

Verband Schweizer  
Abwasser- und  
Gewässerschutz-  
fachleute

Association suisse  
des professionnels  
de la protection  
des eaux

Associazione svizzera  
dei professionisti  
della protezione  
delle acque

Swiss Water  
Pollution Control  
Association



## Processi attualmente maturi per una realizzazione a scala reale

Lucerna, 14 marzo 2019

Foto: M. Rindlisbacher, IDA Lago di Thun

## Articolo Aqua&Gas 11/17



In diesem Artikel wird der aktuelle Stand der Verfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen aus dem kommunalen Abwasser dargelegt und aufgezeigt, mit welchen künftigen Entwicklungen zu rechnen ist. Zudem wird auf wichtige Aspekte der Verfahren eingegangen und im Kontext der Verfahrenswahl diskutiert.

Pascal Wunderlin\*, Aline Meier, Julie Grotol, VSA-Plattform «Verfahrenstechnik Mikroverunreinigungen»

### RÉSUMÉ

#### ÉLIMINATION DES MICROPOLLUANTS DES STEP: ÉTAT ACTUEL DES PROCÉDÉS ET DÉVELOPPEMENTS FUTURS

Dans le cadre du projet «Stratégie Micropolluants», différents procédés d'élimination des micropolluants des eaux usées communales ont été testés, l'accent ayant été mis en particulier sur l'ozonation et l'utilisation de charbon actif en poudre (CAP). On a constaté que les deux variantes du procédé étaient économiques, pouvaient bien s'intégrer dans les STEP existantes et éliminaient un large éventail de micropolluants, conformément aux exigences légales. Ce sont désormais des procédés établis et ils n'ont en principe pas changé. Cependant, la mise en œuvre de ces procédés a tendance à être plus compactes et moins onéreuses (par ex. le dosage de CAP au niveau du traitement biologique ou en amont du filtre à sable). Le charbon actif en grains (CAG), dans le filtre fixe dans le filtre à lit fluidisé, est une autre solution technologique en discussion. Il est important que, lors du choix du procédé, les contraintes liées au projet et à l'installation existante soient prises en compte. La version française de cet article sera publiée dans l'édition 1/18 de *Aqua & Gas*.

### EINLEITUNG

Organische Substanzen, die in Gewässern in Konzentrationen im Bereich von wenigen Nano- bis Mikrogramm pro Liter vorkommen, werden organische Spurenstoffe respektive Mikroverunreinigungen genannt und nachfolgend als MV bezeichnet. Sie können auf Wasserlebewesen bereits in diesen geringen Konzentrationen nachteilige Effekte haben [1]. Die kommunalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) stellen den wichtigsten kontinentalen Eintragspfad für Spurenstoffe dar [2]. Es ist bekannt, dass der Eintrag von MV aus kommunalen ARA und damit auch die ökotoxikologischen Effekte mit technischen Massnahmen wesentlich reduziert werden können, was zu einer Verbesserung der Wasserqualität in der Umwelt führt (z. B. [1, 3]).

Um diese Verbesserungen herbeizuführen, traten am 1. Januar 2016 das revidierte Gewässerschutzgesetz (GSchG) und die revidierte Gewässerschutzverordnung (GSchV) in Kraft. Damit sind in der Schweiz die gesetzlichen Grundlagen für den gezielten Ausbau von ARA um eine zusätzliche Reinigungsstufe geschaffen. Die Kriterien gemäss GSchV zur Auswahl der betroffenen ARA richten sich nach drei Zielen:

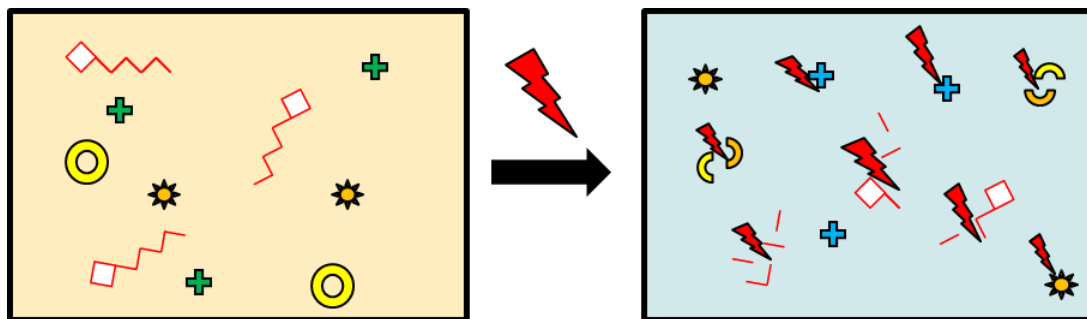
- Schutz der aquatischen Tier- und Pflanzenwelt
- Qualitätssicherung der Trinkwasserressourcen
- Reduktion der ins Ausland abgeleiteten Menge an MV, denn als Oberländer trägt die Schweiz eine besondere Verantwortung gegenüber flussabwärts liegenden Ländern.

\* Kontakt: pascal.wunderlin@vsa.ch

- **Processi consolidati**
  - Ozonizzazione
  - CAP secondo il processo di Ulm
- **Processi in via di standardizzazione**
  - CAP a testa al filtro a sabbia
  - CAP nella biologia
  - CAP e filtrazione a membrana
- **Processi in fase di sperimentazione**
  - CAG con letto fluidizzato
  - CAG con filtrazione statica
  - Combinazioni ozono e CA

→ **A che punto siamo oggi?**

# Aspetti generali sull'ozonizzazione



- Ossidazione di microinquinanti → Prodotti di trasformazione
- Ossidazione delle sostanze nei reflui → Prodotti di reazione
- In acque di scarico problematiche con carichi di reflui industriali si possono formare prodotti di reazione tossici persistenti (ad es. bromato)

## Accertamenti sull'idoneità dell'ozonizzazione

Per quali siti é idoneo un trattamento con ozono?

## Fase di esercizio degli impianto a ozono:

Test per riconoscere sviluppi critici nel comprensorio



# Aspetti generali sull'ozonizzazione

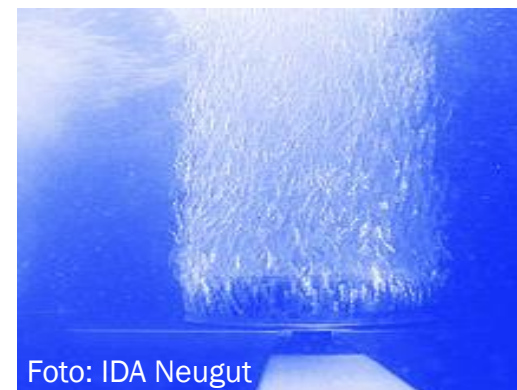
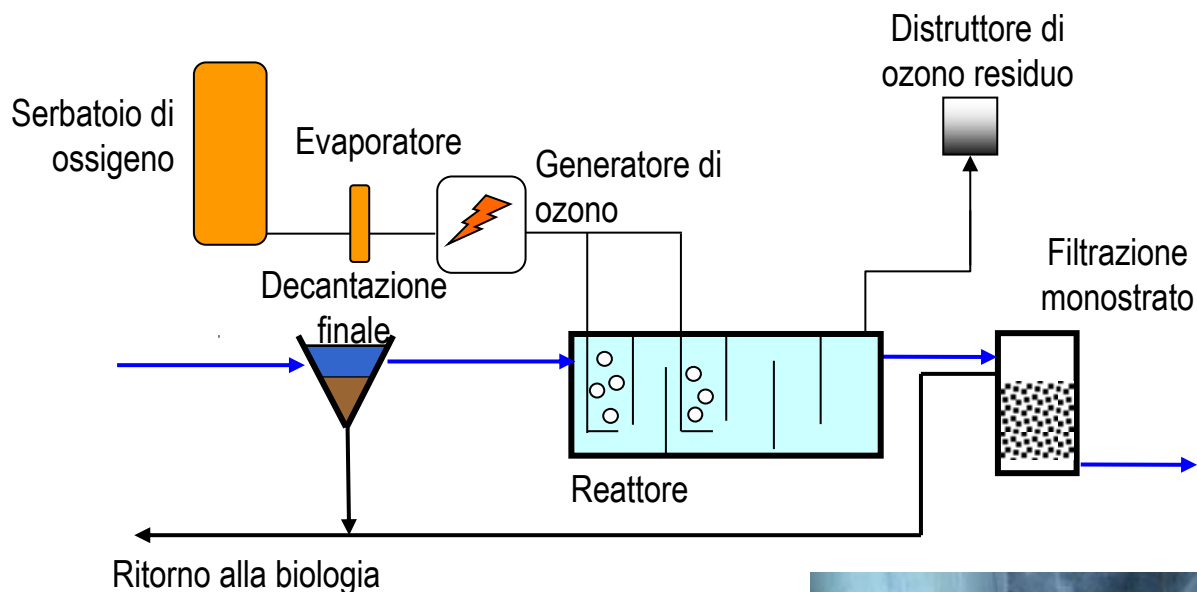


Foto: IDA Neugut

## Reattore di ozonizzazione

ca. 6-8 m profondità

6-8 camere

2 rampe di immissione  
(camera 1 e camera 3)

