



Collector Hydraulics

Werner Weiss

AEE - Institute for Sustainable Technologies
A-8200 Gleisdorf, Feldgasse 2
AUSTRIA

financed by

Austrian



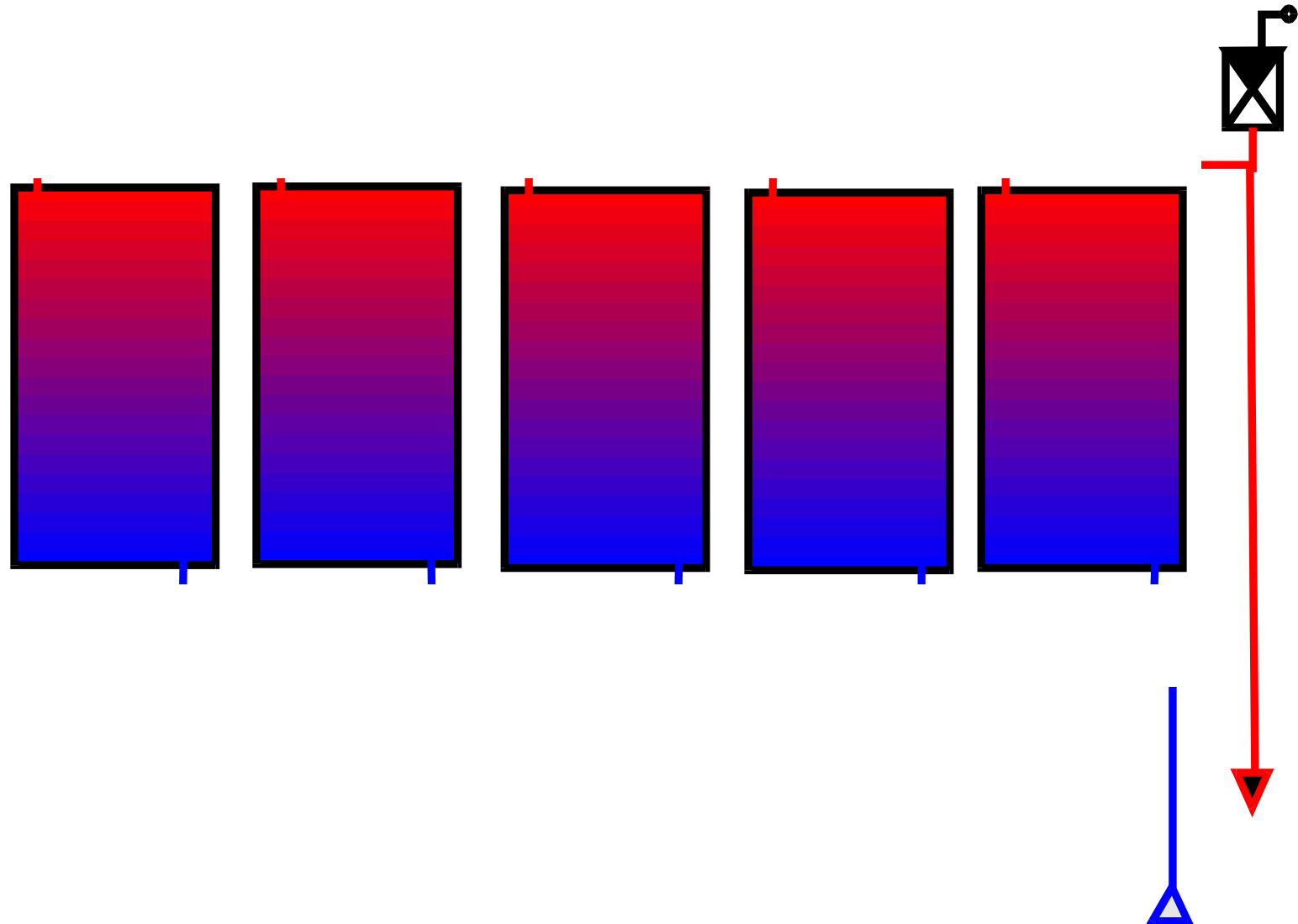
Development Cooperation

Hydraulic connection of collectors

financed by

Austrian

Development Cooperation

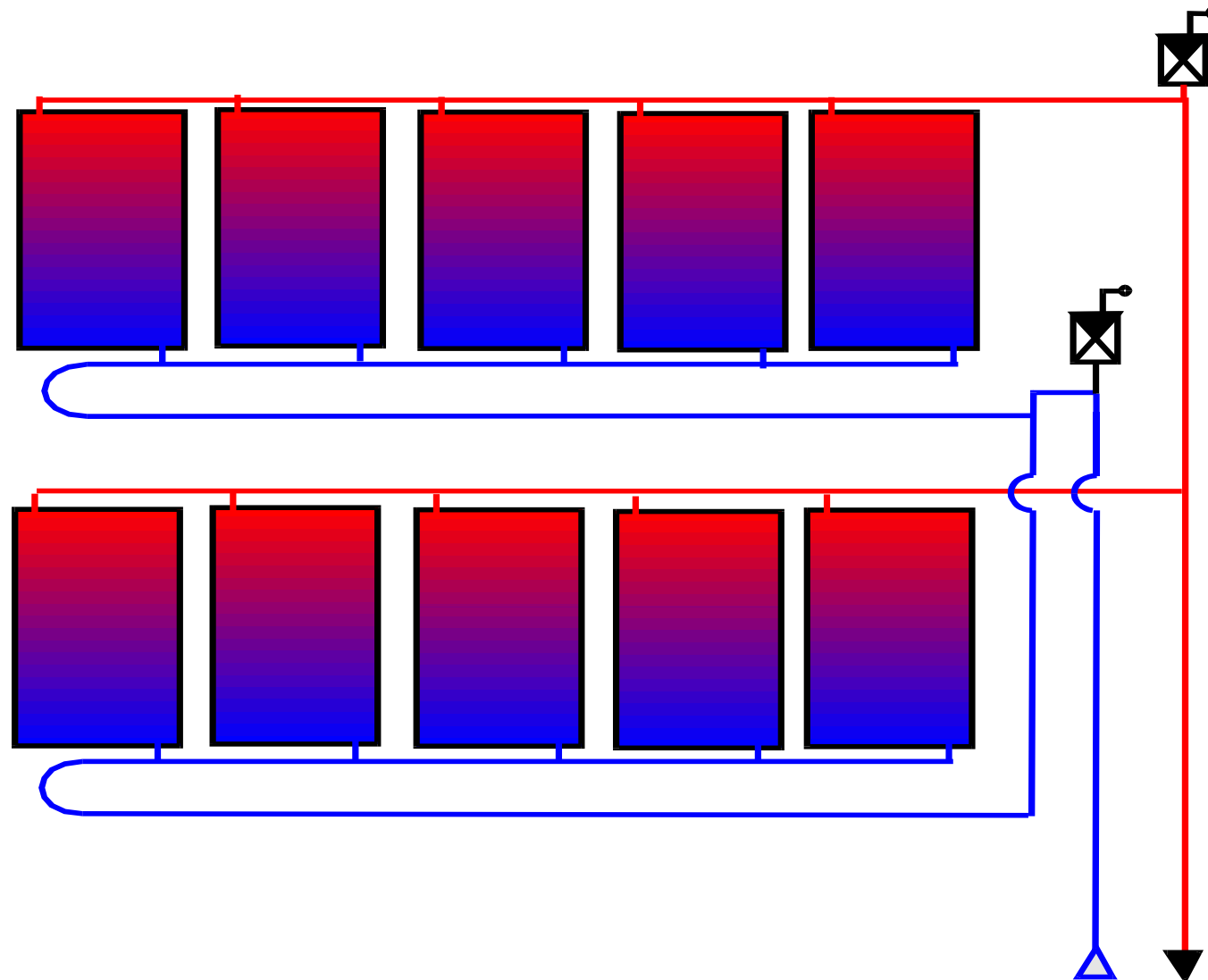


