werden. Die Anschlüsse zu und von den Plattenaustauschern müssen ordentlich erfolgen.

Der Platten-Wärmeaustauscher ist so aufzustellen, daß der Zugang zur Austauscherfläche zwecks Reinigung nach der Installation leicht bewerkstelligt werden kann. Wenn dies nicht möglich ist, sollte ein automatisches System mit Wasser bzw. einer Lösung eines industriellen Detergenstums eingesetzt werden und mit U-förmigen Verschlüssen richtig entwässert werden.

si può prevedere una serranda sulla presa di aria esterna atta ad impedire l'immissione di aria fredda per permettere cosè di riscaldare le piastre di scambio e di evitare la formazione di brina.

L'efficienza dello scambiatore a piastre dipende dal rapporto tra le portate massiche dell'aria di immissione e di quella di espulsione.

### 5.5 Prestazioni

Il recupero di energia dello scambiatore a piastre puro varia dal 50 all'80%, mentre quello dello scambiatore a piastre alettato varia dal 40 al 60%.

Gli scambiatori a piastre sono progettati e costruiti in modo da evitare contaminazioni e perdite tra i due flussi d'aria, sempre che gli scambiatori siano installati entro i limiti di progetto specificati. I collegamenti allo e dallo scambiatore devono essere eseguiti in modo appropriato.

Gli scambiatori devono essere installati in modo da consentire l'accesso alle superfici di scambio per la pulizia ad installazione avvenuta. Quando ciò non è possibile, deve essere previsto un sistema automatico di lavaggio mediante soluzione di detergente in acqua, opportunamente drenato con sifoni.

In very cold weather there may be a risk of freezing of condensate on the plate surfaces in contact with the exhaust air.

Part of the cold intake air can be diverted through the by-pass when a frost risk occurs.

A frost protection mechanism developed by at least one manufacturer comprises a sliding lid which moves to block off some of the passages thus preventing the inflow of cold, fresh air.

The sliding lid is timer controlled to move along once the plates have warmed up and the ice has melted. The lid reduces the heat recovery capacity slightly and increases the pressure drop on the fresh air side.

## 5.6 Special Features

### 5.6.1 Advantages

- No moving parts, except for capacity control or de-frost by-pass dampers if fitted.
- Little or no possibility of cross contamination of air streams if properly constructed.

Par temps très froid, il peut y avoir un risque de gel de condensat sur les surfaces des plaques en contact avec l'air extrait.

Une partie de l'aspiration d'air froid peut être déviée par une dérivation en cas de risque de gel. Au moins un fabricant a mis au point un mécanisme de protection contre le gel, comprenant un volet coulissant qui se déplace pour obturer certains des passages et éviter ainsi l'introduction d'air extérieur froid.

Le volet coulissant est commandé par une minuterie pour le déplacer dès que les plaques se sont échauffées et que la glace a fondu. Le volet réduit légèrement la capacité de récupération de chaleur et augmente la perte de charge du côté de l'air neuf.

## 5.6 Particularités

### 5.6.1 Avantages

- Pas de pièces en mouvement, sauf pour les registres de variation de la capacité ou d'anti-gel par dérivation s'il y en a.
- Peu ou pas de risque de pollution mutuelle des courants d'air, sous réserve d'une construction correcte.

Bei sehr kalter Witterung kann ein Risiko des Einfrierens von Kondensat auf den mit der Abluft in Berührung stehenden Plattenoberflächen gegeben sein.

Ein Teil der eintretenden Kaltluft kann über einen By-pass umgeleitet werden, wenn ein Frostisiko eintritt. Eine Frostschutzvorrichtung, wie sie von zumindestens einem Hersteller entwickelt worden ist, arbeitet mit einer Schubklappe, welche einige der Passagen absperrt und auf diese Weise den Eintritt von kalter Frischluft verhindert.

Die Schubklappe ist zeitgesteuert und bewegt sich nachdem die Platten auf Temperatur gekommen sind und das Eis geschmolzen ist.

Diese Klappe reduziert ein wenig die Rückgewinnungskapazität und erhöht den Druckverlust auf der Frischluftseite.

## 5.6 Besonderheiten

### 5.6.1 Vorteile

- Keine bewegten Teile, mit Ausnahme der Steuerung der Leistung oder von Enteisungs-Umleitungsklappen, soweit solche eingebaut sind.
- Geringe oder keine Möglichkeit der gegenseitigen Pollution der Luftströme, wenn die Austauschschichten ordentlich gebaut sind.

In climi molto freddi ci può essere il rischio di congelamento della condensa (formazione di brina) sulle superfici delle piastre in contatto con l'aria di scarico.

Quando si manifesta questo rischio parte dell'aria fredda di immissione può essere convogliata attraverso un condotto di by-pass. Un meccanismo di protezione antigelo progettato da almeno un costruttore, comprende una serranda che muovendosi blocca alcuni passaggi evitando che entri aria fresca fredda.

La serranda è controllata a tempo in modo da riaprirsi quando la piastra si è riscaldata e la brina sciolta.

La serranda riduce leggermente la capacità di recupero ed aumenta le perdite di carico sul lato dell'aria di immissione.

## 5.6 Caratteristiche particolari

### 5.6.1 Vantaggi

- Nessuna parte in movimento, tranne nel caso che sia prevista la serranda di sbrinamento.
- Nessuna o limitata possibilità di contaminazione tra i due flussi d'aria se costruito propriamente.

-Plate material (including protective surface coating) and plate spacings can be selected to suit a wide range of applications.

-Easily cleaned if the exchanger can be quickly withdrawn from the duct.

### 5.6.2 Disadvantages

-Sensible heat transfer only (except when condensation occurs on the warmer side of plates).

-Static pressure difference between fresh air and exhaust air streams is limited, depending on construction.

-By-pass duct needed in summer to avoid overheating fresh air.

-Freeze-up of condensation on the exhaust side could occur in the U.K. climate although the risk is slight; may be avoided by a fresh air pre-heater or by limiting heat transfer rate.

-Le matériau des plaques (y compris les revêtements de protection des surfaces) et l'écartement des plaques peuvent être choisis pour s'adapter à une large gamme d'applications.

-Nettoyage facile, si l'échangeur peut être retiré rapidement du conduit.

### 5.6.2 Inconvénients

-Transfert de la chaleur sensible seule (sauf condensation sur la face relativement plus chaude des plaques).

-La différence de pression statique entre les courants d'air neuf et d'air extrait, est limitée en fonction de la conception.

-Il faut un conduit de dérivation en été pour éviter une surchauffe de l'air neuf.

-Un gel des condensats peut se faire sur la face d'air extrait sous le climat dans le Royaume Uni, bien que ce risque soit faible; on peut l'éviter par un préchauffage de l'air neuf ou par une limitation du taux de transfert de la chaleur.



- Das Plattenmaterial (einschließlich der Schutzüberzüge für die Oberflächen) und der Plattenabstand können für einen weiten Bereich von Anwendungen, jeweils passend gewählt werden.
- Leichtes Reinigen, soweit der Austauscher schnell aus dem Kanal ausgezogen werden kann.
- Il materiale delle piastre (compresi rivestimenti protettivi) e dei distanziatori può essere scelto in modo da consentire la più ampia gamma di applicazioni.
- Facilmente pulibile se lo scambiatore può essere estratto rapidamente dal condotto.

### 5.6.2 Nachteile

- Übertragung nur der fühlbaren Wärme (es sei denn, es tritt Kondensation auf der wärmeren Seite der Platten ein).
- Der Unterschied statischen Druckes zwischen dem Frischluft- und dem Abluftstrom ist, je nach der Bauweise, begrenzt.
- Im Sommer ist ein Umgehungskanal erforderlich, um ein Überhitzen der Frischluft zu vermeiden.
- Einfrieren des Kondensates auf der Abluftseite könnte eintreten, wenn auch dieses Risiko gering ist; es kann durch einen Frischluft-Vorwärmer oder durch Begrenzung des Wärmeüberganges ausgeschaltet werden.

### 5.6.2 Svantaggi

- Recupero del solo calore sensibile (salvo il caso di condensazione sul lato dell'aria calda).
- La differenza di pressione statica tra l'aria immessa e quella espulsa è limitata e dipende dal tipo di costruzione.
- Nella stagione estiva è necessario disporre di un condotto by-pass, allo scopo di impedire un surriscaldamento dell'aria di immissione.
- Nei climi freddi si può verificare la formazione di brina sul lato di espulsione; può essere evitata o preriscaldando l'aria esterna o riducendo la capacità di recupero.

### 5.7 Energy Recovery with Change of Phase

There are many heat recovery applications where the exhaust air has a high moisture content, from which heat can be extracted. Although plate heat with glass and metal plates are basically sensible heat exchangers, they are ideally suited to such applications as the air to be heated can benefit by the transfer of the latent heat of condensation. Approximately 500 kJ is transferred to the incoming air for every kilogram of moisture condensed. Therefore, the ratio of exhaust to supply air can be in the order of 1 : 3 when the exhaust air is condensed, but could be in the ratio of 2 : 3 when the exhaust air does not condense.

The recovered heat transferred to the supply air stream and Figure 4 illustrates the thermodynamic process for a balanced flow and Figure 5 illustrates the process when the supply air is twice that of the exhaust.

### 5.7 Récupération d'énergie avec changement de phase

Il y a beaucoup d'applications de récupération de chaleur où l'air extrait présente une forte teneur en humidité, dont on peut extraire de la chaleur. Bien que des échangeurs de chaleur à plaque comportant des plaques en verre et en métaux soient fondamentalement des échangeurs pour la chaleur sensible, ils conviennent d'une manière idéale aux applications dans lesquelles l'air à réchauffer peut profiter du transfert de la chaleur latente des condensats. Il y a environ 500 kJ de transfert à l'air entrant, par kg d'humidité condensée. Ainsi, le rapport entre l'air extrait et l'air neuf peut être de l'ordre de 1 : 3 dans le cas de condensation de l'air extrait, contre 2 : 3 lorsque l'air extrait ne condense pas.

La chaleur récupérée transmise au courant d'air neuf ressort de la fig. 4 qui représente le procédé thermodynamique pour un débit équilibré, et de la fig. 5 pour le cas où le débit d'air neuf est le double de celui de l'air extrait.

### 5.7 Energie-Rückgewinnung mit Phasenänderung

In vielen Anwendungsfällen der Wärmerückgewinnung hat die Abluft einen hohen Feuchtigkeitsgehalt, der eine Wärmegewinnung ermöglicht. Obwohl Wärmeaustauscher mit Platten aus Glas und Metall von Haus aus Austauscher für die fühlbare Wärme sind, sind sie auch in idealer Weise für Anwendungen geeignet, in denen die anzuwärmende Luft vom Übergang der latenten Kondensationswärme profitieren kann. Pro Kilogramm kondensierte Feuchtigkeit werden ca. 500 kJ an die eintretende Luft übertragen. Auf diese Weise kann das Verhältnis von Ab- und Zuluft in der Größenordnung von 1 : 3 liegen, wenn die Abluft kondensiert wird, aber nur von 2 : 3, wenn die Abluft nicht kondensiert.

Die wiedergewonnene Wärme wird an den Frischluftstrom übertragen und Abb. 4 zeigt den thermodynamischen Prozeß für gleiche Volumenströme und die Abb. 5 für den Fall, daß die Frischluft das Doppelte der Abluft ausmacht.

### 5.7 Recupero di energia con cambio di fase

In molte applicazioni di recupero di energia l'aria di espulsione ha un alto contenuto di umidità ed è possibile quindi recuperare energia. Benchè i recuperatori a piastre metalliche o in vetro siano fondamentalemente degli scambiatori di calore sensibile, essi sono adatti anche per queste applicazioni poichè l'aria da riscaldare può beneficiare del trasferimento del calore latente di condensazione. Approssimativamente per ogni kg di umidità condensata si possono trasferire 500 kJ all'aria di immissione.

Pertanto il rapporto dell'aria di espulsione rispetto a quella di immissione può essere dell'ordine di 1 : 3 quando l'aria di espulsione condensa, ma solo nel rapporto di 2 : 3 quando l'aria di espulsione non condensa.

La figura 4 illustra il processo termodinamico del trasferimento del calore di recupero all'aria di immissione nel caso di flussi d'aria uguali, mentre la figura 5 illustra lo stesso processo quando la portata d'aria di immissione è doppia di quella di espulsione.

### 5.8 Application

The plate heat exchanger can be used in any orientation, i.e. vertical, horizontally and diagonally.

In the application where it is determined that there will be condensation in one air stream, adequate provision must be made to ensure that the condensation can be effectively removed from the plate heat exchanger and/or the adjacent ductwork connections. To assist condensation removal, the natural flow of condensation and the air stream should be complementary. When condensation does occur, water carry over can occur, but as the plate heat exchanger is to each manufacturer's discrete design parameters, it is necessary to seek each manufacturer's advice regarding this characteristic.

When installing a plate heat exchanger, ideally both air streams should be filtered to prevent the build-up of material on the heat exchange surface. The fresh air stream requires a filter for general ventilation according to Document EUROVENT 4/5.