Iniettori o diffusori

Regolazione con SAC<sub>254</sub>



Foto: IDA Neugut

Rampa di immissione di ozono con diffusori ceramici

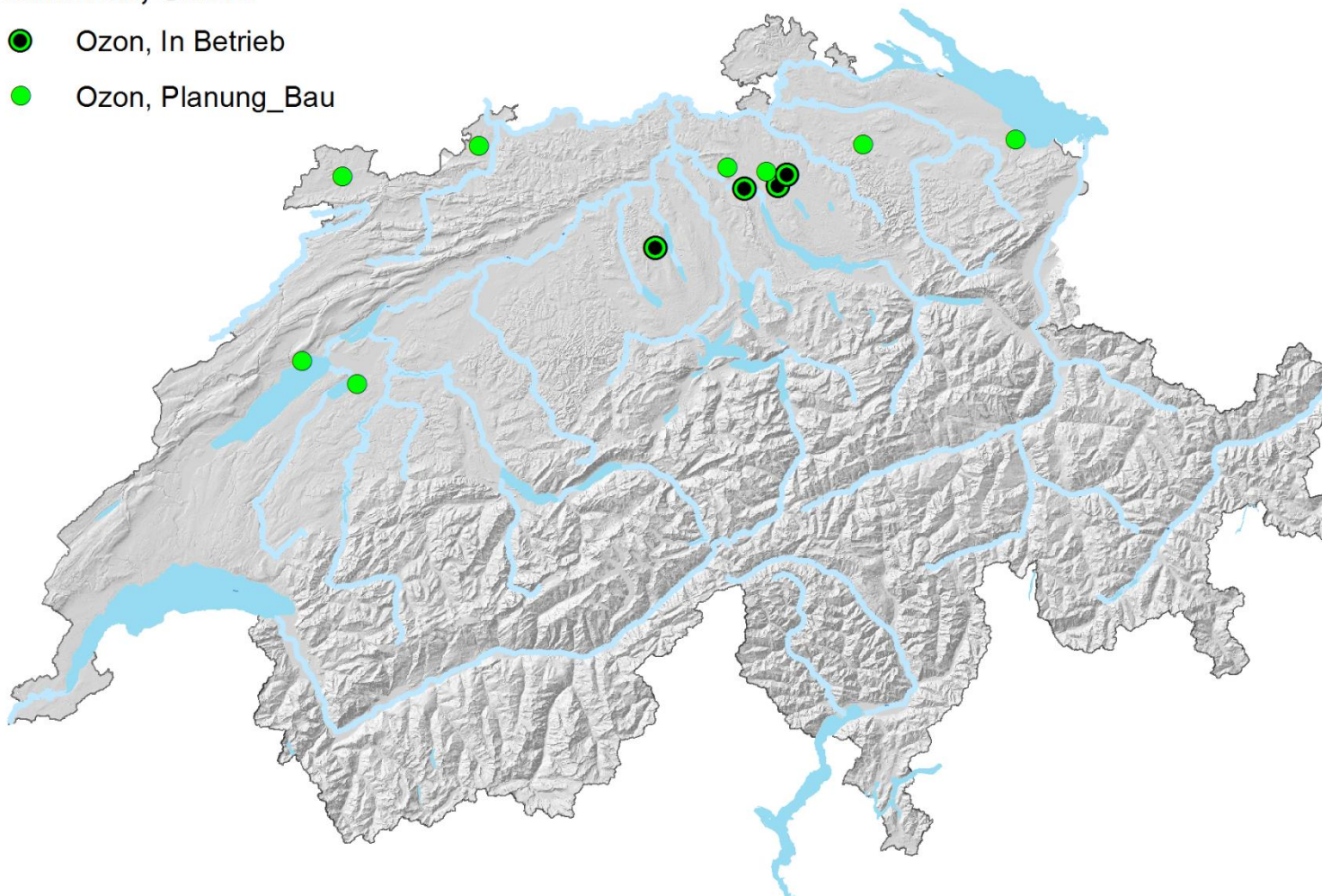
# Panoramica di impianti realizzati



## Karte ARA

### Verfahren, Stand

- Ozon, In Betrieb
- Ozon, Planung\_Bau



Quelle Kartenhintergrund: Swisstopo

# IDA Neugut

150 000 AE  
 $Q_{\max} = 660 \text{ l/s}$   
Flusso totale



## Reattore di ozonizzazione

Tempo di permanenza min.: **13 min**  
Dose di ozono con strategia BEAR e sistema a più camere LOD:  
 **$2 * 0.2 \text{ mgO}_3/\text{mgCOD}$**

Serbatoio  $\text{O}_2$  (30 m<sup>3</sup>)  
Evaporatore  
2 generatori  $\text{O}_3$