Hydraulic connection of collectors

financed by

Austrian

Development Cooperation

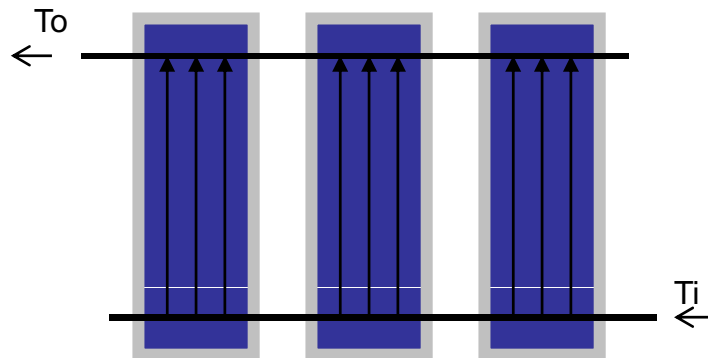


Collector hydraulics: serial - parallel

Parallel connection

All collectors work on the same temperature level

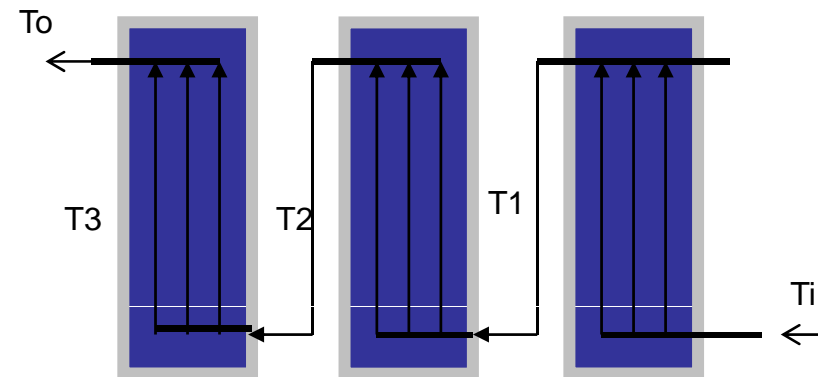
The total mass flow is divided by the number of collectors