Where the other stream of air is contaminated, consideration must be given to the type of contaminant.

### 5.8 Applications

L'échangeur de chaleur à plaque peut être utilisé dans toutes les orientations, c'est-à-dire vertical, horizontal ou en diagonale.

Dans les applications où il peut se faire de la condensation dans un des courants d'air, il faut prendre des mesures pour évacuer le condensat de l'échangeur de chaleur à plaque et/ou des branchements de conduits contigus. Pour favoriser l'élimination des condensats, l'écoulement naturel du condensat et le courant d'air doivent être complémentaires. En présence d'une condensation, il peut y avoir entraînement d'eau; cependant, chaque échangeur de chaleur à plaque étant conçu selon les paramètres du fabricant, il convient de consulter ce dernier au sujet de ce risque.

Lorsqu'on installe un échangeur de chaleur à plaque, l'idéal serait de filtrer les deux courants d'air, pour éviter le dépôt de matières sur les surfaces d'échange. Dans le courant d'air neuf, il faut un filtre de ventilation générale selon Document EUROVENT 4/5.

Si l'autre courant est pollué, il faut tenir compte de la nature des pollutions.

## 5.8 Anwendungen

Der Platten-Wärmeaustauscher kann in jeder Lage, d.h. senkrecht, waagrecht oder in der Diagonalen eingebaut werden.

Bei Anwendungen, wo bekannt ist, daß Kondensation in einen Luftstrom eintreten wird, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, damit das Kondensat von dem Platten-Wärmeaustauscher und/oder anschließenden Kanalverbindungen ausgebracht werden kann. Um das Ausbringen des Kondensates zu erleichtern, sollten die Flußrichtungen des Kondensates und des Luftstromes übereinstimmen. Wenn Kondensation eintritt, kann Wasser mitgerissen werden, da aber die Platten-Wärmeaustauscher von den einzelnen Herstellern nach unterschiedlichen Konstruktionsparametern ausgelegt werden, ist in dieser Hinsicht beim Hersteller rückzufragen.

Für die Installation eines Platten-Wärmeaustauschers besteht die ideale Lösung darin, beide Luftströme zu filtern, um Ablagerungen auf den Austauscherflächen zu verhindern. Im Frischluftstrom ist ein Filter für allgemeine Lufttechnik nach Dokument EUROVENT 4/5 erforderlich.

Falls der andere Luftstrom verschmutzt ist, muß die Art der Verschmutzung berücksichtigt werden.

## 5.8 Applicazioni

Lo scambiatore a piastre può essere usato con qualsiasi disposizione ad esempio verticale, orizzontale e inclinato.

Nelle applicazioni in cui si prevede che si verificherà condensazione in uno dei flussi d'aria, sarà necessario adottare opportuni accorgimenti in modo che la condensa venga effettivamente rimossa dallo scambiatore e/o dai condotti adiacenti.

Per facilitare l'eliminazione della condensa, il flusso naturale della condensa e quello dell'aria dovrebbero essere complementari. Quando avviene la condensazione può anche avvenire un trascinarsi di acqua: in tale caso è necessario seguire i suggerimenti del costruttore dato che le caratteristiche dello scambiatore dipendono dalla sua progettazione.

Teoricamente, quando si installa un recuperatore a piastre, entrambi i flussi d'aria dovrebbero essere filtrati per prevenire la formazione di polvere sulle superfici di scambio. L'aria fresca di immissione richiede un filtro per ventilazione generale secondo del documento EUROVENT 4/5.

Quando l'aria o altri gas sono contaminati, occorre tenere presente la natura del materiale in sospensione.

Types of plate heat exchanger - Les types des échangeurs à plaque  
 Typen der Platten-Wärmeaustauscher - Tipi di scambiatori di calore a piastre

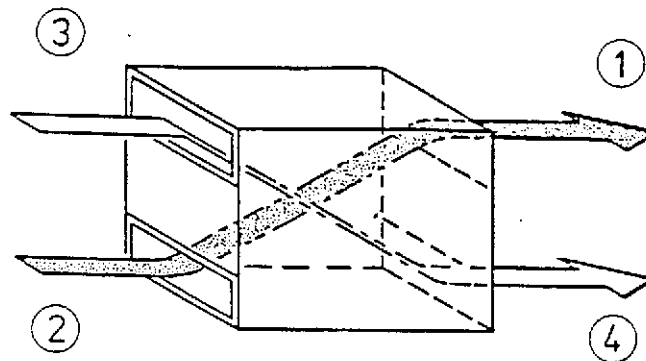


Fig. 3 (A): Pure-Plate Parallel Flow  
 Ecoulement parallèle pur  
 Reiner Parallelstrom-Plattenaustauscher  
 Scambiatore a piastre lisce a flusso parallelo

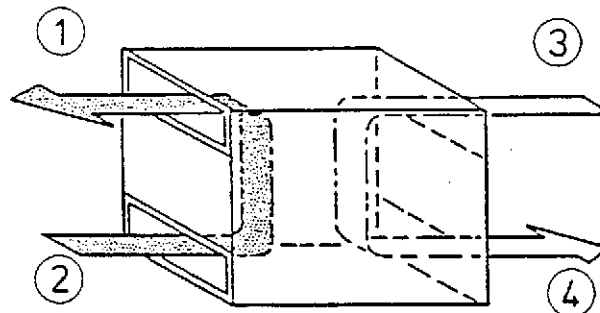


Fig. 3 (B): Pure-Plate Counterflow  
 Contre-courant pur d'un échangeur à plaque  
 Reiner Gegenstrom eines Plattenaustauschers  
 Scambiatore a piastre lisce a flusso in controcorrente

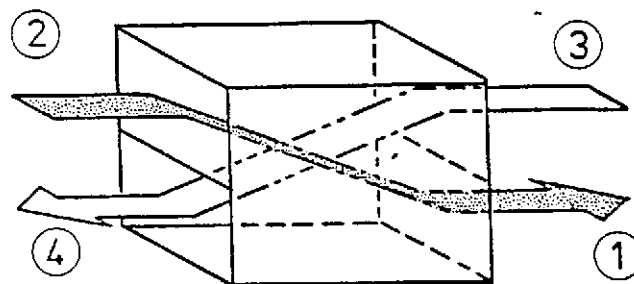


Fig. 3 (C): Pure-Plate Counterflow  
 Contre-courant pur d'un échangeur à plaque  
 Reiner Gegenstrom eines Plattenaustauschers  
 Scambiatore a piastre lisce a flusso in controcorrente

1: Exhaust air  
 2: Return air  
 3: Outside air  
 4: Supply air

1: Air extrait  
 2: Air repris  
 3: Air extérieur  
 4: Air neuf

1: Fortluft  
 2: Abluft  
 3: Außenluft  
 4: Zuluft

1: Aria di espulsion  
 2: Aria di ricircolo  
 3: Aria esterna  
 4: Aria di immission

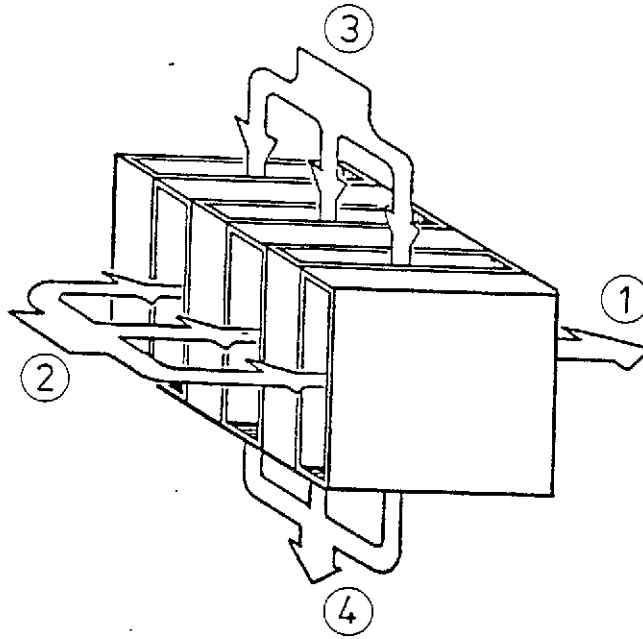


Fig. 3 (D): Plate Crossflow  
Echangeur à courant croisé avec plaques  
Kreuzstrom eines Plattenaustauschers  
Scambiatore a piastra liscie a flusso incrociato

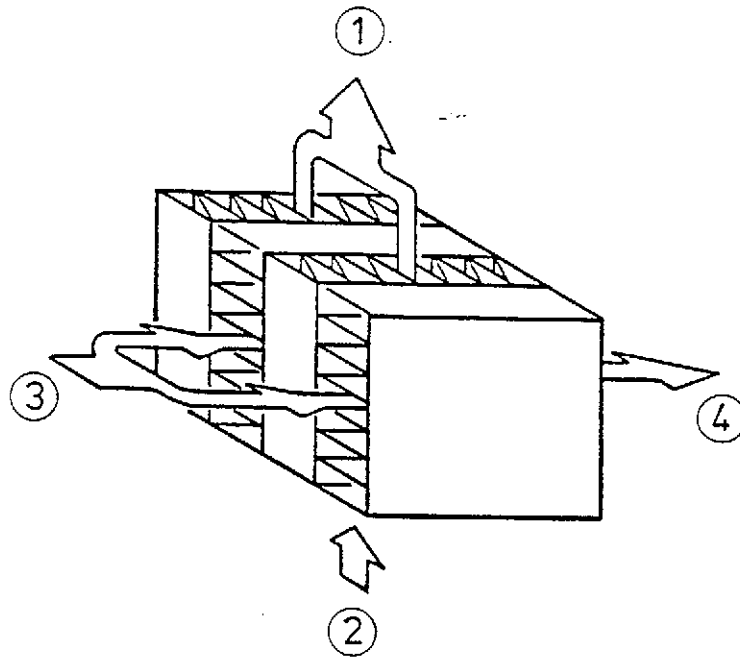


Fig. 3 (E): Plate-Fin Crossflow  
Echangeur à courant croisé avec plaques ailettées  
Kreuzstrom eines Platten-Rippenaustauschers  
Scambiatore a piastra alettate a flusso incrociato

- |                |                  |              |                       |
|----------------|------------------|--------------|-----------------------|
| 1: Exhaust air | 1: Air extrait   | 1: Fortluft  | 1: Aria di espulsione |
| 2: Return air  | 2: Air repris    | 2: Abluft    | 2: Aria di ricircolo  |
| 3: Outside air | 3: Air extérieur | 3: Außenluft | 3: Aria esterna       |
| 4: Supply air  | 4: Air neuf      | 4: Zuluft    | 4: Aria di immissione |

Heat exchange process with plate heat exchangers  
L'échange de chaleur dans les échangeurs à plaque  
Wärmeaustausch der Platten-Wärmeaustauscher  
Processi di scambio termico con scambiatori a piastre

---

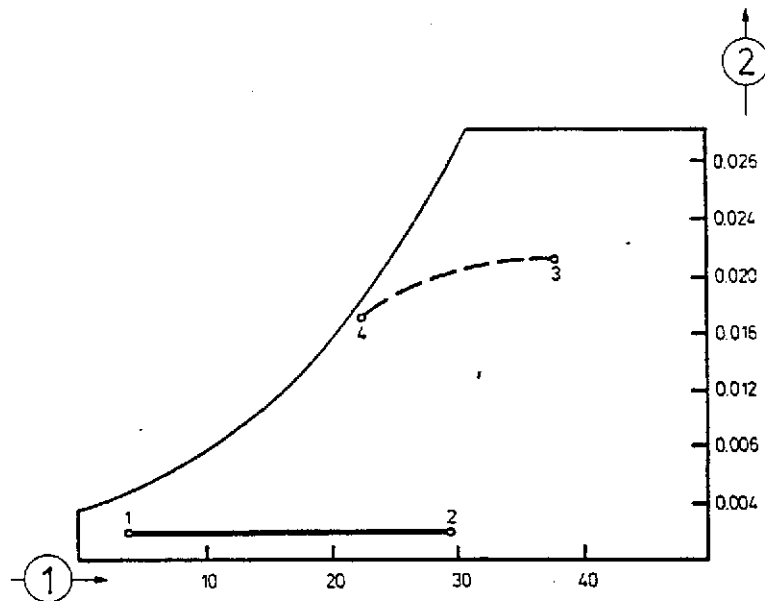


Fig. 4: Condensing within a sensible plate heat exchanger for balanced flow

Condensation à l'intérieur d'un échangeur à plaque pour chaleur sensible, avec débits égaux

Kondensation innerhalb eines Platten-Wärmeaustauschers für fühlbare Wärme bei gleichen Luftströmen

Condensazione di uno scambiatore di calore sensibile a piastre con flussi (d'aria) bilanciati