Post-trattamento  
biologico, pre-esistente:  
**Filtro a sabbia a 2  
strati**

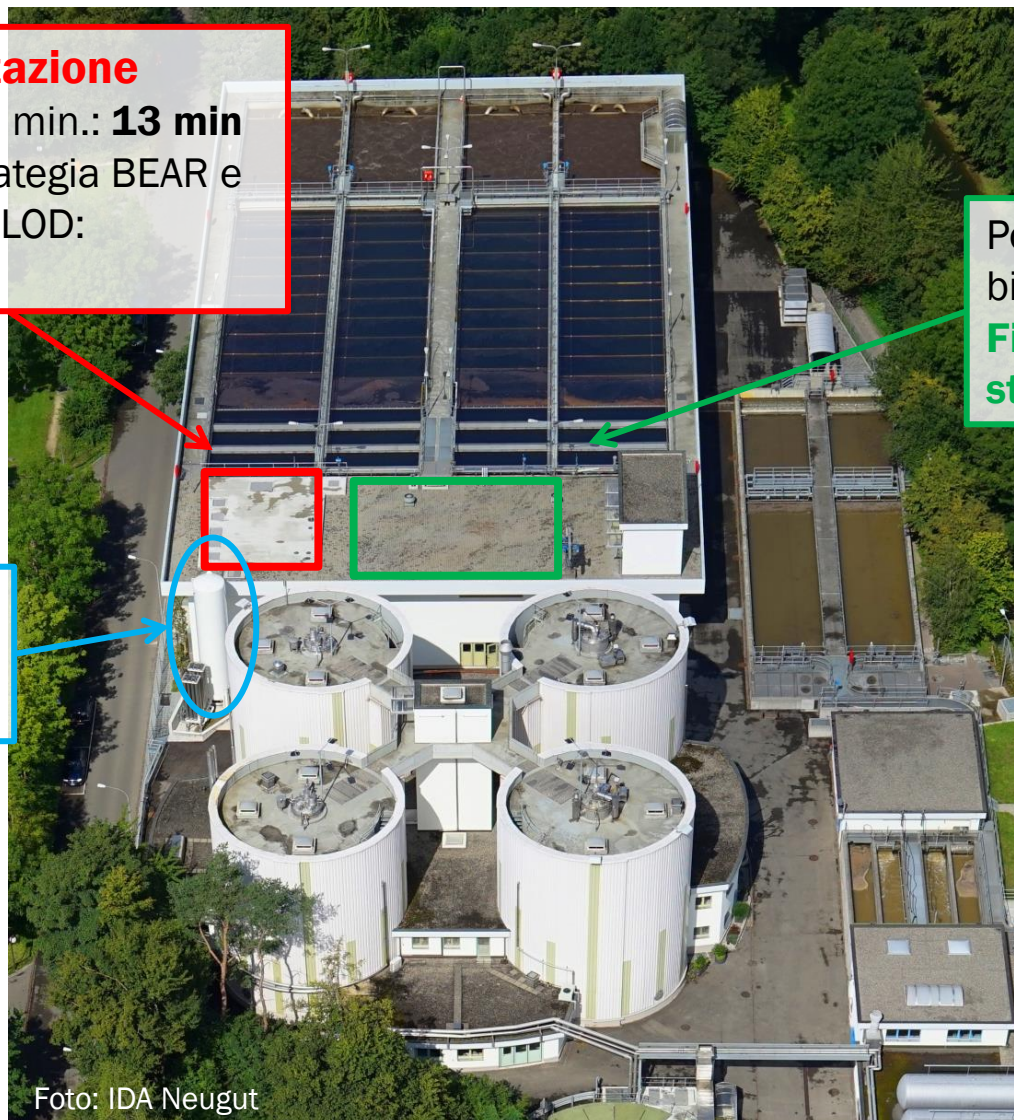


Foto: IDA Neugut

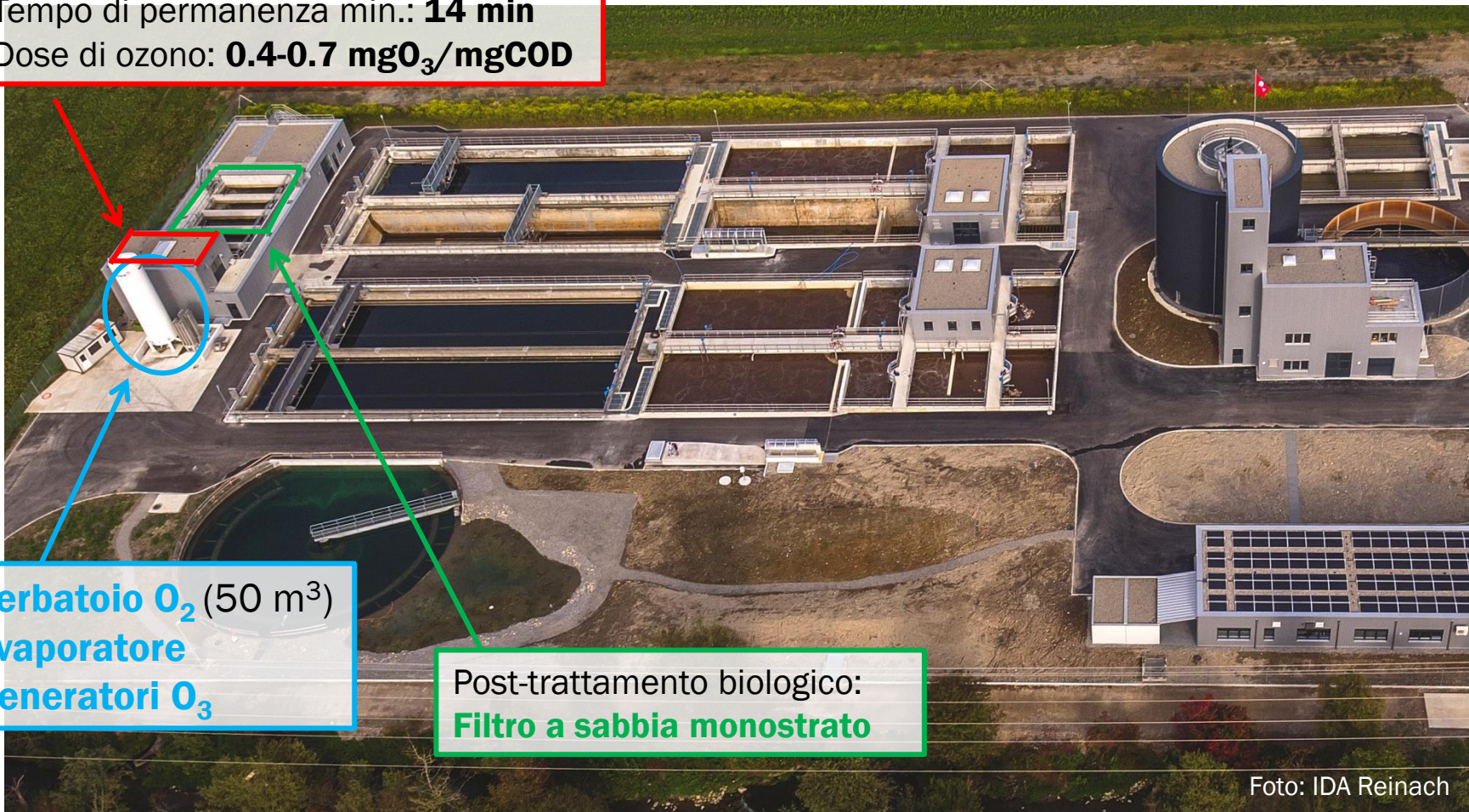
Messa in servizio  
2014

# IDA Reinach

60 000 AE  
 $Q_{\max} = 410 \text{ l/s}$   
Flusso totale



**Reattore di ozonizzazione**  
Tempo di permanenza min.: **14 min**  
Dose di ozono: **0.4-0.7 mgO<sub>3</sub>/mgCOD**



Serbatoio O<sub>2</sub> (50 m<sup>3</sup>)  
Evaporatore  
Generatori O<sub>3</sub>