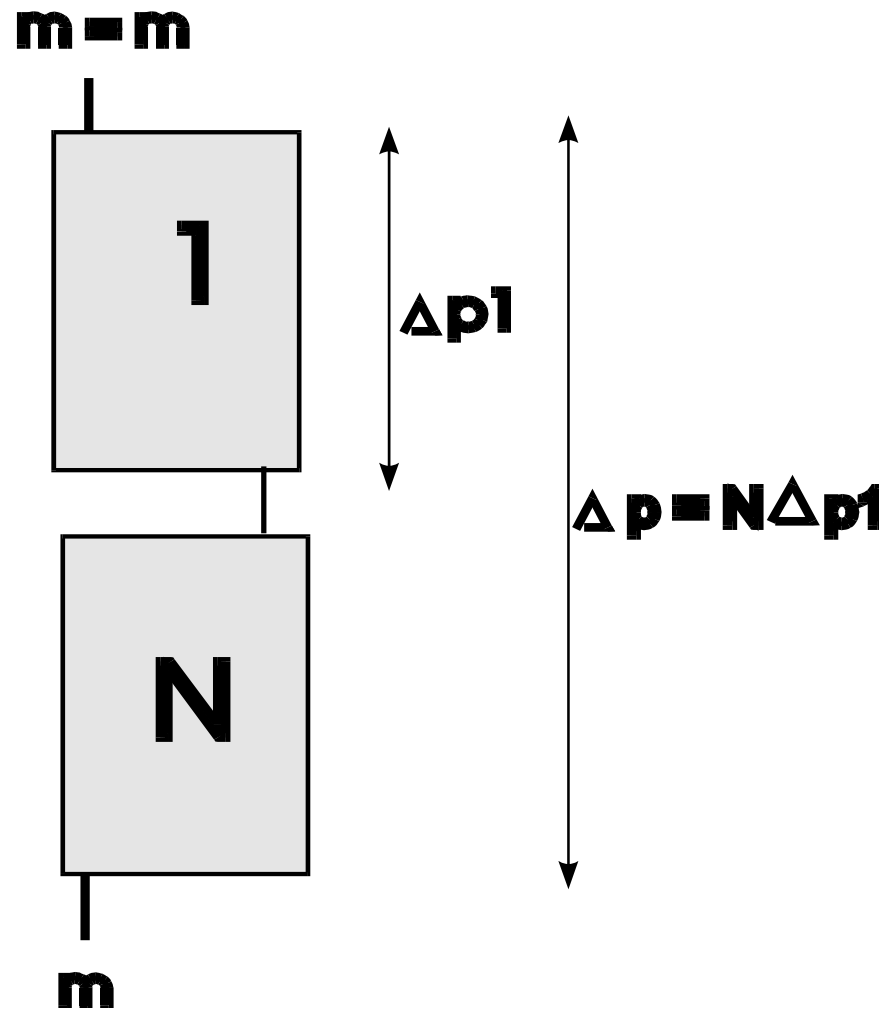
Serial connection

All collectors work on different temperature levels

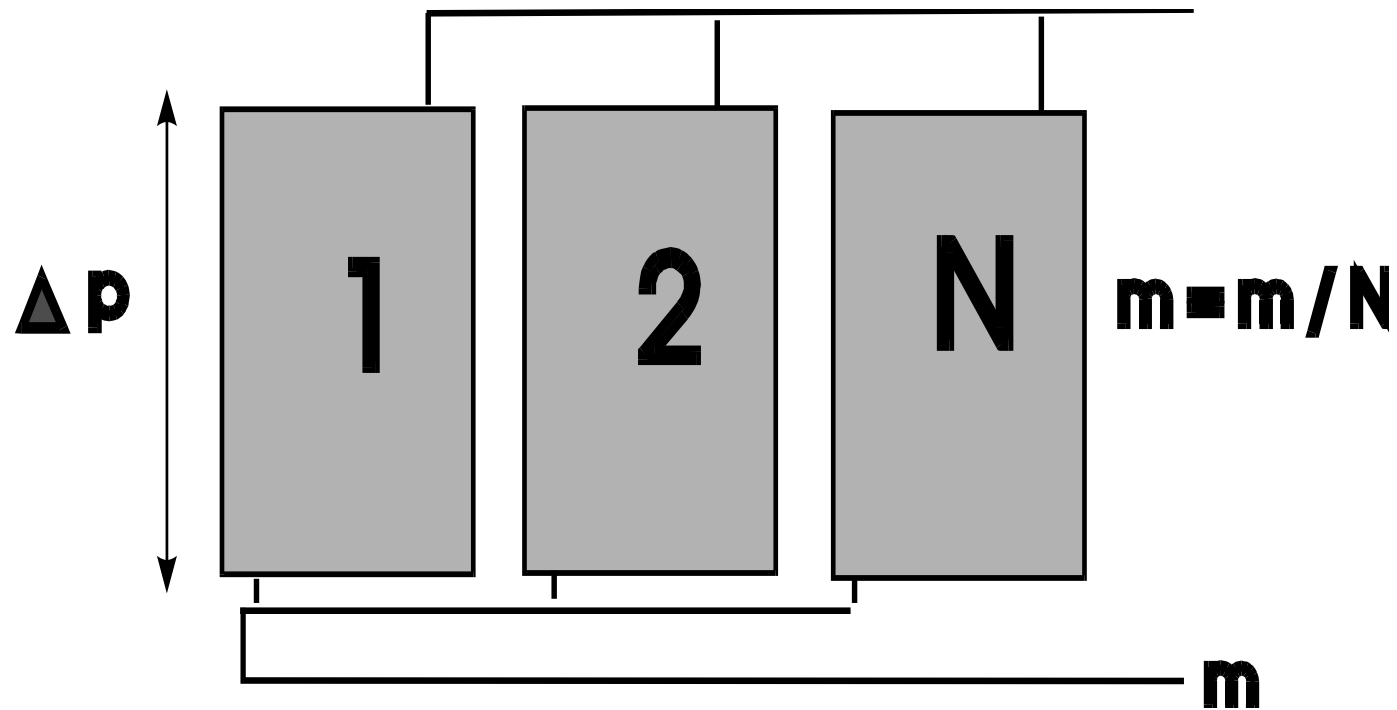
The mass flow in all collectors is equal to the total mass flow



Pressure drop



Pressure drop



Mass flow in parallel connected collectors

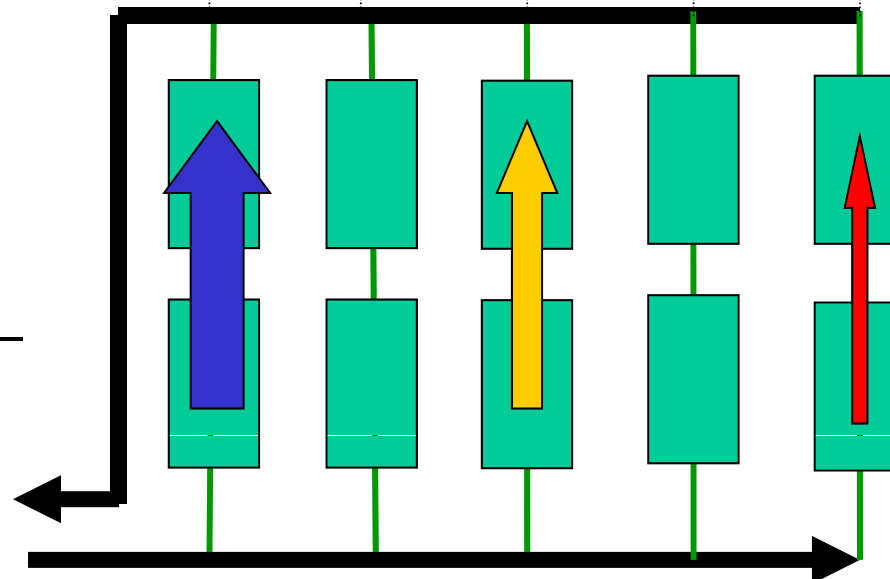
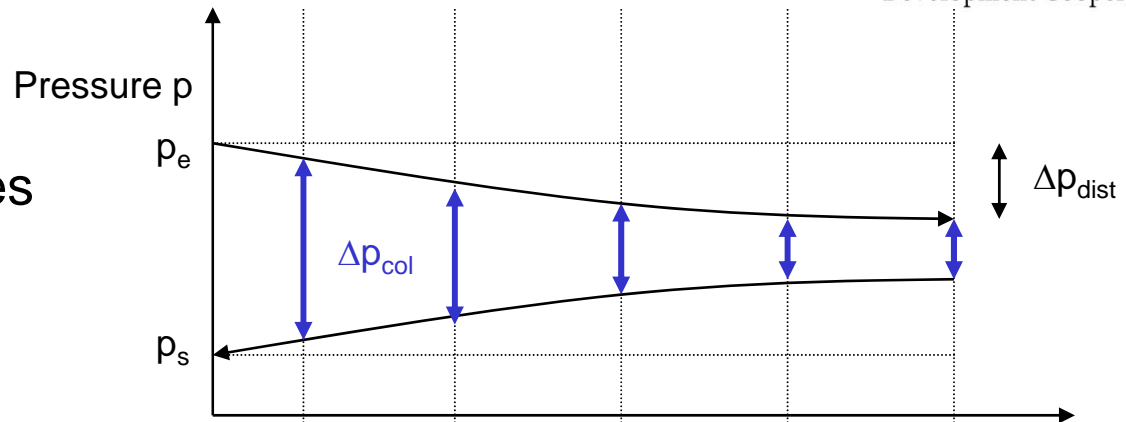
1. Connection which causes different mass flows

High mass flow in the first collector, low mass flow in the last collector of the field

$$\dot{m}_{col} = f(\Delta p_{col})$$

The higher the pressure drop (mass flow) in the collector – the lower the pressure drop in the distribution pipes