1. Dry-bulb temperature °C  
Température sèche °C  
Trockentemperatur °C  
Temperatura a secco °C

2. Humidity ratio  
Humidité  
Feuchtigkeit  
Umidità



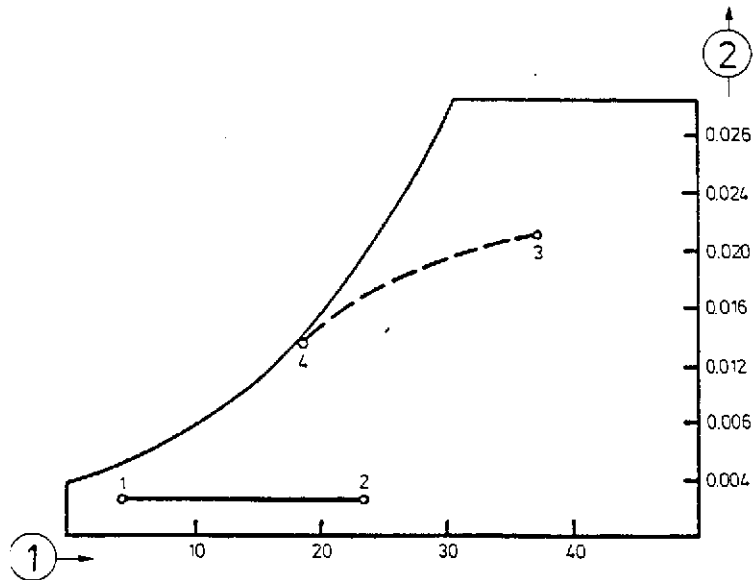


Fig. 5: Condensing within a sensible plate heat exchanger for unbalanced flow

Condensation à l'intérieur d'un échangeur à plaque pour chaleur sensible, avec débits inégaux

Kondensation innerhalb eines Platten-Wärmeaustauschers für fühlbare Wärme bei ungleichen Luftströmen

Condensazione in uno scambiatore di calore sensibile a piastre con flussi (d'aria) non bilanciati

1. Dry-bulb temperature °C  
Température sèche °C  
Trockentemperatur °C  
Temperatura a secco °C

2. Humidity ratio  
Humidité  
Feuchtigkeit  
Umidità

## 6. The Thermal Wheel

### 6.1 What It Is

A thermal, wheel which is sometimes known as an energy recovery wheel, is basically a rotary gas-to-gas (i.e. air-to-air) heat exchanger. The wheel is installed such that one half of its diameter is in the exhaust duct while the other half is in the air supply duct.

## 6. La roue thermique

### 6.1 Ses possibilités

Une roue thermique, appelée parfois roue de récupération d'énergie, est fondamentalement un échangeur de chaleur tournant gaz/gaz (c'est-à-dire air/air). La roue est installée de sorte que la moitié de son diamètre se trouve dans le conduit d'air extrait tandis que l'autre moitié pénètre dans le conduit d'air neuf.

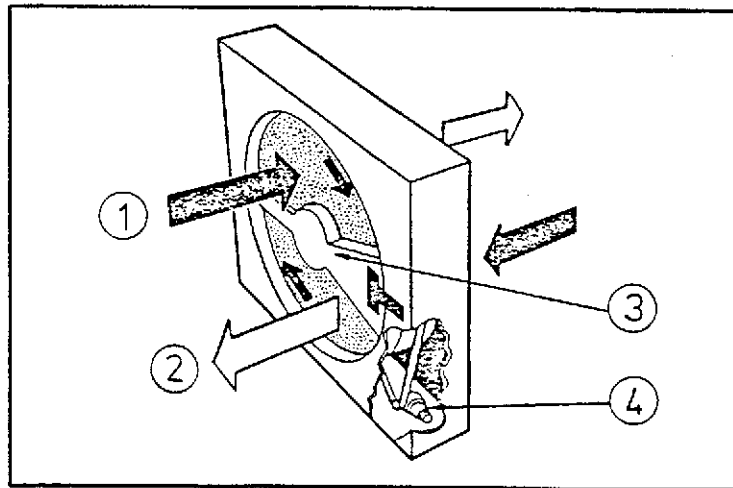


Fig. 6: The thermal wheel

- La roue thermique

- 1: Exhaust air
- 2: Supply air
- 3: Purging sector
- 4: Drive motor

- 1: Air extrait
- 2: Air neuf
- 3: Secteur de purge
- 4: Moteur d'entraînement

## 6. Das Wärmerad

### 6.1 Worum handelt es sich?

Ein Wärmerad, manchmal auch Wärmereückgewinnungsrads genannt, ist an sich ein umlaufendes Gas-zu-Gas (d.h. Luft-zu-Luft) Wärmeaustauscher. Das Rad wird so installiert, daß eine Hälfte seines Durchmessers sich in dem Abluftkanal befindet, während die andere Hälfte im Frischluftkanal ist.

## 6. La ruota termica

### 6.1 Che cosa è

La ruota termica, chiamata alcune volte recuperatore rotante di energia, è fondamentalmente uno scambiatore rotante di calore (per esempio aria-aria). La ruota è installata in modo tale che metà si trovi nel canale di espulsione e l'altra metà nel canale di immissione.

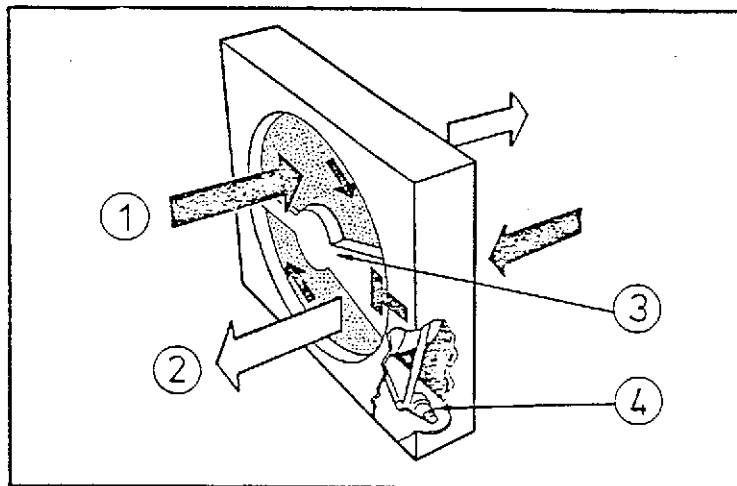


Abb. 6: Das Wärmerad

Fig. 6: La ruota termica

- 1: Fortluft
- 2: Zuluft
- 3: Reinigungssektor
- 4: Antriebsmotor

- 1: Aria di espulsione
- 2: Aria di immissione
- 3: Settore di spurgo
- 4: Motore di trascinamento

### 6.2 Hot It Works

There are two basic types of heat wheel. The first type consists of an extensive area of metal mesh mounted in sectors and forming a matrix. The second type employs a rotor which is coated with lithium chloride enabling it to absorb water vapour from the exhaust air and so to pick up the latent heat associated with this water vapour. In both cases the rotor revolves slowly, usually at less than 20 revolutions per minute. The rotating wheel thus picks up heat from the exhaust and later transfers it to the cooler input air stream.

### 6.3 What It Can Do

Performance of a heat wheel system will depend very much on the uniformity of the conditions in which it is used; e.g. whether inlet and outlet flows are equal or not, whether the quantities of process temperatures vary, etc. If correctly sized and operated at the optimum speed, however, heat recovery efficiencies of up to 90 per cent have been claimed for the type of wheel which employs the lithium chloride absorbent.

### 6.2 Son fonctionnement

Il y a deux types fondamentaux de roue thermique. Le premier type comprend une grande surface de tissu métallique, monté en secteurs et formant une matrice. Le deuxième type utilise un rotor qui est revêtu de chlorure de lithium, si bien qu'il peut absorber des vapeurs d'eau contenues dans l'air extrait et se charger ainsi de la chaleur latente correspondant à cette vapeur d'eau. Dans les deux cas, le rotor tourne lentement, habituellement moins de 20 tours à la minute. Ainsi la roue tournante reprend la chaleur de l'air extrait et la restitue ensuite au courant d'air neuf, qui est relativement plus froid.

### 6.3 Les utilisations

La performance d'une roue thermique dépendra beaucoup de l'uniformité des conditions d'exploitation, à savoir si les débits d'entrée et de sortie sont égaux ou non, si les débits ou températures du procédé varient etc. Cependant, si la roue est dimensionnée correctement et tourne à sa vitesse optimale, des rendements de la récupération jusqu'à 90 % ont été revendiqués dans le cas d'un revêtement par un agent absorbant au chlorure de lithium.

## 6.2 Arbeitsweise

Es gibt zwei grundlegende Typen von Wärmerädern. Der erste Typ besteht aus einer großen Oberfläche von Metallgeflecht, welches in Sektoren montiert ist und eine Matrize bildet. Beim zweiten Typ wird ein Rotor verwendet, der mit Lithiumchlorid beschichtet ist, so daß er Wasserdampf aus der Abluft aufnehmen und auf diese Weise die diesem Wasserdampf entsprechend latente Wärme aufnehmen kann. In beiden Fällen dreht der Rotor langsam, üblicherweise weniger als 20 Umdrehungen pro Minute. Das umlaufende Rad nimmt somit die Wärme der Abluft auf und gibt diese danach an den kühleren Zuluftstrom ab.

## 6.3 Was kann damit erreicht werden?

Die Leistung eines Wärmerades hängt sehr von der Gleichmäßigkeit der Betriebsbedingungen ab, unter denen es verwendet wird, d.h. ob die ein- und austretenden Ströme gleich sind oder nicht, ob die Mengen an Prozeßwärme veränderlich sind usw. Bei richtiger Bemessung und bei Betrieb mit optimaler Drehzahl sind für die Wärmerückgewinnung eines mit absorbierender Lithiumchloridschicht versehenen Rades bis zu 90 % behauptet worden.

## 6.2 Come funziona

Vi sono due categorie principali di ruote termiche. La prima categoria è formata da una superficie estesa di rete metallica, disposta in settori e costituisce il pacco; la seconda categoria utilizza un rotore che è ricoperto di cloruro di litio e che consente di assorbire il vapore d'acqua contenuto nell'aria di espulsione e quindi di recuperare il calore latente che è associato al vapore d'acqua. In entrambi i casi il rotore ruota lentamente, normalmente meno di 20 giri al minuto.

In tale modo il rotore, ruotando, preleva il calore dall'aria di espulsione ed in seguito lo trasferisce alla corrente più fredda di aria di immissione.

## 6.3 Campi di impiego

L'efficienza di un sistema a ruota termica dipende in gran parte dalla uniformità delle condizioni nelle quali essa viene usata; per esempio se i flussi di aria di immissione e di espulsione sono uguali oppure no, se i valori delle temperature di processo sono variabili, ecc. Se correttamente dimensionate ed usate alla velocità ottimale, si è affermato che le ruote, che impiegano cloruro di litio come assorbente, possono raggiungere rendimenti di recupero di calore sino al 90 %.

A more realistic figure of average efficiency throughout a year would probably be in the region of 75 per cent.

If cross-contamination of the air streams is a potential problem then a purge section may be built into the thermal wheel unit. Because of the fine matrix upon which the action of the thermal wheel depends, it may also be necessary in some circumstances to employ screening or filtration of the air flows.

Thermal wheels are already being used for heat recovery for the following applications:

- metal melting furnaces;
- printing machines;
- ovens;
- ventilation systems;
- spray dryers;
- paper mill hoods.

This device, also known as the rotary heat exchanger or heat wheel, consists of a matrix in the shape of a wheel located between adjacent fresh air and exhaust air ducts of the building air conditioning or ventilation system. The wheel rotates slowly at about 8 to 15 r.p.m. driven by a small electric motor

D'une manière plus réaliste on peut probablement escompter environ 75 % sur toute l'année.

Si la pollution mutuelle des courants d'air est à craindre, il peut être nécessaire de prévoir un secteur de purge dans l'ensemble à roue thermique. En raison de la fine matrice qui est à la base de l'efficacité de la roue thermique, il peut aussi être nécessaire dans certaines conditions, de filtrer le courant d'air.

Des roues thermiques ont déjà été utilisées pour la récupération de chaleur dans les applications suivantes:

- four de fusion de métaux;
- machines d'imprimerie;
- fours de traitement;
- systèmes de ventilation;
- séchoirs à pulvérisation;
- hottes des machines de papeterie.

Ce dispositif, encore connu comme échangeur rotatif de chaleur ou roue de chaleur, comprend une matrice dans la forme d'une roue placée entre les conduits contigus d'air neuf et d'air extraits du conditionnement d'air ou de la ventilation de l'immeuble. La roue thermique tourne lentement à environ 8 - 15 t/mn et est entraînée par un petit moteur électrique avec

Eine realistischere Zahl für die mittlere Wirksamkeit das ganze Jahr über wäre wohl im Bereich von 75 %.

Falls die gegenseitige Pollution der Luftströme ein potentiell Problem darstellt, kann ein Reinigungssektor in die Wärmeradanlage eingebaut werden. Wegen der feinen Matrize, welche die Wirkung des Wärmerades bedingt, kann es in gewissen Fällen auch erforderlich sein, die Luftströme zu filtern.