Post-trattamento biologico:  
**Filtro a sabbia monostrato**

Foto: IDA Reinach

Messa in servizio  
2016

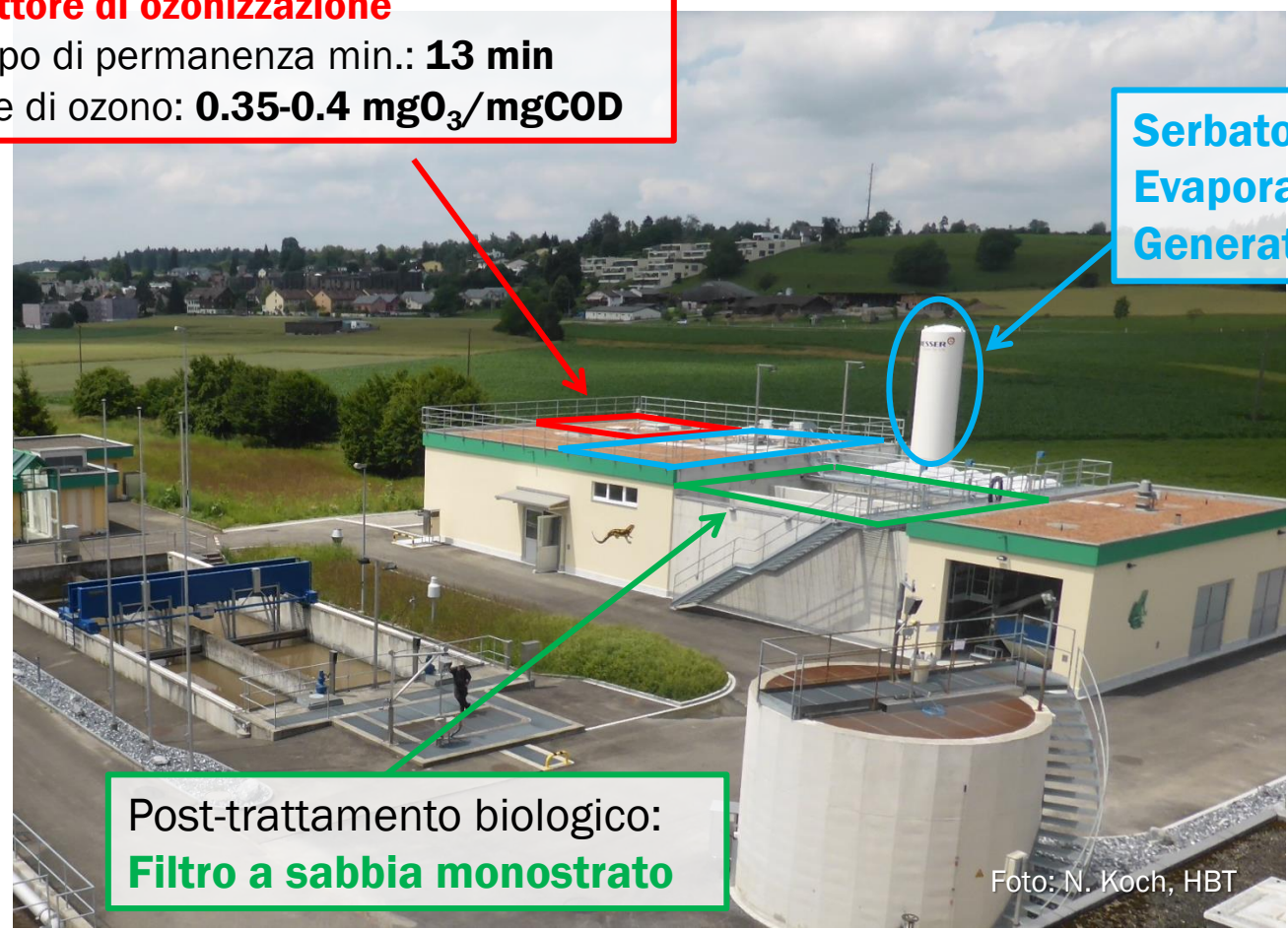
# IDA Bassersdorf

28 000 AE  
 $Q_{\max} = 320 \text{ l/s}$   
Flusso totale



**Reattore di ozonizzazione**  
Tempo di permanenza min.: **13 min**  
Dose di ozono: **0.35-0.4 mgO<sub>3</sub>/mgCOD**

**Serbatoio O<sub>2</sub> (20 m<sup>3</sup>)**  
**Evaporatore**  
**Generatori O<sub>3</sub>**



Post-trattamento biologico:  
**Filtro a sabbia monostrato**

Foto: N. Koch, HBT

Messa in servizio  
2018

# IDA Werdhölzli

670 000 AE  
 $Q_{\max,03} = 8600 \text{ l/s}$   
Flusso totale



**VPSA + serbatoio  $O_2$**   
(60 m<sup>3</sup>) per coprire le punte  
**Evaporatore**  
**Generatori  $O_3$**

Post-trattamento biologico pre-esistente:  
**filtro a sabbia monostrato**

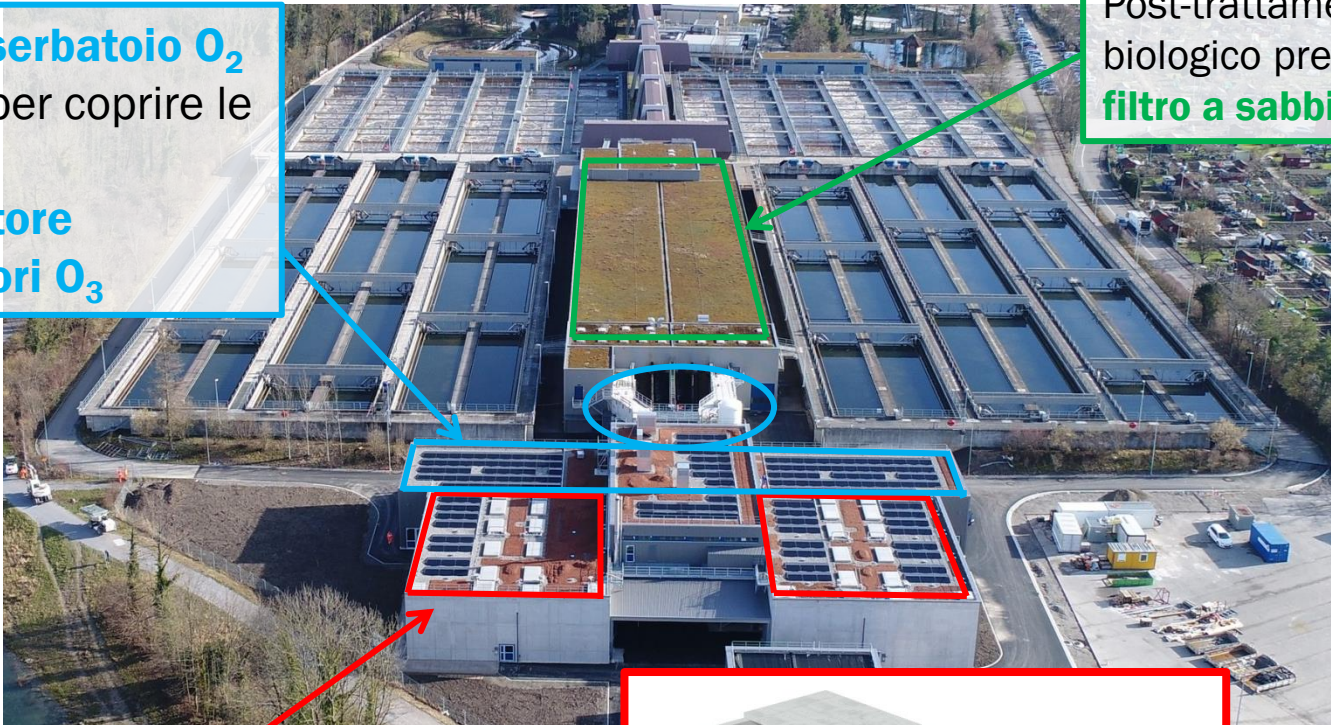


Foto: ERZ

**Reattore di ozonizzazione:**  
Tempo di permanenza min.: **12 min**  
Dose di ozono: **0.5 mg  $O_3$ /mg COD**

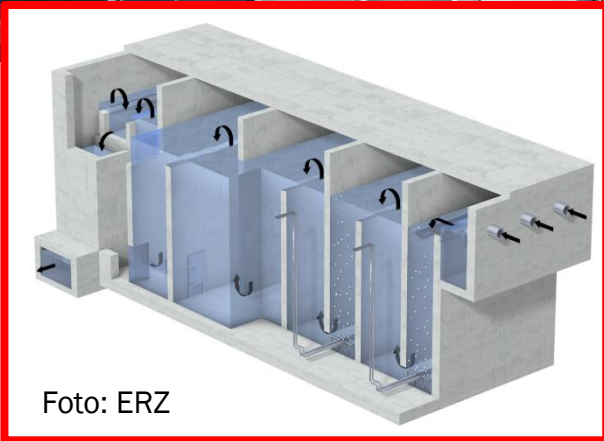
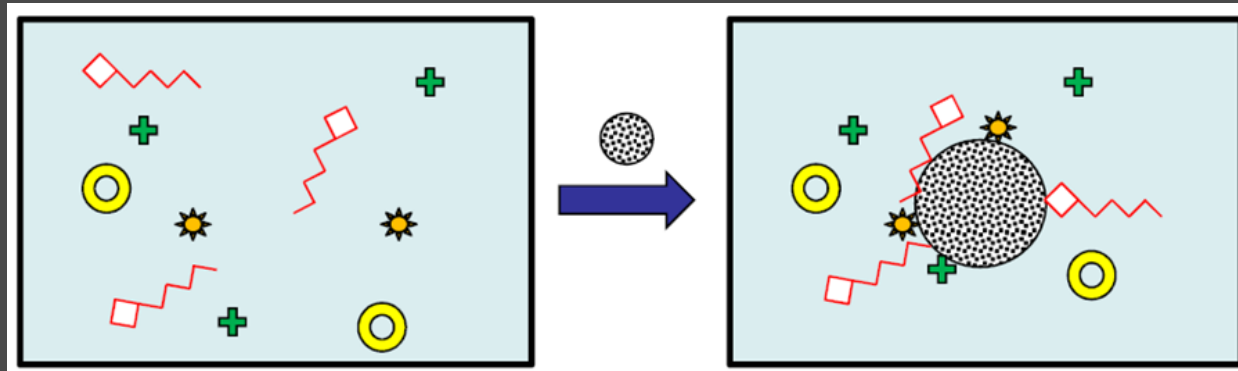


Foto: ERZ

Messa in servizio  
2018

## Aspetti generali sul carbone attivo



- I microinquinanti si depositano sul carbone attivo (**adsorbimento**)
- Il carbone attivo viene
  - (i) ricondotto nella biologia e **bruciato** con i fanghi (CA in polvere) oppure
  - (ii) **rigenerato e riutilizzato** (CA granulare)

Il carbone attivo deve venire rimosso dalle acque di scarico depurate, per **ridurre al minimo le perdite di carbone attivo nell'effluente.**

## Caratteristiche del carbone attivo

- ✓ Enorme superficie di assorbimento (5g  $\approx$  1 campo da calcio  $\approx$  5000 m<sup>2</sup>)
  - ✓ Diverse materie prime idonee: carbon fossile, lignite, legno, torba, diversi gusci di frutta (ad es. noci di cocco)
  - ✓ Diversi prodotti e granulometrie
    - Carbone attivo granulare (CAG): 0.4 – 2.4 mm
    - Carbone attivo in polvere (CAP): 0.005 – 0.1 mm
    - Carbone attivo ultrafine: < 0.001 mm
  - ✓ Diversi carboni attivi sul mercato
- Controllo della qualità → Test in preparazione**

# Confronto CAP - CAG



	CAG in filtro statico		CAG in letto fluidizzato	PAC
<b>Durata utile CA</b>	da 1 a 3 anni	≈	100 giorni	da 1 a 6 giorni (recupero 10-20 giorni)
<b>Sensibilità ai picchi di carico</b>	400 g CA/(L/s)	≈	130 g CA/(L/s)	<b>3 g CA/(L/s)</b>
<b>Granulometria</b>	da 1 a 3 mm	≈	da 0.2 a 1 mm	da 0.005 a 0.1 mm
<b>Tempo di contatto</b>	da 20 a 30 min	≈	da 7 a 10 min	da 20 a 30 min
<b>Biologicamente attivo</b>	Sì	≈	Sì	<b>No</b>
<b>Riattivazione</b>	Sì	≈	Sì	<b>No</b>
<b>Retenzione</b>	> 99%		<b>&gt; 97%</b>	> 99%
<b>Ritezione particolato</b>	Sì	≈	<b>Basso</b>	Sì
<b>Dosaggio</b>	da 1 a 3 anni		1 volta al giorno	≈ 1 volta all'ora
<b>In caso di pioggia</b>	<b>Adeguamento impossibile</b>		Adeguare la dose	Adeguare la dose