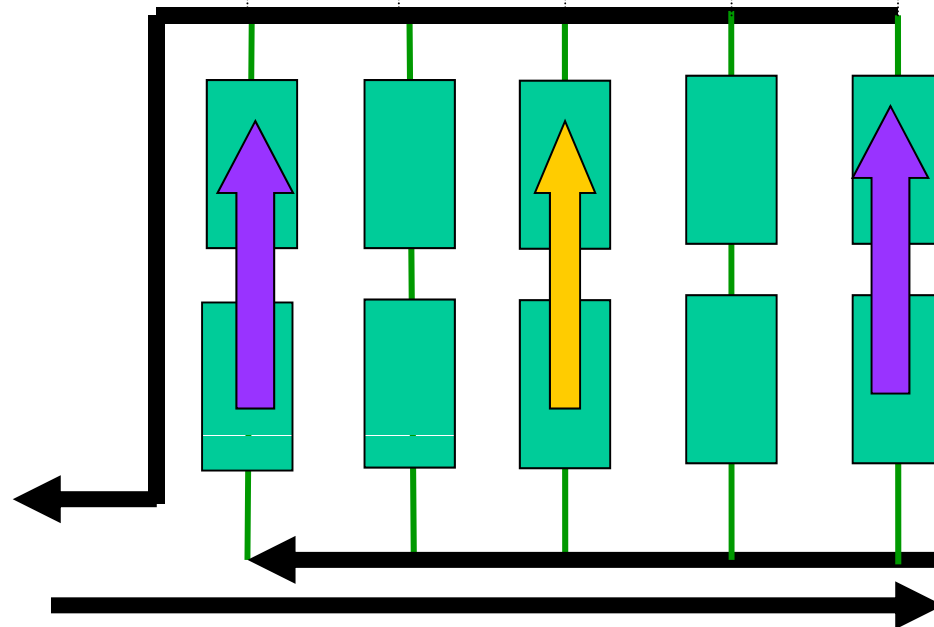
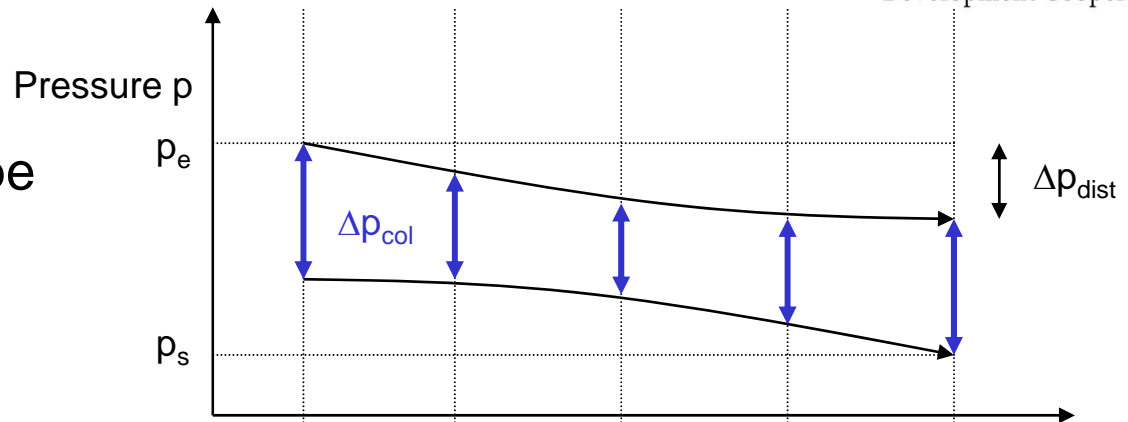
$$\Delta p_{dist} \ll \Delta p_{col}$$



2. Connection via return pipe (Tichelmann)

Different mass flows in the centre and at the end of the collector field

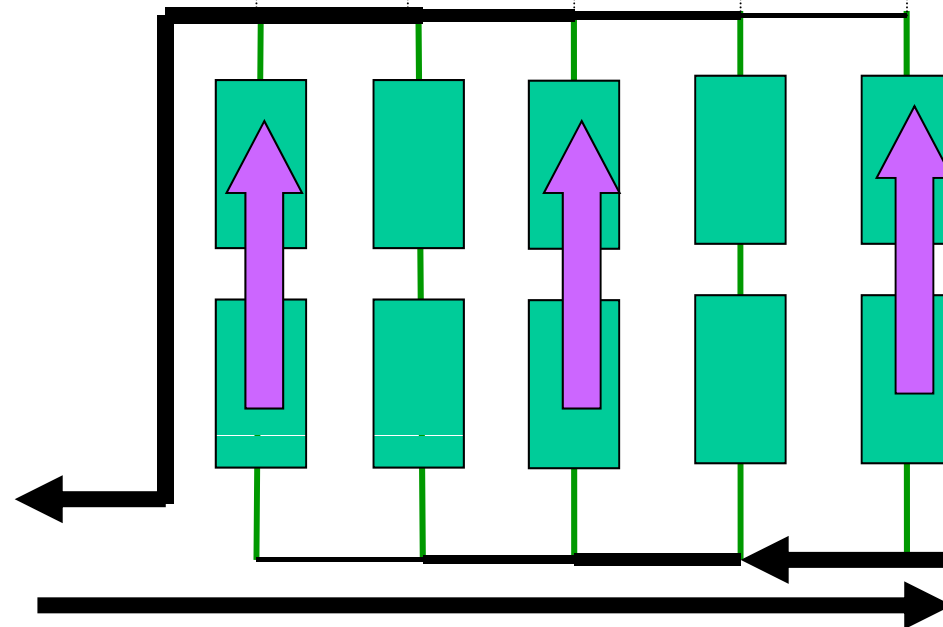
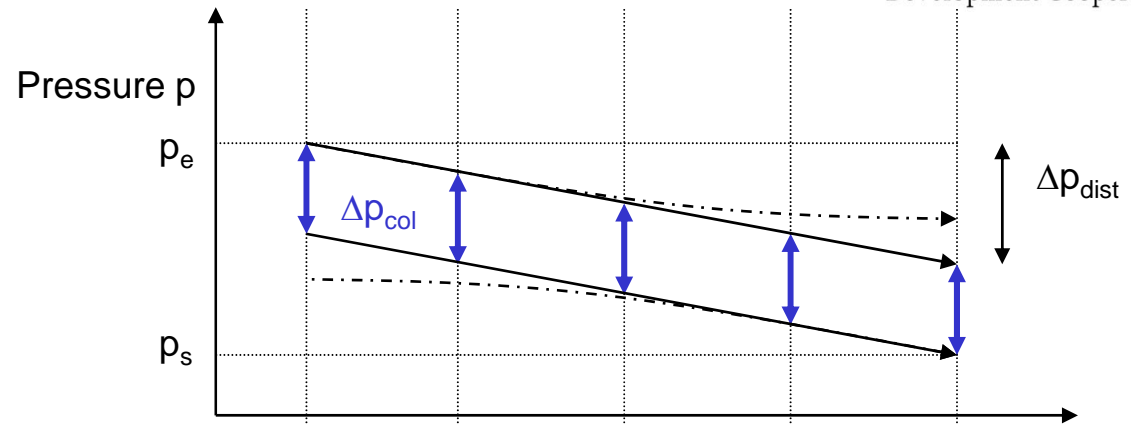
-> non-linear pressure in the distribution pipes