Wärmeräder werden bereits in den nachstehenden Anwendungen für die Wärmerückgewinnung eingesetzt:

- Metallschmelzöfen;
- Druckmaschinen;
- Öfen;
- Belüftungssysteme;
- Sprühtrockner;
- Absaughauben von Papiermaschinen.

Diese als umlaufender Wärmeaustauscher oder Wärmerad bekannte Vorrichtung besteht aus einer Matrize in der Form eines Rades zwischen benachbarten Frisch- und Abluftkanälen der Lüftungs- oder Klimaanlage in den Gebäuden. Das Rad läuft nur langsam mit etwa 8 bis 15 U/min um und wird durch einen kleinen E-Motor mit Kettentrieb

Un valore più realistico, rapportato al rendimento medio nel corso dell'anno, può essere valutato nell'ordine del 75 %.

Se esiste un problema di contaminazione tra i flussi di aria, si potrà inserire nella ruota termica un settore di spurgo. Poichè l'azione della ruota termica dipende dai passaggi molto fitti realizzati nel pacco, sarà necessario in alcuni casi impiegare dei filtri nei flussi d'aria.

Le ruote termiche sono già state impiegate per il recupero del calore nelle seguenti applicazioni:

- forni per fusione di metallo;
- macchine per stampare;
- forni;
- impianti di ventilazione e condizionamento
- essicatori ad atomizzazione
- cappe per laminatoi di carta (calandre)

Questo apparecchio, conosciuto anche come scambiatore di calore rotante o ruota termica, consiste in una matrice, a forma di ruota, sistemata tra i canali adiacenti di aria di immisione e di espulsione dell'impianto di condizionamento o di ventilazione di un edificio. Il rotore ruota lentamente, da 8 a 15 giri al minuto, ed è mosso da un piccolo motore elettrico

and geared chain drive, or by direct drive. As it does so the matrix material in the airstream absorbs heat when it is in the warmer air stream and releases the heat again on re-entering the cooler air stream which flows through the wheel in the opposite direction. The rotation of the wheel thus effects a continuous transfer of heat from one air stream to the other, by virtue of the heat storage capacity of the matrix medium.

#### 6.4 Materials

The most commonly used matrix materials for low temperature applications are aluminium, which is suitable for air temperature up to 150°C, and organic fibrous materials. The supporting frame is usually made from galvanized steel. For heat recovery from hot waste gases rotary regenerators are available with matrices of heat resistant steel alloy, stainless steel or glass ceramic media.

Metal only matrices are capable of transferring sensible but not latent heat except for oxidised aluminium rotors which can absorb water. Sensible and latent heat transfer is achieved by aluminium or fibrous rotors coated with a hygroscopic desiccant such

transmission à chaîne ou par une commande directe. Dans ce mouvement, le matériau de la matrice absorbe de la chaleur lorsqu'elle se trouve dans le courant d'air relativement plus chaud et l'abandonne ensuite après sa ré-entrée dans le courant d'air relativement plus froid qui traverse la roue en sens opposé. Ainsi, la rotation de la roue réalise un transfert continu de chaleur d'un courant d'air à l'autre, grâce à sa capacité d'emmagasiner la chaleur dans le matériau de la matrice.

#### 6.4 Matériaux

Le matériau le plus couramment utilisé pour la matrice dans les applications de basse température est l'aluminium, qui convient jusqu'à 150°C, et les fibres organiques. Le cadre de support est habituellement construit en acier galvanisé. Pour la récupération de la chaleur de gaz chauds, on dispose de régénérateurs tournants avec des matrices en acier réfractaire, en acier inox ou en verre céramique.

Les matrices en métal nu peuvent seulement transmettre la chaleur sensible, mais non la chaleur latente, sauf dans le cas de rotors en aluminium anodé, qui peuvent absorber de l'eau. On obtient une transmission des chaleurs sensibles et latentes par des rotors en aluminium ou en



oder unmittelbar angetrieben. Während dieses Umlaufes absorbiert der Werkstoff der Matrize die Wärme, wenn er sich im wärmeren Luftstrom befindet und gibt sie wieder ab, wenn er erneut in den kälteren Luftstrom eintritt, welcher das Rad in umgekehrter Richtung durchfließt. Die Drehung des Rades bewirkt somit eine ständige Wärmeübertragung von einem Luftstrom an den anderen, aufgrund der Wärmespeicherkapazität des Mediums der Matrize.

#### 6.4 Werkstoffe

Die am meisten für Niedrigtemperaturanwendungen eingesetzten Werkstoffe für die Matrize sind Aluminium, welches für Lufttemperaturen bis 150°C geeignet ist, und organische Faserwerkstoffe. Der Tragrahmen ist üblicherweise aus verzinktem Stahl hergestellt. Für die Wärmerückgewinnung warmer Abgase sind umlaufende Regeneratoren mit Matrizen aus warmfestem Sonderstahl, aus rostfreiem Stahl oder aus Glaskeramikwerkstoff verfügbar.

Reine Metallmatrizen sind nur in der Lage, fühlbare Wärme, aber keine latente Wärme zu übertragen, mit der Ausnahme eloxierter Aluminiumrotoren, welche Wasser aufnehmen können. Die Übertragung fühlbarer und latenter Wärme wird mit Rotoren aus Aluminium- oder

con relativo sistema di trasmissione. In tale modo il materiale, che costituisce il pacco, assorbe il calore quando si trova nel flusso dell'aria calda e lo cede nuovamente quando entra nella corrente di aria più fredda che attraversa la ruota in senso opposto.

La rotazione della ruota consente un trasferimento continuo di calore da uno all'altro flusso d'aria, grazie alla capacità di accumulo di calore del materiale che costituisce il pacco.

#### 6.4 Materiali

I materiali più comunemente usati per la realizzazione del pacco, per applicazioni a bassa temperatura, sono l'alluminio, adatto per temperature dell'aria sino a 150°C e materiali organici fibrosi.

La struttura di supporto è, di solito lamiera zincata.

Per il recupero di calore da gas di scarico, ad alta temperatura, sono disponibili dei recuperatori rotanti con pacchi in leghe ferrose resistenti al calore, in acciaio inossidabile o in materiali vetro-ceramico.

I pacchi realizzati con struttura solamente metallica possono trasferire calore sensibile, ma non latente, fatta eccezione per i rotori in alluminio ossidato che possono assorbire vapor d'acqua. Il trasporto di calore, sensibile e latente, è ottenuto con rotori di alluminio o di materiale

as lithium chloride. The hygroscopic material removes water vapour from the air stream with the higher vapour pressure (usually the warmer air stream). As the wheel rotates and the hygroscopic material enters the air stream with the lower vapour pressure the absorbed water is released, thereby increasing the enthalpy of this air stream.

fibres, revêtus d'un agent siccatif hygroscopique, comme le chlorure de lithium. Le matériau hygroscopique extrait la vapeur d'eau du courant d'air à la pression de vapeur relativement plus élevée (habituellement le courant d'air relativement plus chaud). Au fur et à mesure que la roue tourne et que le matériau hygroscopique entre dans le courant d'air à la pression de vapeur la plus basse, la vapeur d'eau absorbée est abandonnée, ce qui augmente l'enthalpie de ce courant d'air.

## 6.5 Special Features

### 6.5.1 Advantages

- Some types of rotary regenerators can transfer latent as well as sensible heat.
- Relatively high heat transfer efficiency, compared with other types of air-to-air heat recovery device.
- Energy consumption of the electric motor is very low compared to heat recovery savings.
- Matrix material and density can suit a wide range of applications.

## 6.5 Particularités

### 6.5.1 Avantages

- Certains types de régénérateurs rotatifs peuvent transmettre la chaleur latente aussi bien que la chaleur sensible.
- Efficacité assez élevée du transfert de chaleur par rapport à d'autres dispositifs air/air de récupération de chaleur.
- La consommation d'énergie du moteur électrique est très faible par rapport aux économies par la récupération de chaleur.
- Le matériau de la matrice et sa densité peuvent être adoptés à une large gamme d'applications.

Faserwerkstoff erreicht, die mit hygroskopischen Trockenmitteln, wie Lithiumchlorid beschichtet sind. Das hygroskopische Material entzieht dem Luftstrom mit dem höheren Dampfdruck (normalerweise dem wärmeren Luftstrom) den Wasserdampf. In dem Maße, in dem das Rad umläuft und das hygroskopische Material in den Luftstrom mit dem niedrigeren Dampfdruck eintritt, wird das absorbierte Wasser wieder freigegeben, so daß die Enthalpie in diesem Luftstrom erhöht wird.

## 6.5 Besonderheiten

### 6.5.1 Vorteile

- Einige Typen der umlaufenden Generatoren können latente, zusätzlich zur fühlbaren Wärme übertragen.
- Verhältnismäßig hoher Wirkungsgrad der Wärmeübertragung, im Vergleich mit anderen Typen der Luft-zu-Luft Wärmerückgewinnungsvorrichtungen.
- Sehr geringer Stromverbrauch des E-Motors im Vergleich zu den Einsparungen durch Wärmerückgewinnung.
- Der Werkstoff und die Dichte der Matrice können einem weiten Bereich von Anwendungen angepaßt werden.

fibroso, ricoperti con essicante igroscopico quale il cloruro di litio.

Il materiale igroscopico toglie il vapor d'acqua dal flusso di aria che ha una tensione di vapore più elevata (normalmente il flusso più caldo). Quando il rotore ruota ed il materiale igroscopico entra nel flusso d'aria avente tensione di vapore più bassa, l'acqua assorbita viene ceduta e quindi aumenta l'entalpia di questo flusso di aria.

## 6.5 Caratteristiche principali

### 6.5.1 Vantaggi

- Alcuni recuperatori rotanti possono trasferire sia calore latente che sensibile.
- Elevata efficienza di trasmissione di calore, in confronto ad altri sistemi di recupero di calore aria-aria.
- Il consumo di energia del motore elettrico è molto basso in rapporto ai risparmi ottenuti mediante il recupero di calore.
- Il materiale del pacco e la sua densità possono adattarsi ad una vasta serie di applicazioni.

### 6.5.2 Disadvantages

- Regular air filter maintenance is essential because the wheel matrix is difficult to clean, especially in larger units.
- Static pressure in the fresh air stream must be higher than that in the exhaust air stream to limit cross-contamination and for successful operation of the purge unit (if fitted).
- Fan location is important.
- Wheel occupies a relatively large space in the plant room.
- Some heat transfer materials are combustible.
- Large ratio of surface area to volume of matrix material makes this type of heat exchanger particularly susceptible to corrosion.
- Surface wetting is undesirable because of corrosion risk. Condensation may be avoided by a pre-heater (minimal heating required).

### 6.5.2 Inconvénients

- Un entretien régulier du filtre à air est important parce que la matrice de la roue est difficile à nettoyer, notamment dans le cas d'unités relativement plus larges.
- La pression statique dans le courant d'air neuf doit être plus élevée que dans le courant d'air extrait pour limiter la pollution mutuelle et dans l'intérêt du bon fonctionnement du secteur de purge (si un tel est prévu).
- L'emplacement du ventilateur est important.
- La roue est assez encombrante dans le local technique.
- Certains matériaux utilisés pour le transfert de la chaleur sont combustibles.
- Le grand rapport de la surface sur le volume du matériaux de la matrice rend ce type d'échangeur de chaleur particulièrement sensible à la corrosion.
- Un mouillage de la surface est indésirable en raison du risque de corrosion. On peut éviter la condensation par un pré-chauffage (il faut un minimum de chauffage).

### 6.5.2 Nachteile

- Es ist eine regelmäßige Wartung der Luftfilter erforderlich, da die Radmatrize, besonders in größeren Einheiten, nur schwierig gereinigt werden kann.
- Der statische Druck des Frischluftstroms muß größer als derjenige des Abluftstroms sein, um die gegenseitige Pollution zu begrenzen und das einwandfreie Arbeiten der Reinigungseinrichtung (soweit vorhanden) zu ermöglichen.
- Der Einbauort des Ventilators ist wichtig.
- Das Rad nimmt einen größeren Raum am Aufstellungsplatz ein.
- Gewisse Wärmeübertragungstoffe sind brennbar.
- Das große Verhältnis von Oberfläche zum Volumen des Matrizenwerkstoffes macht diesen Typ des Wärmetauschers besonders gegen Korrosion anfällig.
- Befeuchtung der Oberfläche ist wegen des Korrosionsrisikos unerwünscht. Man kann die Korrosion durch einen Vorwärmer verhindern (minimaler Heizungsbedarf).

### 6.5.2 Svantaggi

- E' necessaria una regolare manutenzione dei filtri poichè il pacco del rotore è di difficile pulizia, soprattutto nei modelli più grandi.
- La pressione statica sulla corrente di aria di immissione deve essere più elevata di quella dell'aria di espulsione onde limitare la contaminazione incrociata e per consentire l'efficiente funzionamento del settore di spurgo (se esistente).
- E' vincolante la posizione del ventilatore.
- La ruota occupa uno spazio relativamente importante nella sala macchine.
- Alcuni materiali usati per il trasferimento del calore sono combustibili.
- Il notevole rapporto tra superficie e volume del pacco rende questo tipo di scambiatore di calore particolarmente soggetto alla corrosione.
- La formazione di acqua sulle superfici non è desiderabile a causa del rischio di corrosione. La condensazione può essere evitata mediante un preriscaldatore (è sufficiente un modesto riscaldamento).