≈ Somiglianza

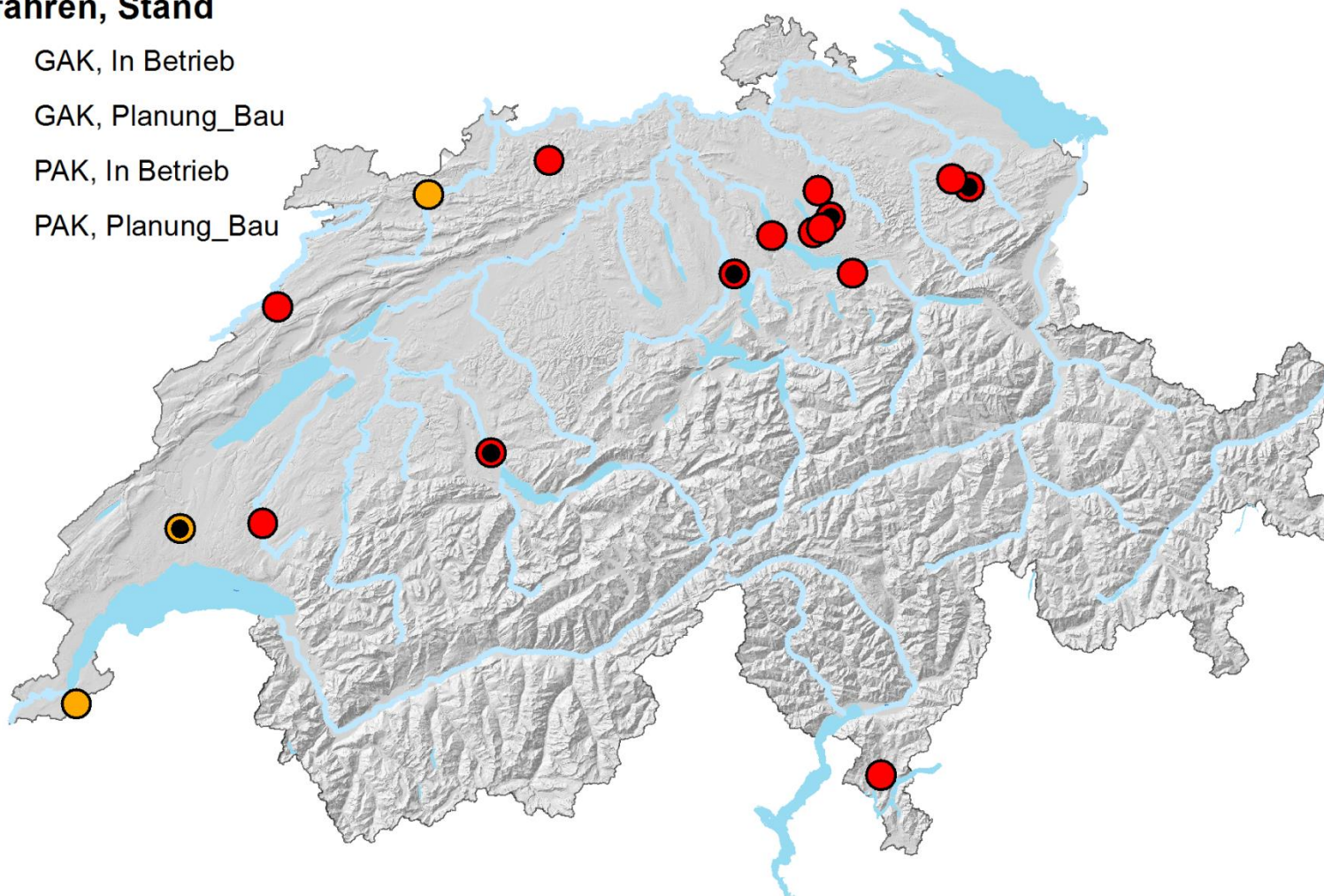
# Panoramica di impianti realizzati



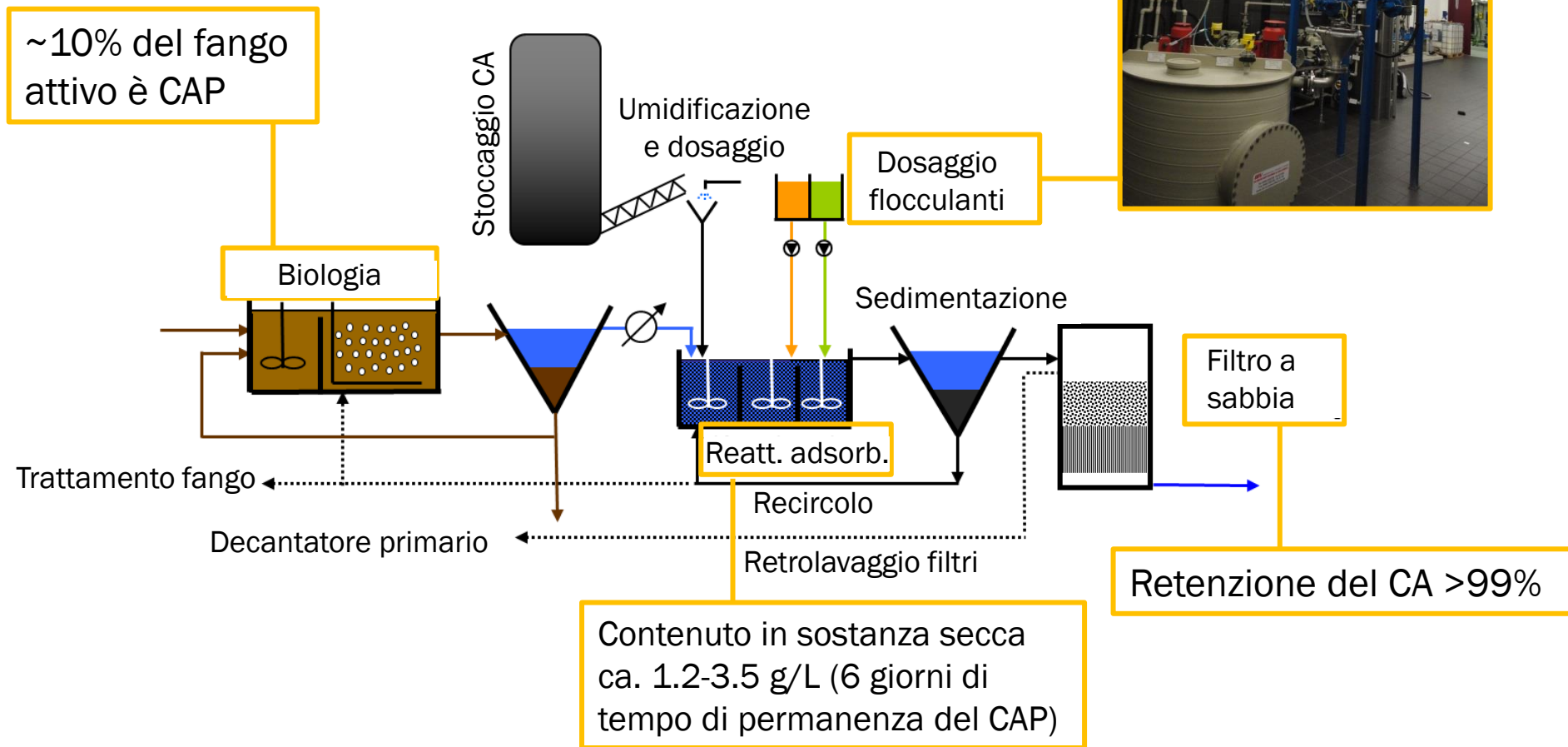
## Karte ARA

### Verfahren, Stand

-  GAK, In Betrieb
-  GAK, Planung\_Bau
-  PAK, In Betrieb
-  PAK, Planung\_Bau



# CAP nel procedimento di Ulm



# IDA Herisau

34 000 AE

$Q_{\max} = 310 \text{ l/s}$

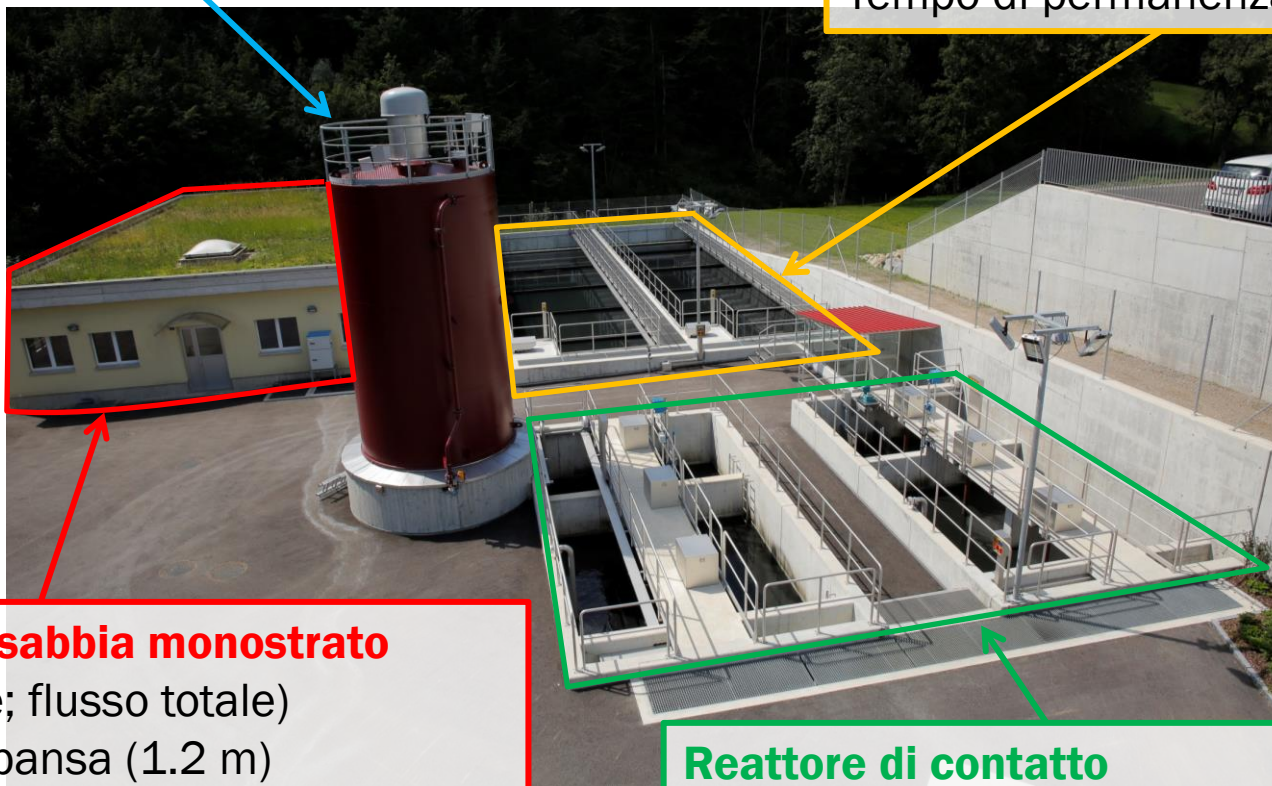
Flusso parziale (170 l/s)



**Silo** di stoccaggio  
CAP (75 m<sup>3</sup>)

**Sedimentazione**

Tempo di permanenza min. **2 h**



**1 filtro a sabbia monostrato**

(esistente; flusso totale)

Argilla espansa (1.2 m)

In caso di pioggia: ulteriore  
dosaggio diretto a monte del filtro

**Reattore di contatto**

Dose CAP **1.7 mg CAP/mg COD**

Tempo di contatto min. **30 min**

1 zona con agitatore, 3 zone tipo plug-flow

Messa in servizio  
2015

Foto: IDA Herisau

# IDA Thunersee

150 000 AE  
 $Q_{\max} = 1350 \text{ l/s}$   
Flusso parziale (800 l/s)



## Sedimentazione

Tempo di permanenza min. **2.7 h**

## Reattore di contatto

Dose CAP **1.5 mg CAP/mg COD**

Tempo di contatto min. **46 min**

4 zone (Z1: CAP + FM, Z4: FHM)

## Filtro a sabbia bistrato

Antracite (0.7 m)

Sabbia (0.5 m)