Mass flow in parallel connected collectors

3. Connection via return pipe and reduced pipe diameter in the distribution pipes

Equal mass flow in all collectors of the field

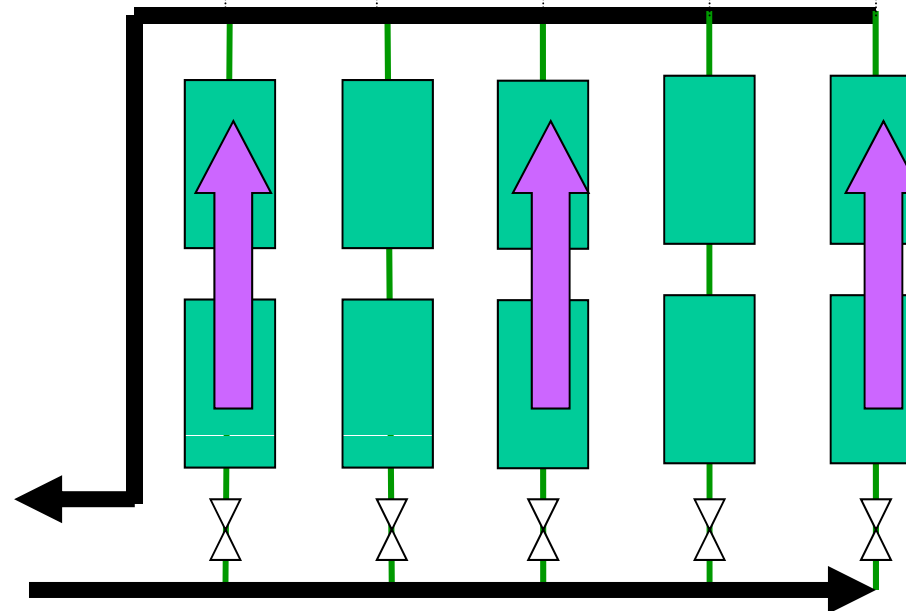
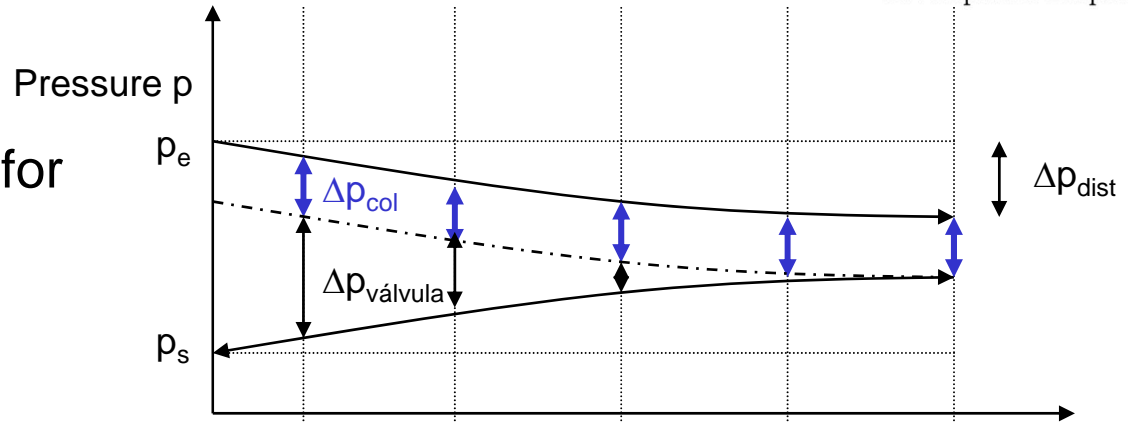


Mass flow in parallel connected collectors

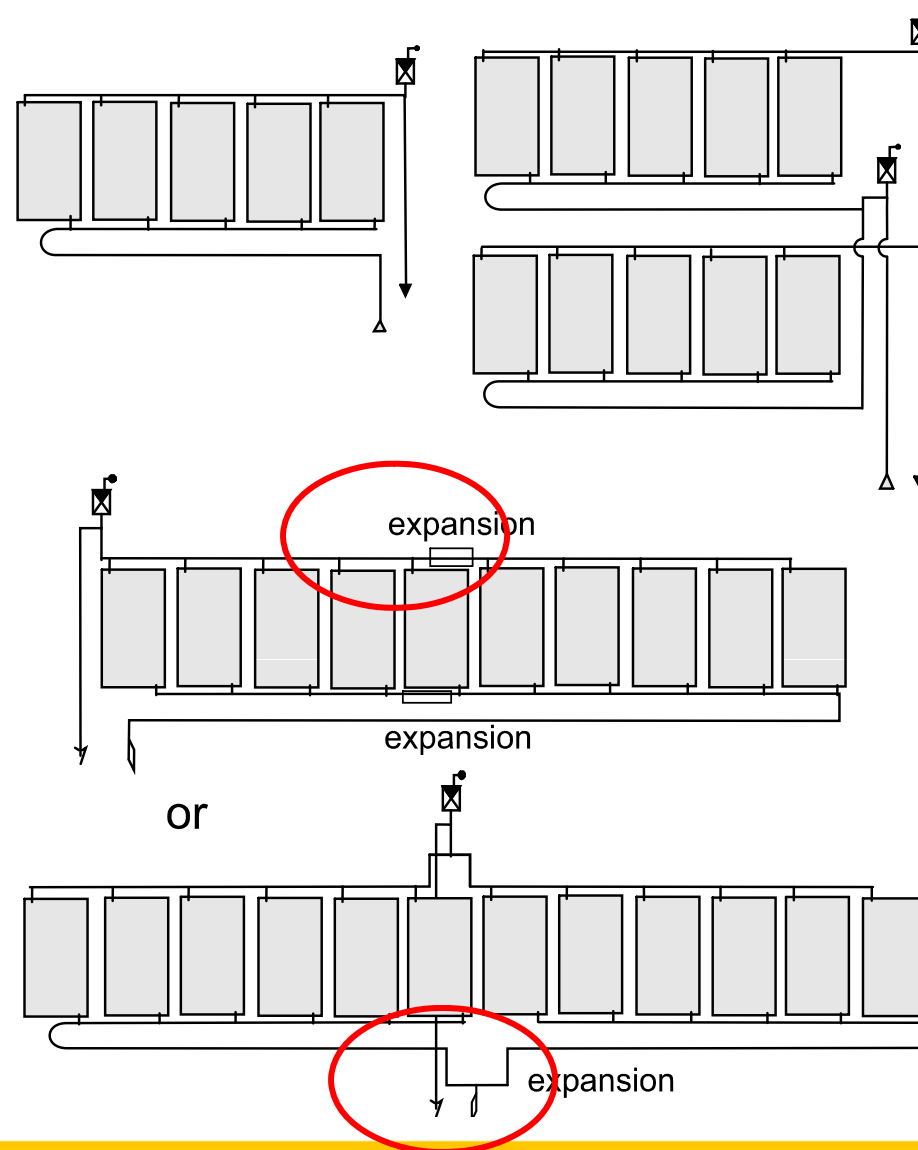
4. Connections with valves for each string