6.5.3 Points to Watch

- Parallel counterflow fresh air and exhaust ducts are required.
- Air filtration in the exhaust duct before the matrix is essential.

Typical Dimensions and Other Characteristics

6.5.3 Points à retenir

- Il faut une disposition en contre-courant parallèle des conduits d'air neuf et d'air extrait.
- Il importe de filter l'air extrait en amont de la matrice.

Dimensions typiques et autres caractéristiques

Wheel Diameter Diameter de la roue (m)	Matrix Depth Profondeur de la matrice (m)	Weight Poids (kg)	Face Velocity Vitesse d'attaque (m/s)	Electric Motor Rating Puissance nominale du moteur électrique (w)
0,6 - 5,0	0,15 - 0,3	120 - 2150 (including casing and motor) (y compris carter et moteur)	0,5 - 2,5	100 - 750

7. Heat Pipes

7.1 What They Are

A heat pipe usually comprises a sealed tube having a wick structure secured to its inner surface and containing a working fluid. Heat pipes can be fabricated in a range of materials to suit the application, but

7. Tubes thermiques

7.1 De quoi s'agit-il?

Habituellement un tube thermique est constitué par un tube hermétiquement clos avec une structure de mèche fixée à sa surface intérieure et un remplissage avec un fluide de travail. Les tubes thermiques peuvent être réalisés dans une gamme de matériaux selon

6.5.3 Zu beachtende Punkte

- Es werden parallele Frisch- und Abluftkanäle in Gegenstromanordnung gebraucht.
- Filterung der Luft im Abluftkanal vor der Matrize ist wichtig.

Typische Abmessungen und andere Kennwerte

6.5.3 Osservazioni

- E' necessario che i canali dell'aria di espulsione e dell'aria di immissione siano paralleli ed in controcorrente.
- E' consigliabile la filtrazione dell'aria di espulsione a monte del pacco della ruota.

Dimensioni tipiche ed altre caratteristiche

Rad-Durchmesser Diametro della ruota (m)	Tiefe der Matrize Spessore del pacco (Matrice) (m)	Gewicht Peso (kg)	Anströmgeschwindigkeit Velocità frontale (m/s)	Nennleistung des E-Motors Potenza del motore elettr. (W)
0,6 - 0,5	0,15 - 0,3	120 - 2150 (einschl. Motor und Gehäuse) (compresa l'incastellatura ed il motore)	0,5 - 2,5	100 - 750

7. Wärmerohr

7.1 Worum handelt es sich?

Ein Wärmerohr besteht im allgemeinen aus einem dicht verschlossenen Rohr mit einem Dichtmaterial an seiner inneren Oberfläche, welches ein Arbeitsmedium enthält. Wärmerohre können in verschiedenen Werkstoffen hergestellt werden, entsprechend den Anwendungen, für

7. Recuperatori a tubi di calore

7.1 Che cosa sono

Il tubo di calore "heat pipe" è costituito da un tubo sigillato avente una struttura capillare aderente alla parete interna e contenente un fluido di lavoro.

Gli "heat pipes" possono essere fabbricati con differenti materiali in funzione dell'applicazione; ma nel

for a normal air-handling situation would be made of copper. Operating temperatures determine the choice of working fluid.

## 7.2 How They Work

A heat pipe is a self-contained evaporation/condensation system. When heat is added to one end of the pipe the working fluid is evaporated and its vapour flows to the colder end. Here it condenses, giving up heat, before being returned to the heated end of the pipe by the capillary action of the wick. Heat transfer is effected in this evaporation/condensation cycle by utilising the latent heat of vaporisation of the working fluid. Thus a characteristic of heat pipes is their ability to transfer heat rapidly along their length.

In a heat pipe recovery installation a bank of heat pipes would be used, located in such a way that half their length would be in the exhaust stream and half in the incoming air stream. This would enable heat to be transferred along the pipes from the exhaust air to the incoming air.

l'application, mais dans les cas courants de ventilation générale, on les fait en cuivre. Les températures de fonctionnement déterminent la sélection du fluide de travail.

## 7.2 Le fonctionnement

Un tube thermique est un système autonome d'évaporation et de condensation. Lorsqu'on apporte de la chaleur à une extrémité du tube, le fluide de travail s'évapore et la vapeur va vers l'extrémité relativement plus froide. Là elle se condense et abandonne sa chaleur, avant de revenir à l'extrémité chauffée du tube, par l'effet capillaire de la mèche. Le transfert de chaleur pendant ce cycle d'évaporation et de condensation se fait par la chaleur latente d'évaporation du fluide de travail. Ainsi le tube thermique est caractérisé par sa capacité de transférer la chaleur rapidement dans le sens de sa longueur.

Dans une installation de récupération par tubes thermiques, on utilisera une rangée de tubes thermiques, placés de sorte que la moitié de leur longueur se trouve dans le courant d'air extrait et la moitié dans le courant d'air neuf. Ainsi, la chaleur peut être transportée le long des tubes depuis l'air extrait jusqu'à l'air neuf.



normale lufttechnische Fälle, jedoch werden sie aus Kupfer gemacht. Die Betriebstemperaturen bestimmen die Wahl des Arbeitsmediums.

sette del condizionamento sono costruiti in rame. La temperatura di impiego determina la scelta del fluido di lavoro.

## 7.2 Arbeitsweise

Ein Wärmerohr ist ein selbstständiges Verdampfungs/Verflüssigungssystem. Wenn Wärme an einem Ende des Rohres eingetragen wird, so verdampft das Arbeitsmedium und dessen Dampf fließt zu dem kälteren Ende. Hier verflüssigt er sich und gibt seine Wärme ab, ehe das Kondensat durch die Kapillarwirkung des Dochtmaterials zum beheizten Ende des Rohres zurückgeführt wird. Die Wärmeübertragung erfolgt durch diesen Zyklus der Verdampfung/Verflüssigung mit der latenten Verdampfungswärme des Arbeitsmediums. Das Besondere der Wärmerohre ist also deren Fähigkeit, die Wärme schnell über ihre Länge zu übertragen.

In einer Rückgewinnungsanlage mit Wärmerohren, würde man eine Reihe von Wärmerohren verwenden, welche so angebracht sind, daß sie mit der halben Länge in dem Abluftstrom und mit der anderen Hälfte im Zuluftstrom stehen.

## 7.2 Principio di funzionamento

Il recuperatore a tubo di calore è un sistema di evaporazione/condensazione. Quando viene dato il calore alla sezione evaporante il fluido di lavoro evapora e il suo vapore fluisce nella sezione condensante. Qui il vapore condensa e cede il suo calore, quindi ritorna alla sezione evaporante attraverso la struttura capillare. Il calore trasferito durante il ciclo di evaporazione/condensazione è in effetti il calore latente di vaporizzazione del fluido di lavoro. Tra le caratteristiche dei tubi di calore c'è la proprietà di trasferire il calore rapidamente lungo la sua lunghezza.

In un'installazione di recupero a tubi di calore possono essere impiegati più tubi, posizionati in modo che metà della loro lunghezza venga attraversata dal flusso di aria di espulsione e l'altra metà dal flusso di immissione.

As in the case of both the heat wheel and the plate heat exchanger, it would of course be necessary to provide ductwork taking back the incoming and outgoing air streams to the one heat recovery unit (see fig. 7).

Comme dans le cas de la roue thermique et de l'échangeur de chaleur à plaque, il sera évidemment nécessaire de prévoir des conduits pour le raccordement des courants d'air extrait et neuf à une seule unité de récupération de chaleur (voir fig. 7).

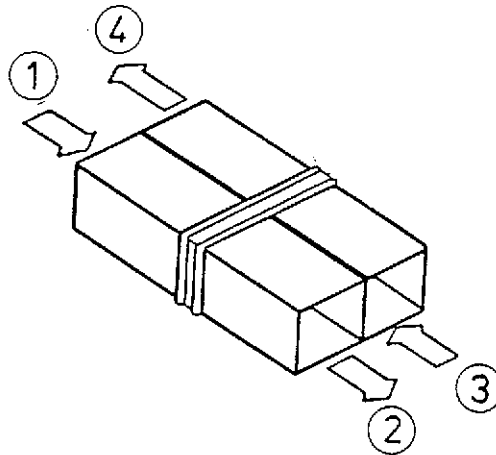


Fig. 7: Air/Air heat pipe unit

Fig. 7: Groupe air/air à tubes thermiques

- 1: Outside air
- 2: Supply air
- 3: Return air
- 4: Exhaust air

- 1: Air extérieur
- 2: Air neuf
- 3: Air repris
- 4: Air extrait

### 7.3 What They Can Do

Heat pipes usually work at a given temperature within the range  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $350^{\circ}\text{C}$ , but this can be considerably extended by careful selection of the component parts. Because heat energy is transferred rapidly along the length of the heat pipe, the device can be used to transfer energy well into or away from the body or an

### 7.3 Applications

Les tubes thermiques fonctionnent habituellement à une température donnée dans la gamme de  $-40^{\circ}\text{C}$  à  $350^{\circ}\text{C}$ , mais elle peut être considérablement élargie par une sélection attentive des composants. Puisque l'énergie thermique est transmise rapidement le long du tube thermique, il est possible de faire appel à un tel dispositif pour dissiper la chaleur d'un corps ou d'une ambiance dans

Wie auch bei dem Wärmerad und dem Platten-Wärmeaustauscher ist es selbstverständlich, erforderliche Kanäle vorzusehen, mit denen der Abluft- und Zuluftstrom an die einzige Wärmerückgewinnungseinheit angeschlossen werden (siehe Abb. 7).

Come nel caso dei recuperatori a ruota e in quelli a piastra, è necessario predisporre i canali per l'espulsione e l'immissione dell'aria dall'unità di recupero (vedi fig. 7).

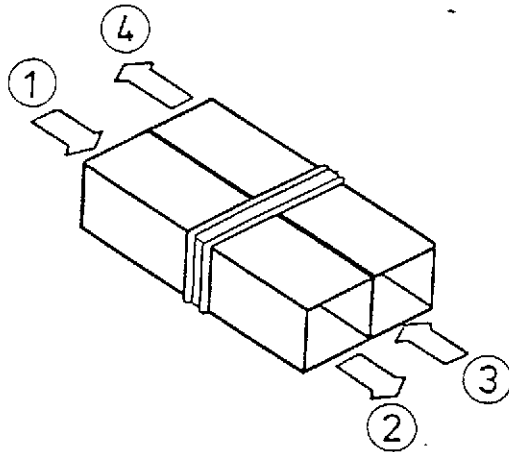


Abb. 7: Luft/Luft-Wärmeröhreinheit

Fig. 7: Recuperatore a tubi di calore aria/aria

- 1: Außenluft
- 2: Zuluft
- 3: Abluft
- 4: Fortluft

- 1: Aria esterna
- 2: Aria di immissione
- 3: Aria di ricircolo
- 4: Aria di espulsione

### 7.3 Was kann damit erreicht werden?

Wärmeröhre arbeiten im allgemeinen bei einer gegebenen Temperatur zwischen  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $350^{\circ}\text{C}$ , dieser Bereich kann aber durch sorgfältige Auswahl der Bestandteile wesentlich erweitert werden. Da die Wärmeenergie schnell längs des Wärmerohres transportiert wird, kann diese Vorrichtung für den schnellen Eintrag oder Aus-  
trag von Wärme in Bezug auf den

### 7.3 Campi di impiego

Il tubo di calore è impiegato tra le temperature di  $-40^{\circ}\text{C}$  fino a  $350^{\circ}\text{C}$ , ma questo campo può essere considerevolmente esteso con una accurata selezione dei materiali. Poichè l'energia si trasferisce rapidamente lungo la lunghezza del tubo, il recuperatore di calore può essere impiegato anche per trasferire energia internamente o esternamente ad un corpo o ad un ambiente nel quale

ambient in which it is placed. It can therefore offer a rapid cooling facility from temperature sensitive areas or from bodies from which it would otherwise be difficult to dissipate heat sufficiently rapidly. Another example of an application for heat pipes is their use within an oven to reduce temperature differences within it.

In the heating mode, again because of the rapid transfer within the device, it offers a uniform heat delivery surface area akin to a steam heating system.

Despite the potential benefits of simplicity and high heat recovery efficiency, few heat recovery installations employing heat pipes have as yet been installed in Europe. Heat pipes, however, are widely used in America.

A heat pipe operating with the evaporator below the condenser may be capable of transferring several times as much heat as one having the evaporator above the condenser, because gravity assists the return of condensate in the former case and hinders it in the latter. In the thermosyphon the wick is omitted and the liquid returns to the evaporator end by means of gravity alone.

laquelle le tube est placé. Il peut ainsi permettre un refroidissement rapide de régions ou de corps où il sera difficile d'évacuer la chaleur assez rapidement. Une autre application des tubes thermiques sont les fours, pour réduire les écarts de différence à l'intérieur de ces fours.