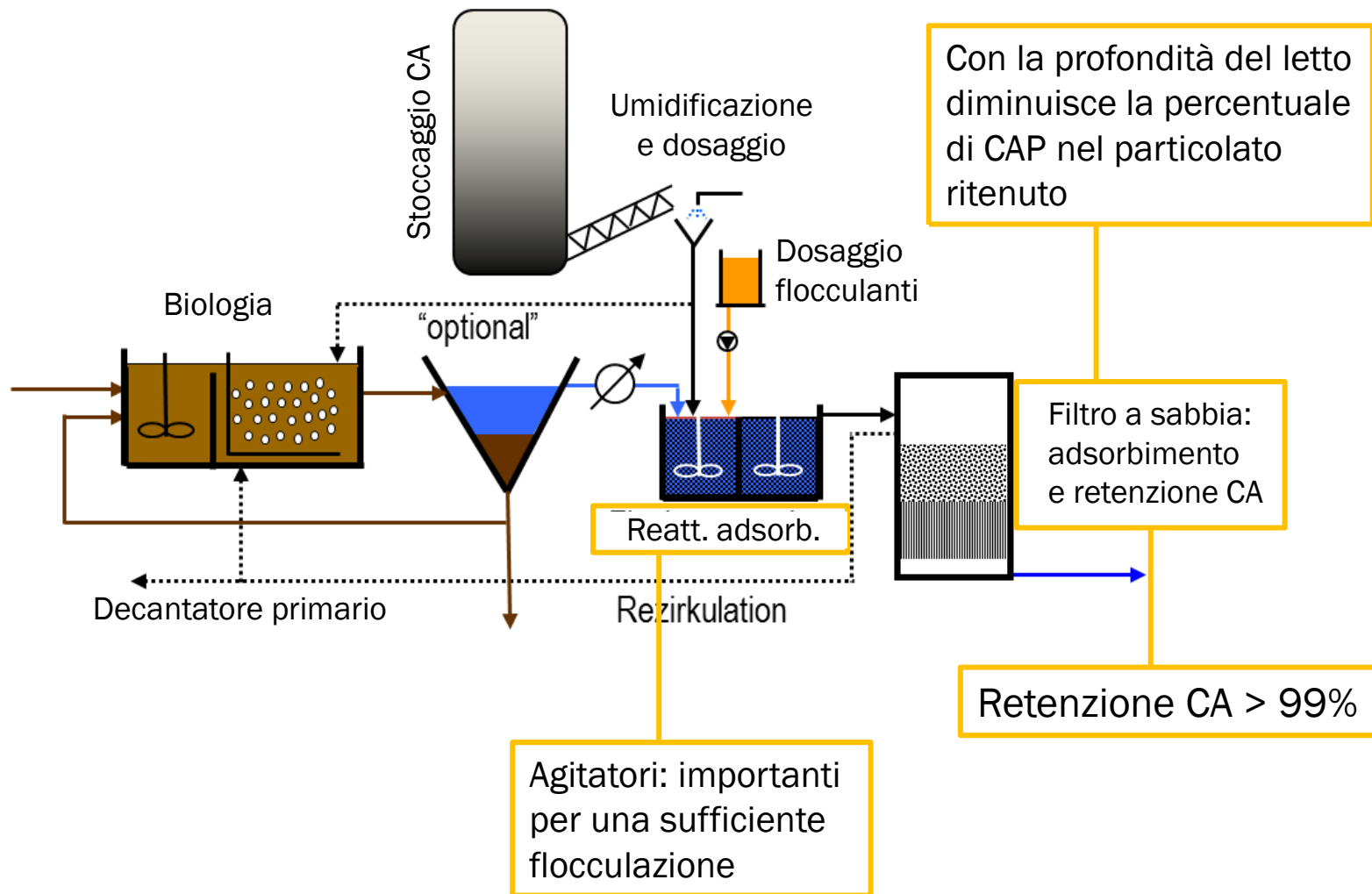
**Silo** di stoccaggio  
CAP ( $2 \times 80 \text{ m}^3$ )

Foto: IDA Thunersee

Messa in servizio  
2018



# CAP in testa al filtro a sabbia



# IDA Schönau

245 000 AE  
 $Q_{\max} = 1600 \text{ l/s}$   
Flusso totale



## Filtro a sabbia = Reattore di contatto

Velocità max. di filtrazione **13.3 m/h**  
Sabbia (0.8 m)  
Antracite (1 m)

Dosaggio supplementare  
nella biologia



Foto: GVRZ

## Reattore di flocculazione

Dose CAP 10 mg/L (**2.1 mg CAP/mg COD**)  
Tempo di contatto min. **15 min**  
5 zone (Z1: CAP, Z2: FM)

Silo di stoccaggio CAP  
(2\*120 m<sup>3</sup>)

Messa in servizio 2018

# CAP diretto nella biologia

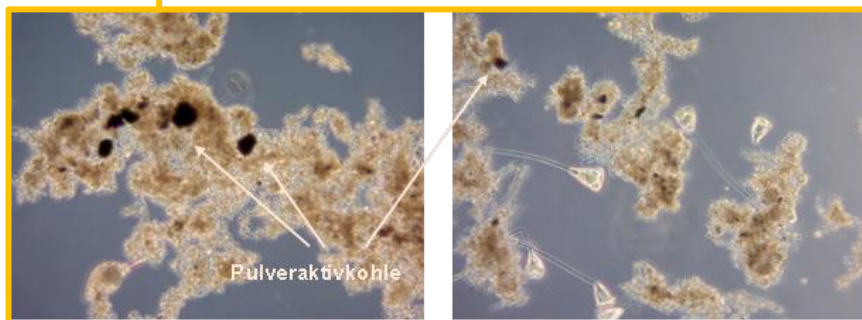
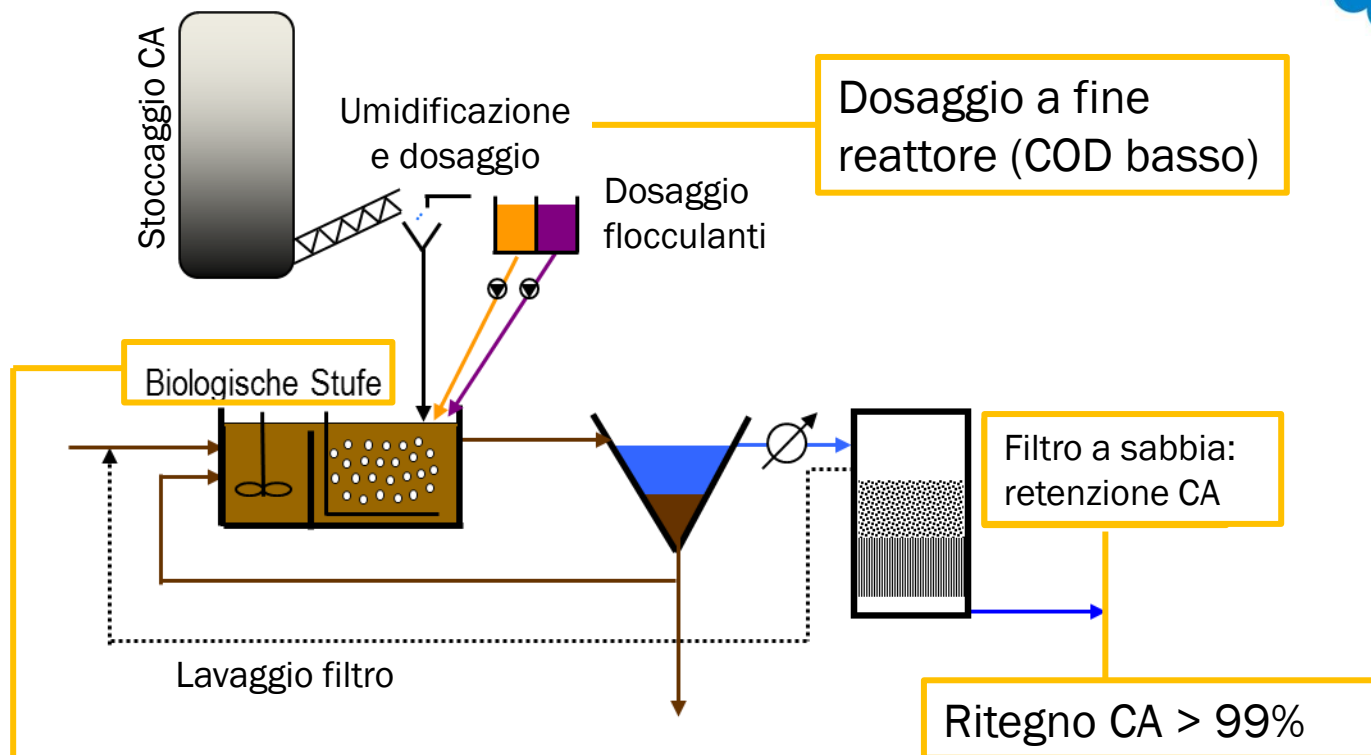


Foto: GVRZ & KomS

Dosaggio diretto nel fango attivo, possibile in MBR, SBR o convenzionale

# IDA Wetzikon

**Silo** di stoccaggio  
CAP (100 m<sup>3</sup>)

37'500 AE

$Q_{\max} = 480 \text{ l/s}$  ( $Q_{\text{Ausbau}} = 650 \text{ l/s}$ )

Flusso totale

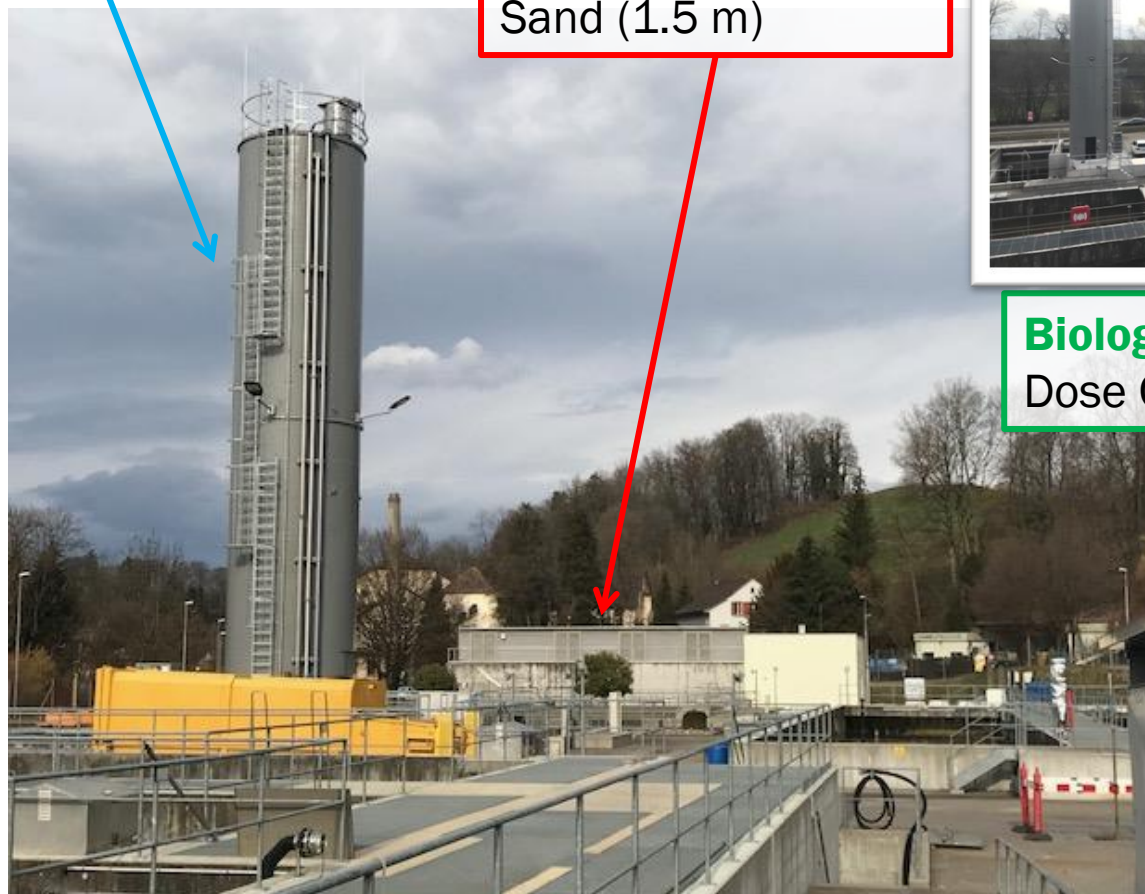


**Filtro a sabbia**

Sand (1.5 m)