Equal mass flow in all collectors of the field

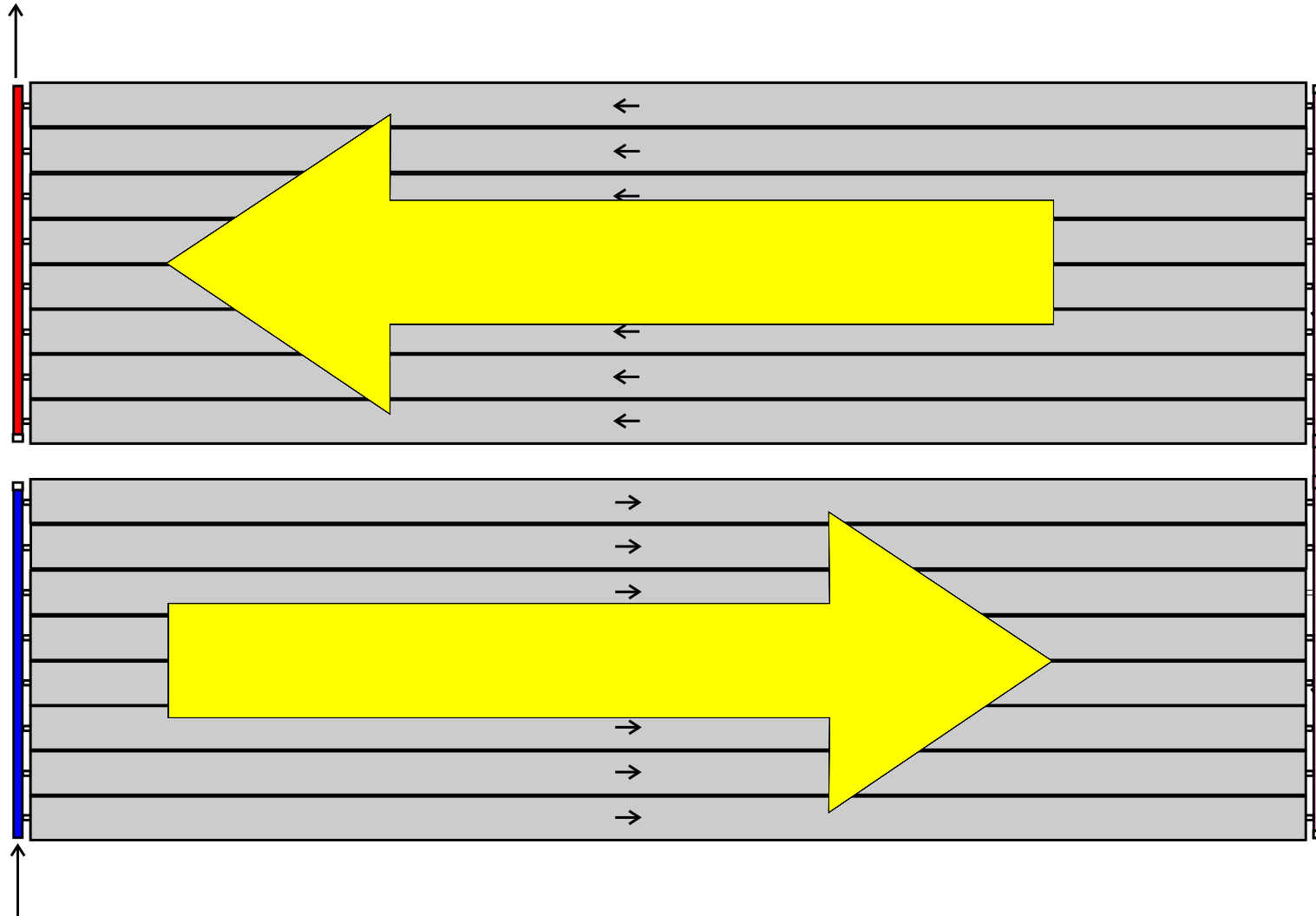
Different pressure is compensated via adjustable valves