Pour le chauffage, et toujours en raison du transfert rapide à l'intérieur du dispositif, ils offrent une surface à température uniforme, similaire au chauffage à la vapeur.

En dépit des bénéfices potentiels par les plans de la simplicité et d'un rendement élevé de récupération de chaleur, on n'a pas encore installé beaucoup de tubes thermiques en Europe pour la récupération de chaleur. Cependant, en Amérique, les tubes thermiques sont largement utilisés.

Un tube thermique qui fonctionne avec l'évaporateur au-dessous du condenseur peut transférer plusieurs fois la chaleur transportée par un tel tube dont l'évaporateur se trouve au-dessus du condenseur, parce que la gravité favorise le retour du condensat dans le premier cas, et l'entrave dans le dernier cas. Dans une application thermosyphon, on supprime la mèche, et le liquide revient par le seul effet de la gravité à l'évaporateur.

Körper oder die Umwelt verwendet werden, in welcher sie angebracht ist. Sie kann somit eine schnelle Kühlmöglichkeit für temperaturempfindliche Körper oder Regionen darstellen, aus denen die Wärmeableitung nur schwierig in anderer Weise schnell zu bewerkstelligen wäre. Ein weiteres Beispiel für die Anwendung von Wärmerohren ist deren Einsatz innerhalb eines Ofens, um die Temperaturunterschiede im Inneren desselben zu verringern.

Für den Heizbetrieb bietet diese Vorrichtung, gleichfalls wegen des schnellen Transportes in ihrem Inneren, eine gleichmäßige, wärmeabgebende Oberfläche, ähnlich wie Dampfheizungssysteme.

Trotz der potentiellen Vorteile der Einfachheit und der hohen Wirkungsgrade bei der Wärmerückgewinnung sind bisher in Europa nur wenige Wärmerückgewinnungsanlagen mit Wärmerohren installiert worden.

Jedoch werden Wärmerohre weitgehend in Amerika eingesetzt.

Ein Wärmerohr, bei dem der Verdampfer unterhalb des Verflüssigers arbeitet, kann in der Lage sein, ein Mehrfaches an Wärme zu transportieren, als ein solches, bei dem der Verdampfer oberhalb des Verflüssigers liegt, da die Schwerkraft den Rücklauf des Kondensates im ersten Fall fördert und im zweiten Fall behindert. Bei Thermosyphonanordnung wird das Dochtmaterial weggelassen und die Flüssigkeit fließt nur durch Schwerkraft zum Verdampfer zurück.

è montato. Viene inoltre impiegato per raffreddare superfici o corpi dove con altre applicazioni è estremamente difficile disperdere il calore in modo sufficientemente rapido.

Altro esempio di applicazione è su forni per ridurre la differenza tra i fumi e l'aria comburente.

Per il riscaldamento questo dispositivo offre anche per il rapido trasferimento: nel suo interno una superficie omogenea che cede calore, simile a quella di un sistema di riscaldamento a vapore.

Nonostante i grandi benefici e gli alti rendimenti, solo pochi impianti di recupero con "heat pipes" sono installati in Europa contrariamente a quanto è avvenuto come in America.

Un tubo di calore che funziona con la sezione evaporatore sotto la sezione condensatore può trasferire molto più calore di un tubo avente l'evaporatore sopra il condensatore in quanto nel primo caso la gravità facilita il ritorno del fluido condensato mentre nel secondo caso è impedito. Nel sistema a termosifone la struttura capillare non è necessaria ed il liquido ritorna all'evaporatore solo per gravità.

#### 7.4 Materials

Heat pipe tubes made of copper, aluminium or stainless steel can be used depending on the contaminants present in the air streams. The same materials are used for the fins as for the tubes, although in some units aluminium fins are applied to copper heat pipes.

#### 7.5 Controls

The heat recovery rate can be controlled by varying the tilt of the heat pipe battery. This varies the rate at which condensate returns to the evaporator. The battery must be connected to the fixed ductwork system with flexible ducting. Alternatively, by-pass ductwork with thermostatically controlled dampers can divert either the fresh air to return air stream around the battery.

#### 7.6 Special Features

##### 7.6.1 Advantages

- Robust construction.  
No moving parts except a tilt mechanism (if fitted).
- Relatively high pressure difference between airstreams if possible, limited by baffle separating plate.

#### 7.4 Matériaux

Les tubes thermiques se font en cuivre, en aluminium ou en acier inox, et peuvent être utilisés en fonction des pollutions présentes dans les courants d'air. Pour les ailettes, on utilise le même matériau que pour les tubes, bien que certaines unités comportent des ailettes en aluminium sur des tubes thermiques en cuivre.

#### 7.5 Commande

Il est possible de doser le taux de récupération de la chaleur par l'inclinaison de la batterie de tubes thermiques. Cela fait varier le débit de retour du condensat vers l'évaporateur. La batterie doit alors être reliée aux conduits stationnaires par des manches souples. En alternative, on peut faire appel à des registres de dérivation commandés par thermostats, qui font passer soit l'air neuf, soit l'air extrait, autour de la batterie.

#### 7.6 Particularités

##### 7.6.1 Avantages

- Construction robuste, pas de pièces en mouvement, sauf le mécanisme d'inclinaison (s'il existe).
- Un écart de pression assez élevé entre les différents courants d'air, limité éventuellement par la tôle de séparation.

#### 7.4 Werkstoffe

Wärmerohre aus Kupfer, Aluminium oder rostfreiem Stahl können, je nach den in den Luftströmen vorhandenen Pollutionen, eingesetzt werden. Für die Rippen kann derselbe Werkstoff wie für die Rohre verwendet werden, obwohl in gewissen Einheiten Aluminiumrippen auf kupferne Wärmerohre aufgebracht werden.

#### 7.5 Steuerung

Der Anteil der Wärmerückgewinnung kann durch Verändern der Neigung der Batterie aus Wärmerohren gesteuert werden. Damit wird die Menge des in den Verdampfer zurückfließenden Kondensates verändert. Die Batterie muß durch biegsame Kanalelemente an das feststehende Kanalsystem angeschlossen werden. Als Alternative kann man einen Umgehungs kanal mit thermostatisch gesteuerten Registern vorsehen, um entweder den Frisch- oder den Abluftstrom außerhalb der Batterie zu führen.

#### 7.6 Besondere Merkmale

##### 7.6.1 Vorteile

- Robuste Konstruktion. Keine bewegten Teile, mit Ausnahme des Neigungsmechanismus (soweit ein solcher eingebaut worden ist).
- Verhältnismäßig hohe Druckdifferenzen zwischen den Luftströmen, welche möglicherweise durch die Trennwand beschränkt werden.

#### 7.4 Materiali

I tubi di un "heat pipe" possono essere in rame, alluminio o acciaio inossidabile e vengono usati in funzione della contaminazione presente nei flussi dell'aria. Gli stessi materiali sono usati per le alette come per i tubi, sebbene in qualche unità sono forniti con alette in alluminio e tubi in rame.

#### 7.5 Controlli

La velocità di recupero del calore può essere controllata dalla variazione di inclinazione della batteria contenente i tubi di calore, in quanto questa varia la velocità alla quale il fluido condensato ritorna all'evaporatore. La batteria deve essere collegata ad un sistema di canali fissi con dei condotti flessibili. Alternativamente il controllo sul recupero può essere regolato per mezzo di un by-pass con serrande comandate termostaticamente.

#### 7.6 Caratteristiche principali

##### 7.6.1 Vantaggi

- Costruzione robusta. Nessuna parte in movimento eccetto il meccanismo di controllo (se applicato).
- Possibilità di avere un'alta differenza di pressione tra i due flussi, delimitati da un setto divisorio intermedio.

- Little or no possibility of cross contamination of air-streams if properly constructed.
- Relatively high heat transfer rate.
- May be designed for easy removal and cleaning of the batteries.
- Number of heat pipe rows can be selected to suit the required heat transfer rate.

#### 7.6.2 Disadvantages

- Relatively high capital cost.
- Sensible heat transfer only (except when condensation occurs on heat pipes surfaces in warmer air stream and is removed as liquid).
- By-pass duct needed in summer to avoid overheating fresh air (in systems without air cooling). Control by tilt mechanism may be too expensive to justify use except in large installations.

#### 7.6.3 Points to Watch

- Parallel adjacent fresh air and exhaust ducts are required (not necessarily counterflow).
- Fan location is not critical although it is advantageous to have the exhaust blow through and supply draw through the heat exchanger to increase temperature difference (in heating systems).
- Choice of heat transfer fluids is available to suit supply air and return air temperatures.

- Il est pratiquement établi qu'il n'y a que peu ou pas de possibilité de contamination de l'air neuf par l'air extrait, si la fabrication est effectuée correctement.
- Taux assez élevé pour le transfert de chaleur.
- Une conception pour faciliter la dépose et le nettoyage des batteries est possible.
- Le nombre de rangs de la batterie peut être choisi selon le taux requis pour le transfert de chaleur.

#### 7.6.2 Inconvénients

- Investissements assez élevés.
- Transfert de la chaleur sensible seulement (sauf condensation sur les surfaces du tube thermique qui se trouvent dans le courant d'air relativement plus chaud, le condensat étant évacué sous forme de liquide).
- En été il faut un conduit de dérivation pour éviter une surchauffe de l'air neuf (dans les systèmes sans refroidissement de l'air). La commande par un mécanisme d'inclinaison peut se révéler trop coûteuse et ne se justifier que pour les grandes installations.

#### 7.6.3 Points à retenir

- Il faut des conduits parallèles et contigus pour l'air frais et l'air extrait (non nécessairement en contre-courant).
- L'emplacement du ventilateur n'est pas critique, mais il est avantageux qu'il souffle l'air extrait et aspire l'air neuf dans l'échangeur de chaleur pour augmenter l'écart de température (dans les installations de chauffage).
- On dispose d'un choix de fluides de transfert permettant l'adaptation aux températures de l'air neuf et de l'air repris.



- Geringe oder keine gegenseitige Pollution der Luftströme, soweit die Herstellung einwandfrei ist.
- Verhältnismäßig hoher Anteil der Wärmerückgewinnung.
- Konstruktion für leichten Ausbau und leichtes Reinigen der Batterie möglich.
- Die Anzahl der Wärmerohre pro Rohrreihe kann entsprechend dem Ausmaß der erforderlichen Wärmeübertragung gewählt werden.

- Limitata o assente contaminazione tra i due flussi d'aria se costruito in modo appropriato.
- Buona velocità di trasmissione del calore.
- Semplicità di manutenzione, può essere progettato per una facile rimozione e pulizia della batteria.
- In funzione dell'efficienza richiesta può essere selezionata una batteria con più numero di ranghi.

### 7.6.2 Nachteile

- Verhältnismäßig hohe Investierung.
- Nur Übertragung fühlbarer Wärme (es sei denn, es tritt eine Kondensation auf den Wärmerohroberflächen ein, die im wärmeren Luftstrom stehen und das Kondensat flüssig abgeführt wird).
- Umleitungskanal im Sommer erforderlich, um ein Überhitzen der Frischluft zu vermeiden (in Systemen ohne Luftkühlung). Die Steuerung durch eine Neigungsvorrichtung kann zu kostspielig sein, so daß deren Einsatz nur in großen Anlagen gerechtfertigt erscheint.

### 7.6.2 Svantaggi

- Relativamente alto costo iniziale
- Trasferimento di solo calore sensibile (eccetto quando si ha una condensazione dell'umidità sulla superficie di espulsione).
- E' necessario, in estate, un canale di by-pass per evitare un riscaldamento dell'aria di immissione (nel sistema senza aria fredda). Il meccanismo di controllo può essere troppo costoso e viene giustificato il suo impiego solo nelle grandi installazioni.

### 7.6.3 Zu beachtende Punkte

- Es werden parallele, benachbarte Kanäle für die Frischluft und für die Abluft benötigt (nicht notwendigerweise im Gegenstrom).
- Der Aufstellungsort des Ventilators ist nicht kritisch, obwohl es vorteilhaft ist, die Abluft zu fördern und die Zuluft durch den Wärmetauscher zu saugen, um den Temperaturunterschied zu erhöhen (bei Heizanl.)
- Man verfügt über eine Auswahl von Medien für die Wärmeübertragung entsprechend der Zu- und Ablufttemperaturen.

### 7.6.3 Osservazioni

- I canali di immissione e di espulsione sono richiesti paralleli e adiacenti (non necessariamente in controcorrente).
- La posizione del ventilatore non è vincolante sebbene è vantaggioso averlo, nell'uso invernale, in mandata sull'espulsione e in aspirazione sull'immissione per incrementare la differenza di temperatura.
- Scelta del fluido di carica / in funzione delle temperature dell'aria di immissione e di ricircolo.

## 8. Other Sources of Heat Recovery

### 8.1 Refrigeration Plant Heat Recovery

Heat which is normally rejected via cooling towers or air cooled condensers from the high pressure side of refrigeration plant can be recovered by several methods. One of these is the use of double bundle condensers. Using one of the circuits through the condenser, the heat can be transferred to some other part of the building for immediate use, or to a hot water storage vessel.