**Decantazione finale**

Tempo di permanenza  
**2.2 h** (480 l/s)



**Biologia = Reattore di contatto**

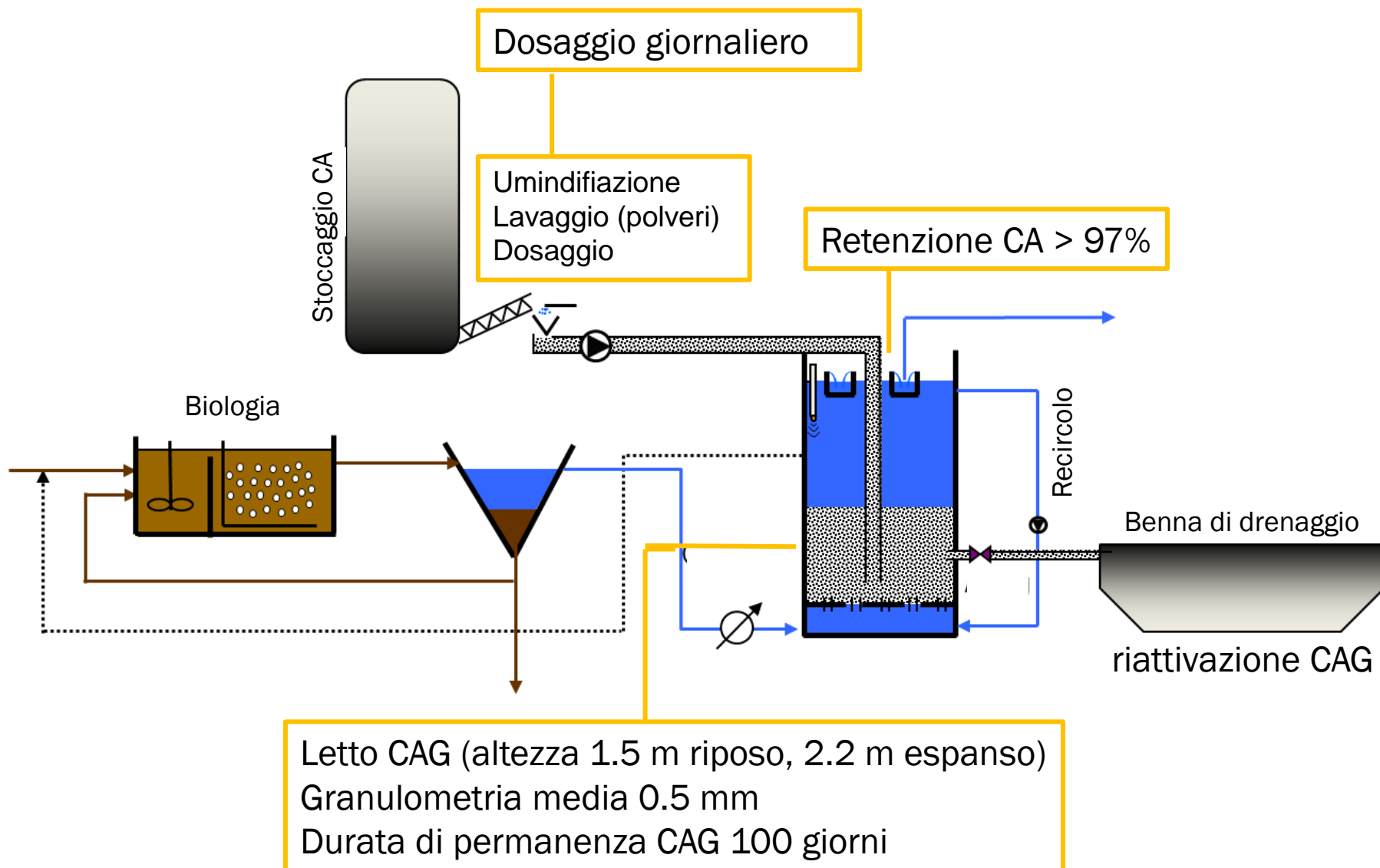
Dose CAP **15 mgPAK/L** (stimate)



Foto: ARA Wetzikon

Messa in servizio 2019

# CAG nel letto fluido



# IDA Penthaz

15 000 AE

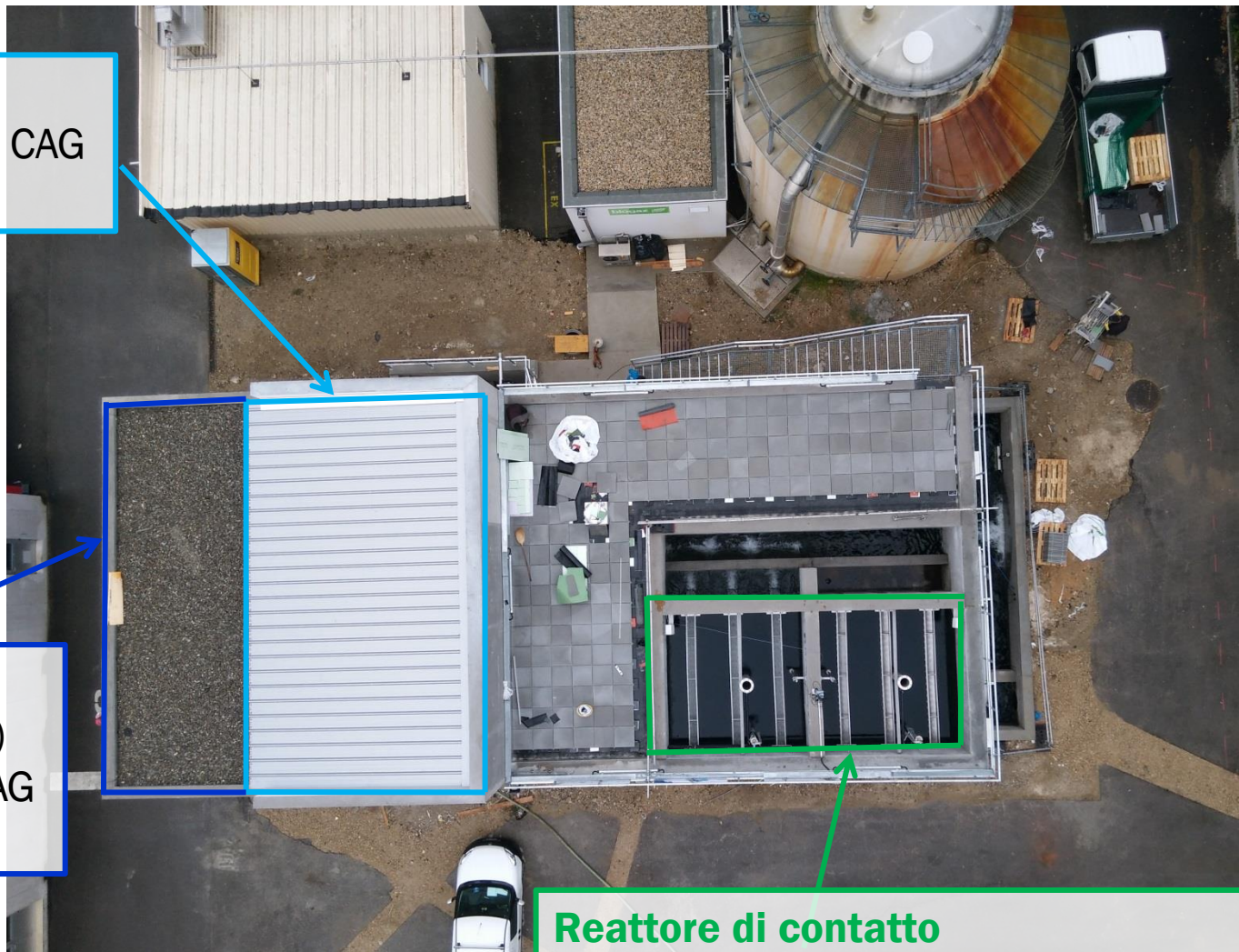
$Q_{\max} = 150 \text{ l/s}$

Flusso parziale (90 l/s)