THE HYDRAULIC CONNECTION OF THE COLLECTORS



Hydraulic connection of large-scale collectors



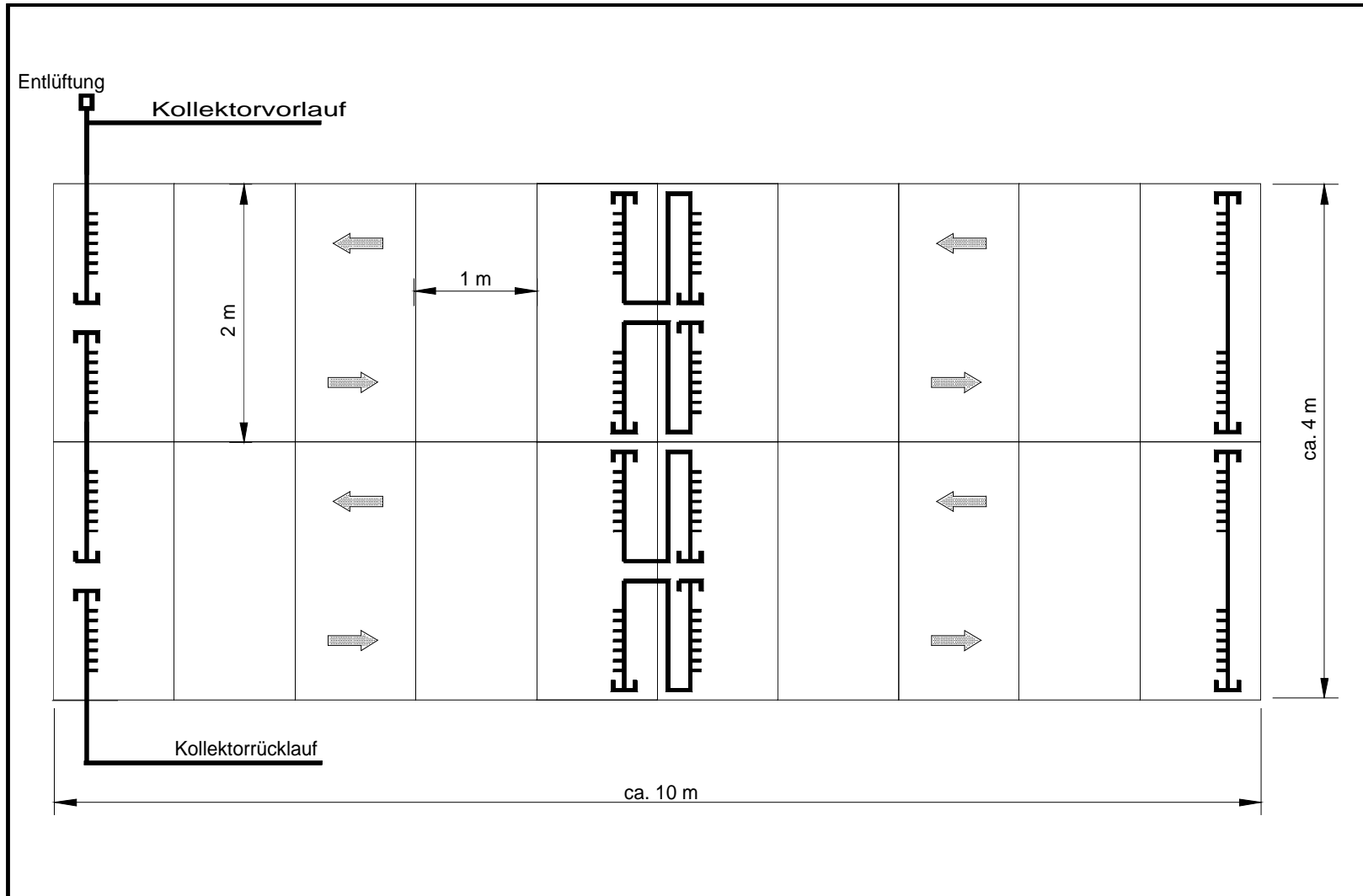
Flat plate Collectors – Roof Integrated

financed by

Austrian
Development Cooperation



Large-scale collectors





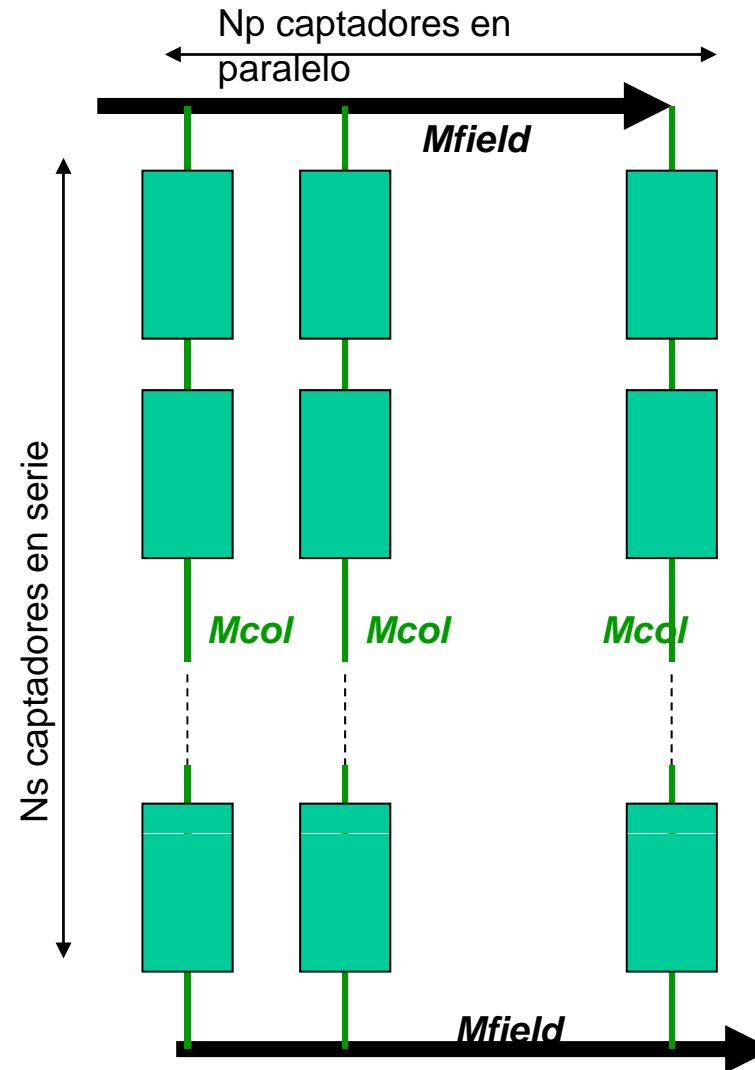
financed by

Austrian

 Development Cooperation

Collector connections

Variante 1: N_p filas de N_s captadores



Definiciones:

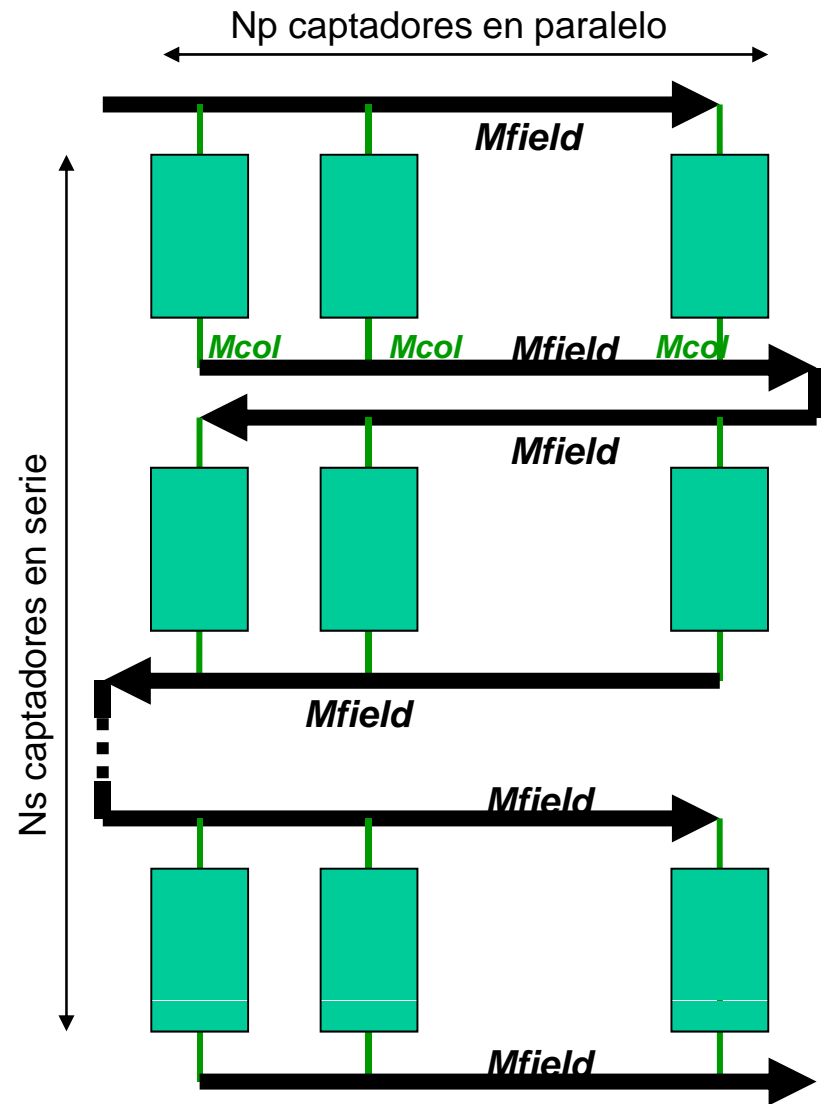
(1) $A_{field} = N_{col} * A_{col}$

(2) $N_{col} = N_s * N_p$

Relaciones caudal – area:

(3) $M_{col} = M_{field} / N_p$

Conexión de campos solares: Variante 2: N_s bloques de N_p captadores



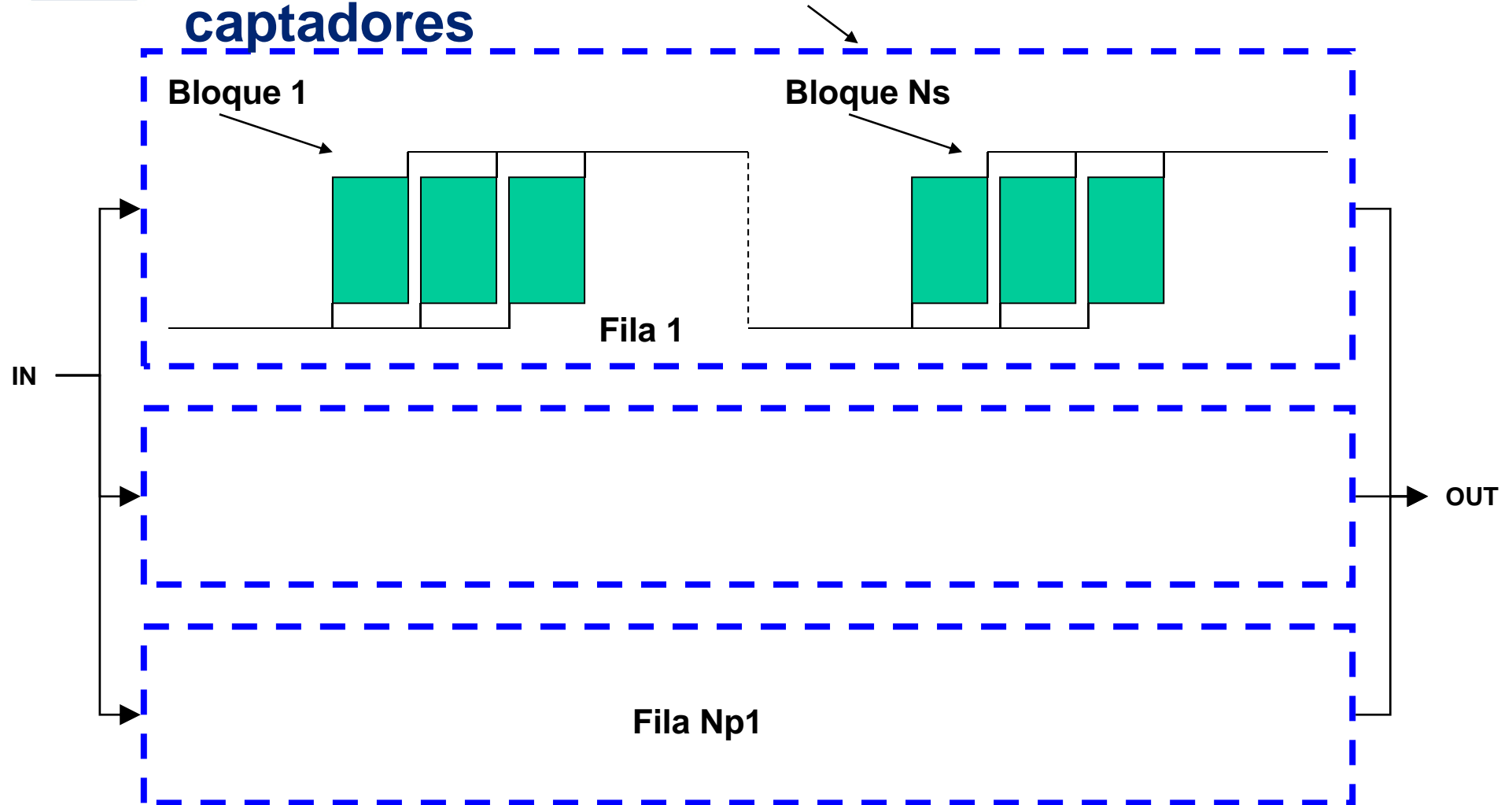
Definiciones:

- (1) $A_{field} = N_{col} * A_{col}$
- (2) $N_{col} = N_s * N_p$

Relaciones caudal – area:

(3) $M_{col} = M_{field} / N_p$

Conexión de campos solares: Variante 3: N_{p1} filas de N_s bloques de N_{p2} captadores



$$N_p = N_{p1} * N_{p2}$$

Relación entre caudal en el campo y caudal en el captador

Definiciones:

(1) $A_{field} = N_{col} * A_{col}$

(2) $N_{col} = N_s * N_p$

Relaciones caudal – area:

(3) $M_{col} = M_{field} / N_p$

Con (3) y (2) ->

(4) $M_{col} = (M_{field} / N_{col}) * N_s$

Dividiendo (4) por A_{col} ->

(5) $(M_{col}/A_{col}) = (M_{field} / A_{col}*N_{col}) * N_s$

Sustituyendo A_{field} por $N_{col}*A_{col}$ (Ec. (1)):

(6) $(M_{col}/A_{col}) = (M_{field} / A_{field}) * N_s$

E invirtiendo ecuación (6):

(7) $(M_{field} / A_{field}) = (M_{col}/A_{col}) * (1/N_s)$

Relación de caudal por unidad de superficie en el campo y en el captador está dado por el número de captadores conectados en serie

Relación entre caudal y salto de temperatura

Cálculo para radiación solar máxima (1000 W/m²)

(rendimiento captador supuesto: 70%)

$$\dot{Q}_u = \eta G_T A_c = \dot{m} c_p (T_s - T_e)$$

Regimen de flujo	\dot{m} / A_c	$\Delta T = T_s - T_e$	$T_s = 15^\circ\text{C} + \Delta T$
	kg/m ² h	K	°C
flujo alto	50	13	28
flujo medio	25	26	41
flujo bajo	12.5	52	67

Ventajas y desventajas de sistemas “low-flow”

Pro

Reacción rápida:

ya con bajo nivel de radiación
(mañana) se llega a la
temperatura de servicio

Diámetro inferior de tubería

Coste de instalación inferior
Menos pérdidas térmicas
Menor consumo de energía
eléctrico para bombas de
recirculación

Contra

Necesidad de un acumulador
estratificado

Altas temperaturas en la zona
superior del acumulador

Rendimiento inferior en
sistemas con baja
cobertura solar

Posible en sistemas grandes:

-> caudal variable
 (“matched flow”)

Consecuencias de un flujo no equilibrado

- ⑩ Altas temperaturas en los ramos con poco caudal
- ⑩ -> peligro de sobrecalentamiento
- ⑩ -> reducción del rendimiento

Criterios de diseño de un campo solar

1. Selección del caudal total del campo solar (**Mfield / Afield**) :
 - High-flow / low-flow
 - -> opción de diseño según tipo de aplicación
2. Definición del caudal máximo / mínimo permitido en el captador (**Mcol/Acol**) (según especificaciones del fabricante)
 - ∞ límite inferior: evitar régimen de flujo laminar (reducción de transferencia de calor)
 - ∞ límite superior: exceso de pérdida de carga
3. Definición del número de captadores por conectar en serie
 - ∞ **Ns = (Mcol/Acol) / (Mfield / Afield)**
 - ∞ Nota: Ns puede variar según el rango de variación permitido en Mcol/Acol y Mfield/Afield
4. Elegir la configuración definitiva del campo según los siguientes criterios:
 - ∞ ajuste a la geometría del espacio disponible
 - ∞ minimización de la longitud de tubería
 - ∞ minimización de la cantidad de válvulas equilibradoras