Alternatively a single bundle condenser can be used with an open cooling tower provided they are isolated from each other by a water-to-water plate heat exchanger. The condenser forms part of the hot water space heating circuit; when heat recovery is not required the heat rejected by the condenser is transferred via the heat exchanger from the heating circuit to the open cooling tower circuit.

Another method of heat recovery is the desuperheater refrigerant-to-water heat exchanger. Hot refrigerant gas leaving the compressor is passed through the heat exchanger where the gas gives up

## 8. Autres sources de récupération de chaleur

### 8.1 Récupération de chaleur sur installations frigorifiques

La chaleur qui est normalement dissipée par des tours de refroidissement ou par des condenseurs refroidis à l'eau, provenant du côté refoulement des groupes frigorifiques, peut être récupérée selon plusieurs méthodes. Une de ces méthodes utilise des condenseurs à double faisceau. A l'aide d'un de ces faisceaux traversant le condenseur, la chaleur peut être transférée à une autre partie de l'immeuble pour l'utilisation immédiate, ou être stockée sous forme d'eau chaude dans un ballon.

En alternative, on peut utiliser des condenseurs à faisceau simple, avec une tour de refroidissement ouverte, si ces deux éléments sont séparés l'un de l'autre par un échangeur eau/eau à plaque. Le condenseur fait partie du volume d'eau du circuit de chauffage; lorsqu'on n'a pas besoin de la récupération de chaleur, la chaleur dissipée par le condenseur est transférée à l'aide de l'échangeur de chaleur du circuit de chauffage vers le circuit de la tour de refroidissement ouverte.

Une autre méthode de récupération, fait appel au désurchauffeur fluide frigorigène/eau. Le frigorigène gazeux chaud sortant du compresseur passe à travers l'échangeur de chaleur, dans lequel le gaz abandonne

## 8. Andere Quellen der Wärmerückgewinnung

### 8.1 Wärmerückgewinnung von Kühlanlagen

Die Wärme, welche normalerweise von der Hochdruckseite der Kältemaschinen über Kühltürme oder luftgekühlte Verflüssiger ausgebracht wird, kann nach verschiedenen Methoden wiedergewonnen werden. Eine dieser Methoden verwendet Verflüssiger mit doppeltem Rohrbündel. Unter Verwendung eines, durch den Verflüssiger tretenden Rohrsystems, kann die Wärme zu einem anderen Teil des Gebäudes für sofortige Verwendung oder zu einem Warmwasserspeicher geleitet werden.

Als Alternative kann man einen Verflüssiger mit einem einzigen Rohrbündel, zusammen mit einem offenen Kühlturm verwenden, unter der Voraussetzung, daß diese gegenseitig durch einen Wasser-zu-Wasser Platten-Wärmeaustauscher getrennt sind. Der Verflüssiger ist Teil des Warmwasser-Raumheizsystems; wenn die Wärmerückgewinnung nicht benötigt wird, wird die Abwärme des Verflüssigers über den Wärmetauscher vom Heizsystem an den offenen Kühlturm übertragen.

Eine weitere Methode der Wärmerückgewinnung ist der Kältemittel-zu-Wasser Wärmeaustauscher als Entwärmer. Das heiße, gasförmige Kältemittel vom Kompressor wird durch den Wärmeaustauscher geleitet, wo das

## 8. Altri sistemi di recupero di calore

### 8.1 Recupero di calore da impianti di refrigerazione

Il calore di condensazione che generalmente in un impianto di refrigerazione viene dissipato attraverso torri di raffreddamento o condensatori ad aria può essere recuperato con differenti sistemi. Uno di questi prevede l'utilizzo di unità con condensatore a doppio circuito.

Utilizzando uno dei due circuiti del condensatore, il calore può essere trasferito immediatamente ad un'altra parte dell'edificio o può essere trasferito ad acqua calda in un serbatoio di accumulo.

In alternativa può essere utilizzato un condensatore a singolo circuito con torre di raffreddamento a circuito aperto facendo in modo che la dissipazione di calore avvenga attraverso uno scambiatore a piastre. Il condensatore è parte del sistema di riscaldamento; quando non è richiesto alcun recupero, il calore di condensazione è trasferito alla torre a circuito aperto via scambiatore a piastre.

Altro metodo di recupero di calore si ha impiegando uno scambiatore refrigerante surriscaldato-acqua. Il refrigerante gassoso surriscaldato in uscita dal compressore attraverso uno scambiatore dove cede part

some of its sensible heat (superheat) to the water. The still gaseous refrigerant then continues to the condenser. The refrigerant-to-water heat exchanger is located in an insulated hot water storage vessel. The advantage of the desuperheat method is that high temperature hot water (typically 70°C) is obtained. Typically about 15% of the total heat rejected from the high pressure side of the refrigerant circuit is available as superheat. This method of heat recovery is particularly suited to retail premises which contain refrigeration plant for food storage rooms or display cabinets and which have a high domestic hot water requirement.

## 8.2 Destratification Systems

In industrial buildings with high ceilings and poorly insulated roofs, hot air rises up to the roof space. Maintaining a comfortable temperature for the occupants in the lowest two metres of air space, can result in air temperatures at the roof up to 10°C higher. Excessive heat loss then occurs through the roof and upper parts of the walls.

une partie de sa chaleur sensible (surchauffe) à l'eau. Le frigorigène encore gazeux passe ensuite au condenseur. L'échangeur frigorigène/eau est placé dans un ballon de stockage d'eau chaude bien calorifugé. La méthode de désurchauffage est avantageuse en ce qu'elle fournit de l'eau chaude à température élevée (typiquement 70°C). Environ 15% de la chaleur totale dissipée du côté haute pression du circuit frigorifique est disponible comme surchauffe. Cette méthode de récupération de chaleur convient en particulier pour le commerce de détail qui comprend une installation frigorifique pour les chambres froides ou les vitrines réfrigérées, et qui a une forte demande en eau chaude sanitaire.

## 8.2 Systèmes contre la stratification

Dans des immeubles industriels à plafond haut et toits peu calorifugés, l'air chaud monte sous le toit. Pour maintenir une température comfortable pour les occupants dans les deux mètres les plus bas du volume d'air, il peut se produire sous le toit une température jusqu'à 10 K plus élevée. Cela entraîne une perte de chaleur importante à travers le toit et les parties supérieures des murs.

Gas einen Teil seiner fühlbaren Wärme (Überhitzung) an das Wasser abgibt. Das noch gasförmige Kältemittel wird dann weiter zum Verflüssiger geleitet. Der Kältemittel-zu-Wasser Wärmeaustauscher wird in einem isolierten Warmwasserspeicher installiert. Der Vorteil der Enthitzer-Methode liegt darin, daß man Wasser mit hoher Temperatur (typisch 70°C) erhält. Etwa 15% der gesamten Abwärme von der Hochdruckseite des Kältemittelkreises ist als Überhitzung vorhanden. Diese Methode der Wärmerückgewinnung ist besonders für den Einzelhandel geeignet, welcher Kälteanlagen für die Kühlräume oder gewerbliches Kühlmöbel verwendet und dabei einen großen Bedarf an Warmwasser hat.

#### 8.2 Systeme gegen die Schichtbildung

In Industriegebäuden mit großer Deckenhöhe und schlecht isolierten Dächern steigt die Warmluft bis unter das Dach. Um für die Anwesenden in den beiden unteren Metern des Luftraumes eine komfortable Temperatur aufrecht zu erhalten, kann es möglich sein, daß man unter dem Dach bis zu 10 K höhere Temperaturen erzeugen muß. Es kann dann ein größerer Wärmeverlust durch das Dach und die oberen Teile der Wände eintreten.

del calore sensibile all'acqua. Il gas, ancora in fase gassosa, passa quindi nel condensatore. Lo scambiatore gas-acqua è posizionato in un serbatoio di accumulo termicamente isolato. Il vantaggio del metodo di desurriscaldamento è che si può ottenere acqua a temperatura sufficientemente alta (generalmente 70°C), Di norma circa il 15% del calore totale di condensazione è disponibile come surriscaldamento.

Questo metodo è particolarmente indicato dove vi siano impianti di refrigerazione per la conservazione di derrate alimentari o banchi frigoriferi per esposizione e vi sia contemporanea necessità di acqua calda sanitaria.

#### 8.2 Sistemi di destratificazione

Negli edifici industriali con alti soffitti o tetti scarsamente isolati, il calore tende a salire verso il tetto. Mantenendo una temperatura confortevole per gli occupanti nella zona bassa, si ha al livello del tetto una temperatura anche di 10°C superiore. Attraverso il tetto e la parte superiore delle pareti si hanno quindi eccessive perdite di calore per trasmissione.

### 8.2.1 Destratification Fans

Destratifying fans recirculate hot air at high level back down to the occupied zone and so reduce temperature differences (fig. 8). The fan rotors rotate relatively slowly to avoid uncomfortable draughts in the occupied zone. Power consumption and noise levels are low. The fan is either of the axial flow or propeller type (fig. 8). Fans may be controlled thermostatically so that recirculation only takes place once the air temperature in the roof space reaches a pre-set level.

Some manufacturers provide fan units with an integral air duct. The duct transports air from the roof space down to floor level (fig. 8). A higher speed fan, capable of overcoming the resistance to airflow of the duct, is used for this type of unit.

### 8.2.1 Ventilateurs contre la stratification

Les ventilateurs contre la stratification font circuler l'air chaud se trouvant à un niveau élevé vers la zone occupée, et réduisent ainsi les écarts de température (fig. 8). Le rotor du ventilateur tourne assez lentement pour éviter des courants d'air désagréables dans la zone occupée. La consommation d'énergie et le niveau de bruit sont faibles. Le ventilateur est soit du type axial, soit à hélice (fig. 8). Les ventilateurs peuvent être thermostatés de sorte que la recirculation ne se produit qu'après que l'air sous le toit ait atteint un niveau de température prédéterminé.

Certains fabricants fournissent des groupes de ventilation avec un conduit d'air. Le conduit amène l'air sous le toit jusqu'au niveau du plancher (fig. 8). Dans les groupes de ce genre, on utilise un ventilateur à vitesse plus élevée, susceptible de vaincre la résistance de l'écoulement dans le conduit.

### 8.2.1 Ventilatoren gegen die Schichtbildung

Ventilatoren gegen die Schichtbildung bringen die Warmluft von den höheren Ebenen wieder in die bewohnte Zone und reduzieren somit die Temperaturdifferenz (abb. 8). Die Ventilatorläufer drehen verhältnismäßig langsam, um unbequemen Luftzug in der bewohnten Zone zu vermeiden. Als Ventilator wird entweder ein Schrauben- oder Propellerlüfter (Abb. 8) verwendet. Die Ventilatoren können auch thermostatisch gesteuert werden, so daß die Umwälzung erst einsetzt, nachdem die Lufttemperatur unter dem Dach einen voreingestellten Wert erreicht hat.

Einige Hersteller liefern Ventilatoreinheiten mit integrierten Luftkanälen. Die Kanäle leiten die Luft von unter dem Dach herunter bis in die Fußbodenebene (Abb. 8). Bei Einheiten dieser Art wird ein schneller laufender Ventilator benutzt, der den Luftwiderstand in den Kanälen überwinden kann.

### 8.2.1 Ventilatori di destratificazione

I ventilatori di destratificazione ricircolano l'aria delle zone alte nella zona occupata, riducendo così il gradiente termico (fig. 8).

Le pale del ventilatore ruotano relativamente lente per evitare fastidiose correnti d'aria. La potenza assorbita ed il rumore generato sono bassi. I ventilatori possono essere elicoidali o anche comandati termostaticamente in modo che funzionino solo quando la temperatura nelle zone alte raggiunge un valore prefissato.

Alcuni costruttori forniscono unità ventilanti con un raccordo canalizzato. Il raccordo convoglia l'aria dal soffitto alle zone basse (fig. 8).

In questo tipo di unità per vincere la resistenza del canale è utilizzato un ventilatore a prevalenza superiore.