**Silo** (25 m<sup>3</sup>)  
per stoccaggio CAG  
fresco

**Container  
drenante** (25 m<sup>3</sup>)  
per stoccaggio CAG  
usato



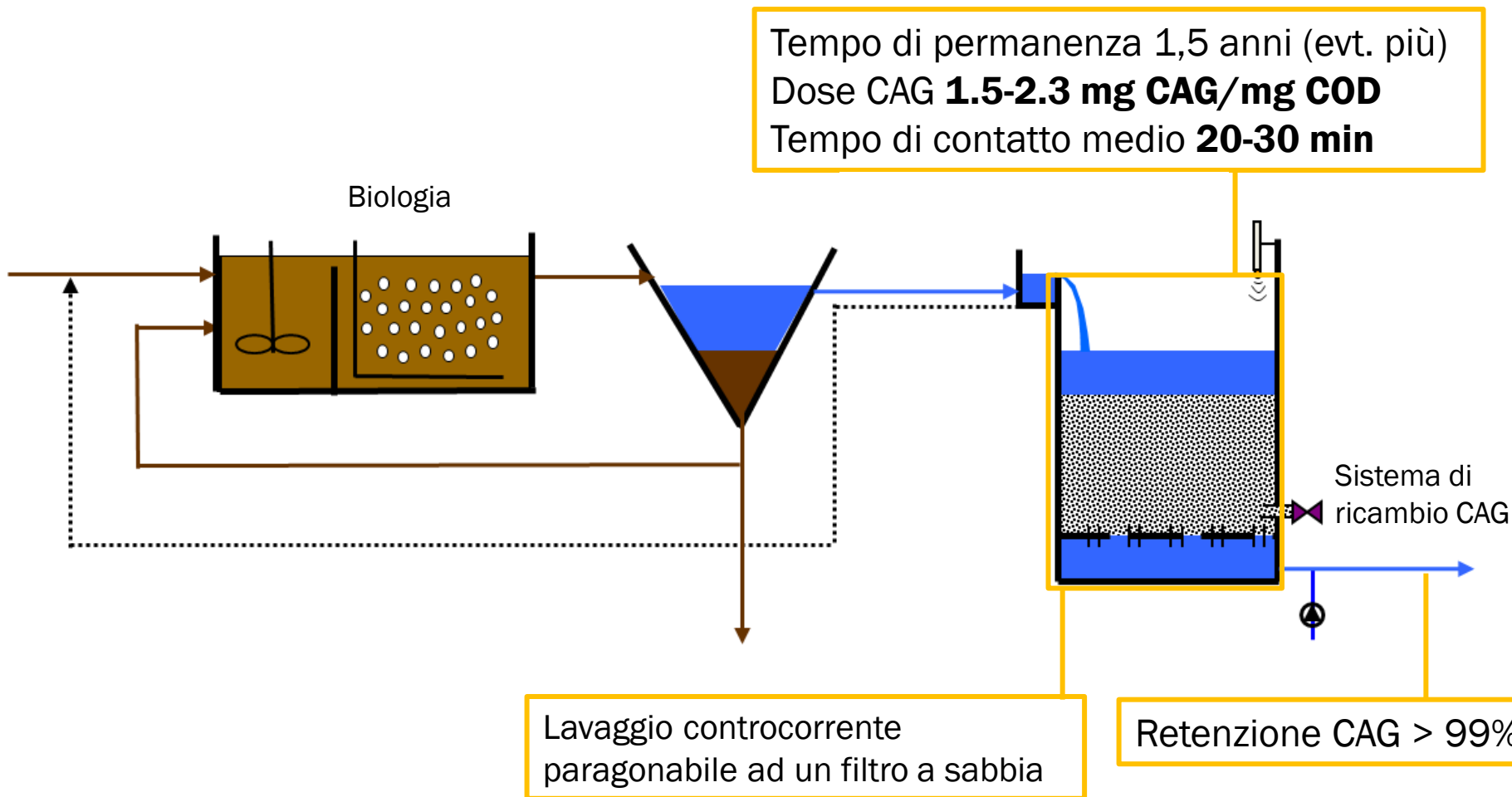
**Reattore di contatto**

Dose CAG 15 mg/L (**2 mg CAG/mg COD**)

Messa in servizio  
2018

Fonte: Triform SA

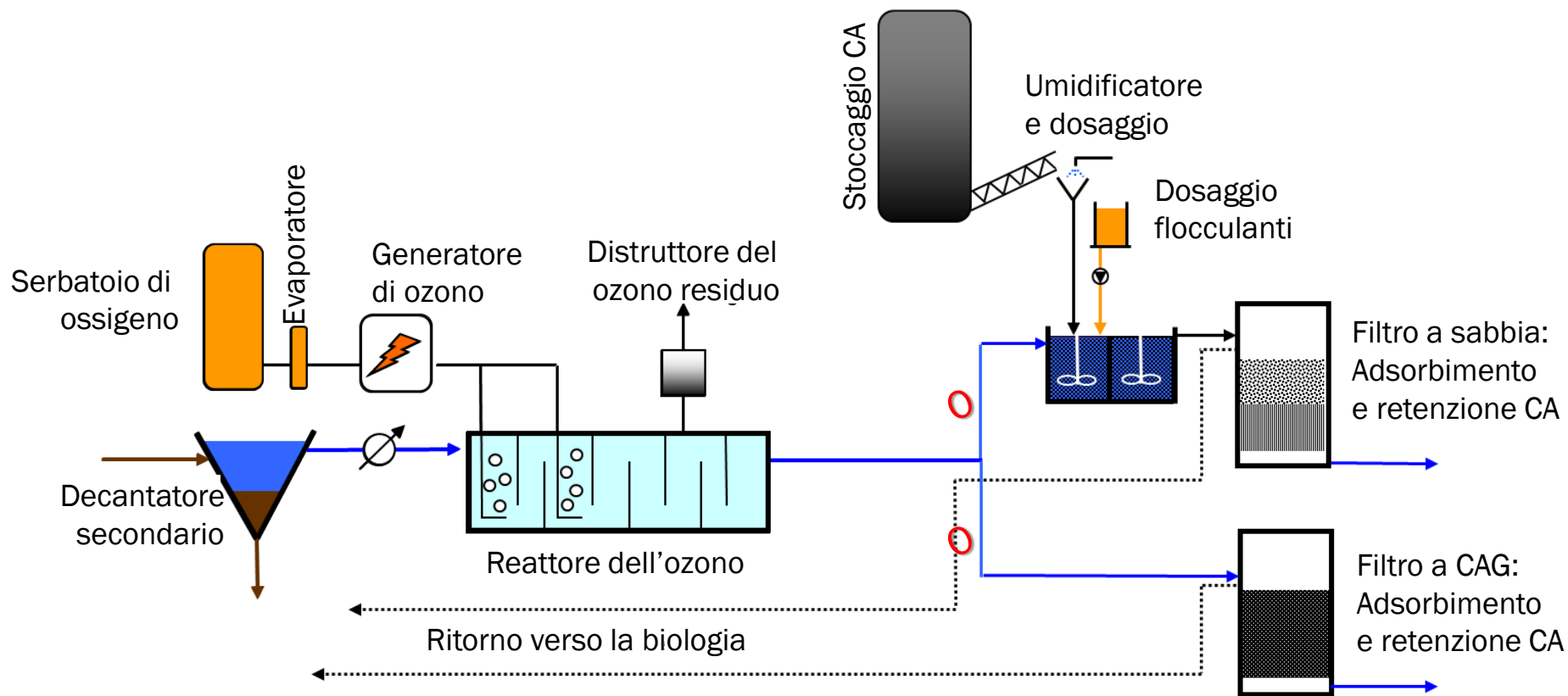
# Filtro a CAG statico



- **Conclusione dei test su scala pilota**
  - L'eliminazione MI secondo la legge OPAC viene raggiunta
  - Incertezze in relazione alla durata utile del CAG (economicità)
- **Riattivazione del CAG**
  - Riattivazione possibile in Svizzera (Batrec)
    - Vantaggio: nessun varco di dogana (formalità)
    - Perdita CAG durante la riattivazione: 10-20%
    - Emissioni CO<sub>2</sub> <1/3 del CAP
  - La collaborazione tra i diversi attori è d'interesse comune (fornitore CAP, Batrec, gestori IDA)

**Workshop sull'applicabilità del processo CAG previsto fine estate 2019**

# Combinazione ozonizzazione + carbone attivo



# Combinazione ozonizzazione + carbone attivo



- **Ozonizzazione + CAP**
  - Esperimenti pilota + realizzazione prevista IDA ProRhenno (Basilea)
- **Ozonizzazione + CAG**
  - Esperimento pilota IDA Glarnerland
  - Esperimento pilota IDA Bülach
  - Esperimento pilota IDA Langmatt
  - Esperimenti pilota + realizzazione IDA Altenrhein
- Dosaggio di ozono ridotto (ca. 0.15 mg O<sub>3</sub>/mg COD)
- Grande flessibilità
- Aumentano la complessità e i costi d'esercizio (?)

# Progetti pilota previsti e domande aperte



- **Progetti pilota in corso/previsti**

- CAP ultrafine con ultrafiltrazione      IDA Châteauneuf (Sion)
- CAG in filtro Dynasand                      IDA Moos (Amriswil)
- Combinazione O<sub>3</sub> + CAG                      IDA Altenrhein

- **Domande aperte:**

- CAG sintetico con riattivazione sul posto
- Dosaggio CAP su un filtro Dynasand
- ...

## Prospettive

- **Trattamenti consolidati**

- Ozonizzazione
- CAP nel procedimento di Ulm

?

- **Trattamenti in via di standardizzazione**

- CAP a monte del filtro a sabbia
- CAP direttamente nella biologia
- CAP con membrana (per la ritenzione CA)

?

- **Trattamenti in fase di sperimentazione**

- CAG in letto fluido
- Filtrazione a CAG
- Combinazioni di ozono e CA

### Quali novità sono le più promettenti?

CAP a monte di un filtro Dynasand

Dyna-Carbon

CAP in biofiltro/MBBR con ritenzione del particolato