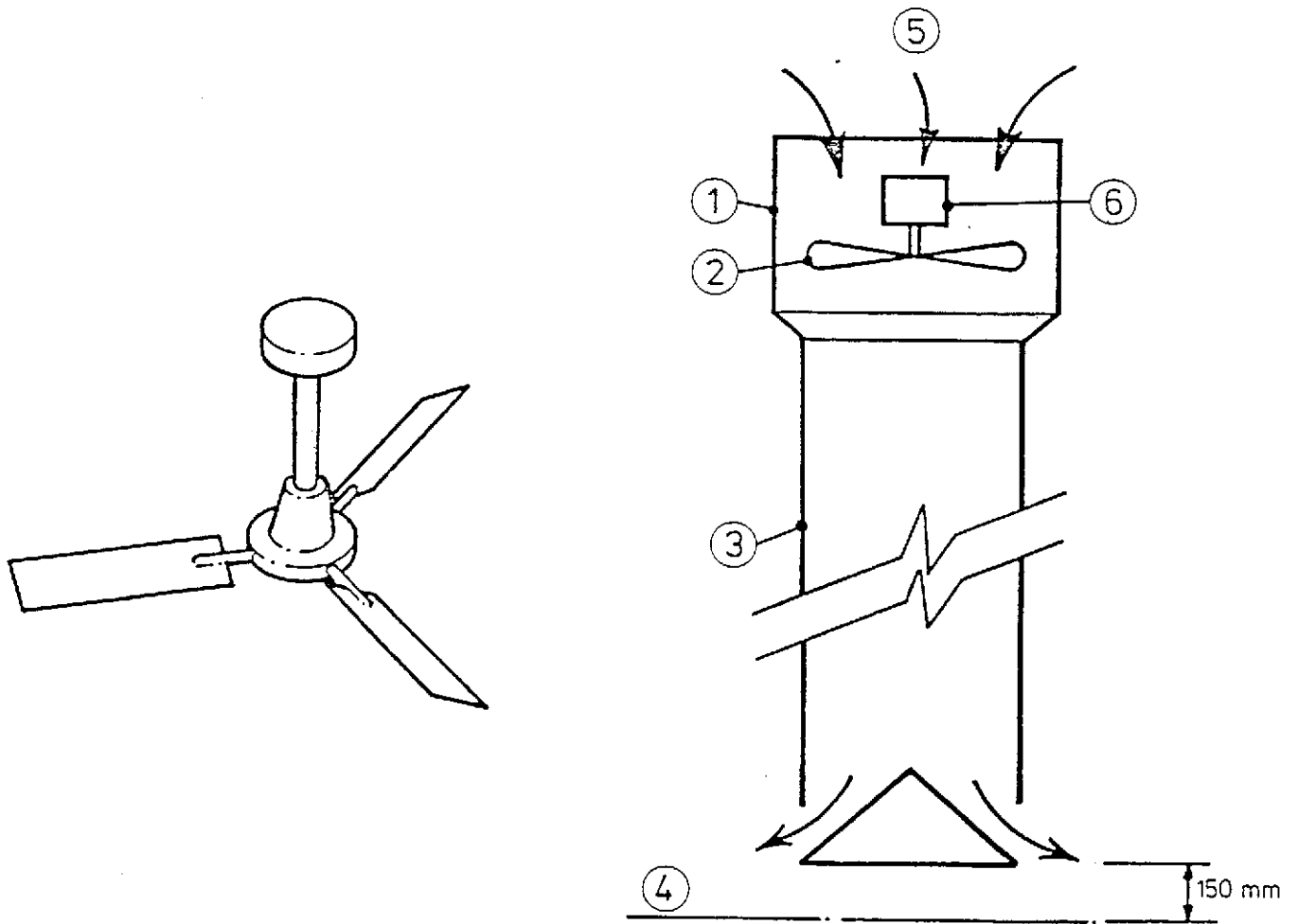


Fig. 8: Two Types of De-Stratifying Fans

Deux types de ventilateurs contre la stratification

- 1: Fan casing
- 2: Fan impellers
- 3: Lightweight ducting
- 4: Factory floor
- 5: Air supply through grilles
- 6: Enclosed motor

- 1: Carter du ventilateur
- 2: Roue du ventilateur
- 3: Conduit léger
- 4: Plancher d'usine
- 5: Air neuf par grilles
- 6: Moteur fermé



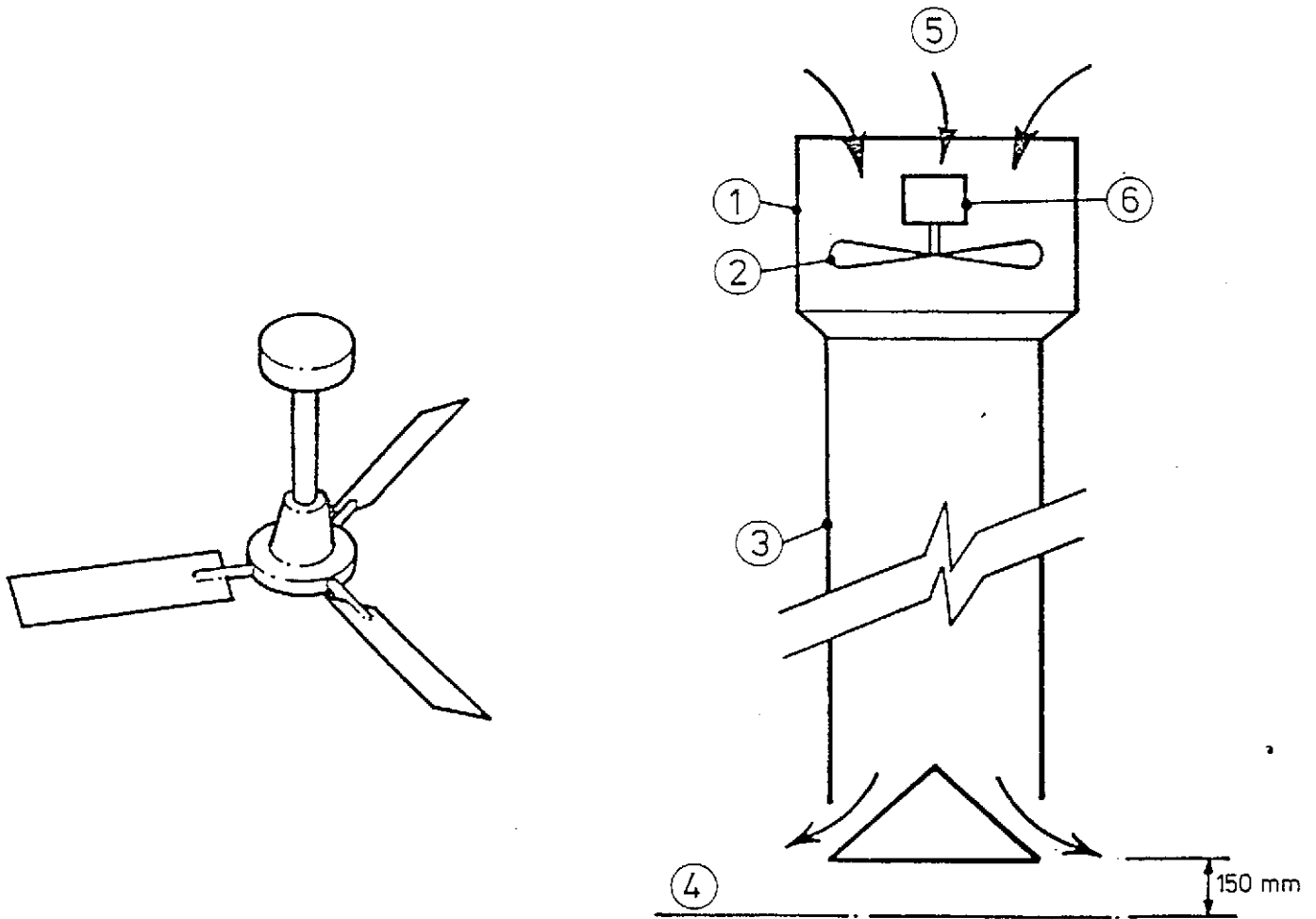


Abb. 8: Zwei Typen von Ventilatoren gegen die Schichtbildung  
Due tipi di ventilatori di destratificazione

- 1: Ventilatorgehäuse
- 2: Laufrad
- 3: Leichter Kanal
- 4: Fabrikboden
- 5: Zuluftgitter
- 6: Gekapselter Motor

- 1: Involucro ventilatore
- 2: Girante ventilatore
- 3: Raccordo canalizzato
- 4: Pavimento
- 5: Ripresa aria attraverso griglie
- 6: Motore

### 8.2.2 Destratification Jet Systems

As an alternative to Fans, the use of Destratification Jets are extremely effective. By using high pressure nozzles, air is ejected in the form of high velocity jets, the consequent entrainment results in warm air being recirculated at low level at velocities acceptable to the occupants.

### 8.2.2 Systèmes à jets contre la stratification

En alternative aux ventilateurs, l'utilisation de jets contre la stratification est extrêmement efficace. A l'aide d'ajutages à haute pression, l'air est éjecté sous forme de jets à grande vitesse, qui entraînent l'eau chaude et la ramène à un niveau plus bas, à des vitesses acceptables pour les occupants.

### 8.3 Heat Recovery from Compressed Air Systems

The practicability of heat/energy recovery from the compressors of compressed air systems is not yet fully appreciated. When the extent of the use of such air systems in manufacturing industry is considered, the potentiality is considerable.

### 8.3 La récupération de chaleur des systèmes à air comprimé

La faisabilité d'une récupération de chaleur/d'énergie des compresseurs dans les installations à air comprimé n'est pas encore complètement comprise. Si l'on considère l'étendue de l'utilisation de ces systèmes à air comprimé dans l'industrie de fabrication, on comprend qu'il s'agit là d'un potentiel considérable.

### 8.2.2 Strahler gegen die Schichtbildung

Als Alternative zu den Ventilatoren ist der Einsatz von Strahlern gegen die Schichtbildung außerordentlich wirkungsvoll. Durch die Verwendung von Hochdruckdüsen wird die Luft in Form von Hochgeschwindigkeitsstrahlern ausgeblasen, welche die Warmluft mitreißen und diese somit bis in die niedrige Ebene zurückführen und dies mit Geschwindigkeiten, welche für die Bewohner verträglich sind.

### 8.2.2 Sistema con ugelli destratificatori

Una alternativa estremamente efficace ai ventilatori di destratificazione è data dagli ugelli destratificatori.

Utilizzando ugelli ad alta pressione, l'aria in uscita ad alta velocità induce l'aria calda fino alle zone basse, con velocità risultante nella zona occupata di completo comfort.

### 8.3 Wärmerückgewinnung von Druckluftsystemen

Die Durchführbarkeit einer Wärme/Energierückgewinnung von Kompressoren für Druckluft ist noch nicht im vollen Umfange erkannt worden. Wenn man den weitgehenden Einsatz solcher Anlagen in der Fertigungsindustrie betrachtet, so erkennt man, daß hier noch beachtliche Möglichkeiten vorhanden sind.

### 8.3 Recupero di calore da sistemi di aria compressa

La convenienza del recupero di calore e di energia da compressori d'aria non è ancora completamente riconosciuta.

Quando è previsto in una industria l'impiego di questo sistema la disponibilità di recupero è considerevole.

## LIST OF THE MEMBER ASSOCIATIONS

### **BELGIUM**

#### **FABRIMETAL**

21 rue des Drapiers -  
B-1050 BRUXELLES  
Tel. 32/2/5102518 - Fax : 32/2/5102563

### **GERMANY**

#### **FG ALT im VDMA**

Postfach 710864 - D-60498 FRANKFURT/MAIN  
Tel. 49/69/66031227 - Fax : 9/69/66031218

### **SPAIN**

#### **AFEC**

Francisco Silvela, 69-1°C - E-28028 MADRID  
Tel. 34/1/4027383 - Fax : 34/1/4027638

### **FINLAND**

#### **AFMAHE**

Etäläranta 10 - FIN-00130 HELSINKI  
Tel. 358/9/19231 - Fax : 358/9/624462

### **FINLAND**

#### **FREA**

PL 37  
FIN-00801 HELSINKI  
Tel : 358/9/759 11 66 - Fax : 358/9/755 72 46

### **FRANCE**

#### **UNICLIMA (Syndicat du Matériel Frigorifique, Syndicat de l'Aéraulique)**

Cedex 72 -  
F-92038 PARIS LA DEFENSE  
Tél : 33/1/47176292 - Fax : 33/1/47176427

### **GREAT BRITAIN**

#### **FETA (HEVAC and BRA)**

Sterling House - 6 Furlong Road - Bourne  
End  
GB-BUCKS SL 8 5DG  
Tel : 44/1628/531186 or 7 -  
Fax : 44/1628/810423

### **ITALY**

#### **ANIMA - CO.AER**

Via Battistotti Sassi, 11 - I-20133 MILANO  
Tel : 39/2/73971 - Fax : 39/2/7397316

### **NETHERLANDS**

#### **NKI**

Postbus 190 - NL-2700 AD ZOETERMEER  
Tel : 31/79/3531258 - Fax : 31/79/3531365

### **NETHERLANDS**

#### **VLA**

Postbus 190 - NL-2700 AD ZOETERMEER  
Tel. 31/79/3531258 - Fax : 31/79/3531365

### **NORWAY**

#### **NVEF**

P.O.Box 850 Sentrum - N-0104 OSLO  
Tel. 47/2/413445 - Fax : 47/2/2202875

### **SWEDEN**

#### **KTG**

P.O. Box 5510 - S-11485 STOCKHOLM  
Tel. 46/8/7820800 - Fax : 46/8/6603378

### **SWEDEN**

#### **SWEDVENT**

P.O. Box 17537 - S-11891 STOCKHOLM  
Tel : 46/8/6160400 - Fax : 46/8/6681180

### **TURKEY**

#### **ISKID**

Büyükdere Cad. No: 108 Kat.  
10 Oyal Ishani Esentepe - ISTANBUL  
Tel + Fax : 90/212 272 30 07