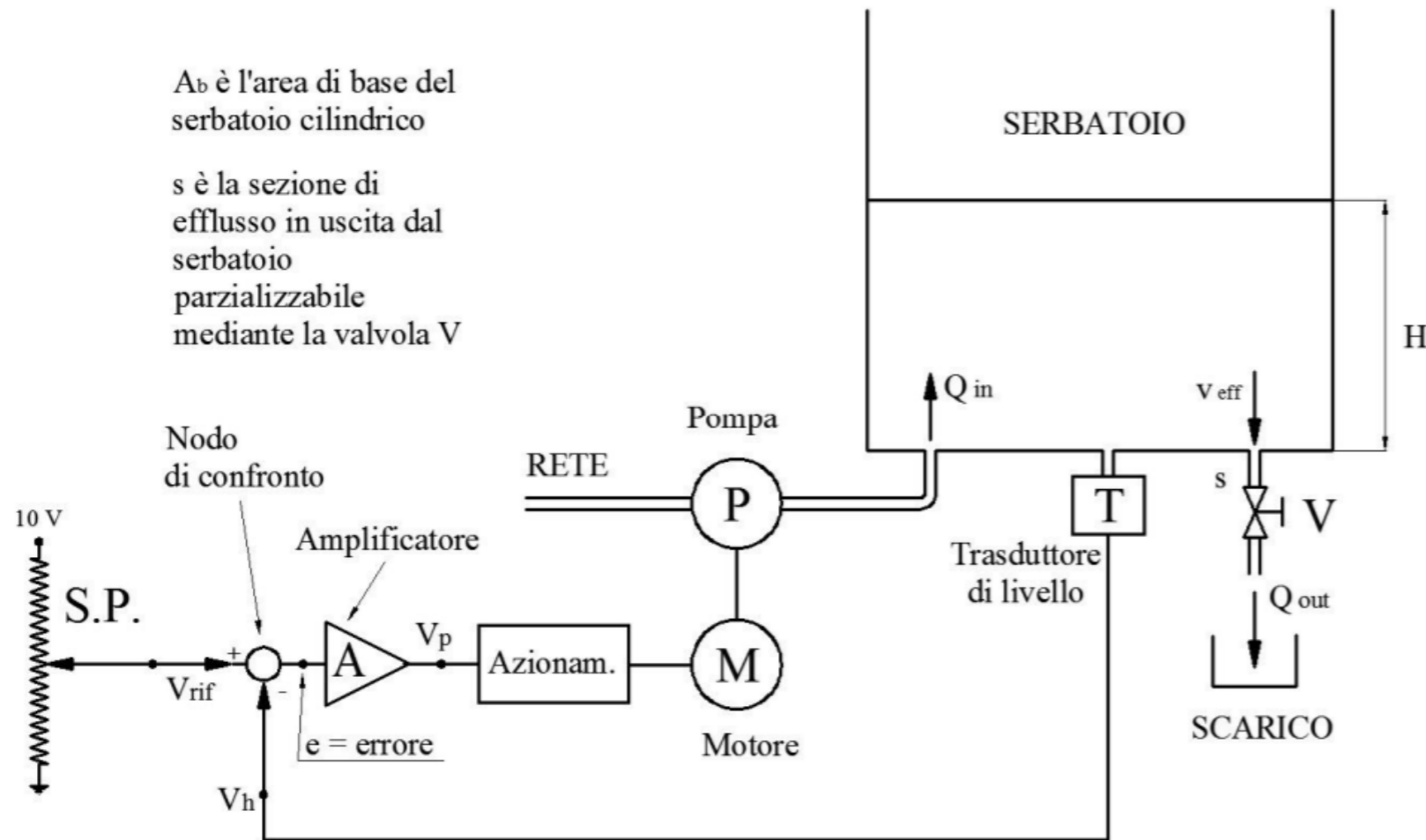
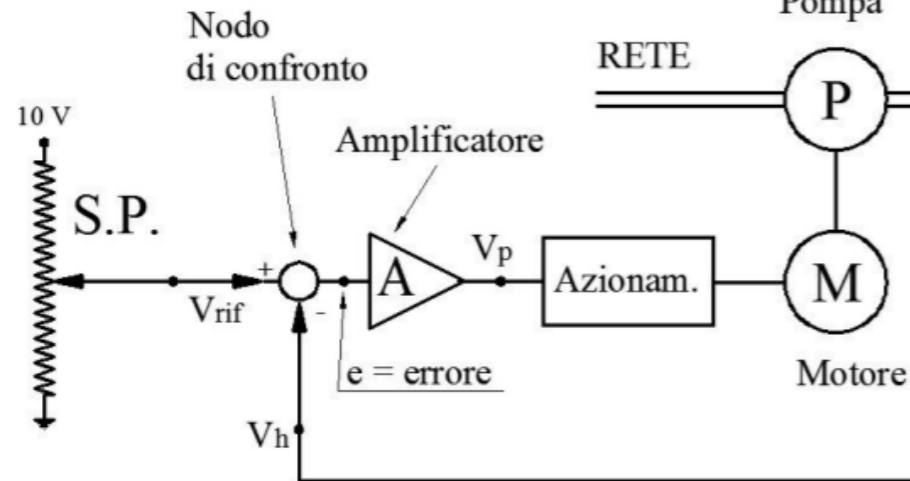


# ESERCITAZIONE CONTROLLO DI LIVELLO PID



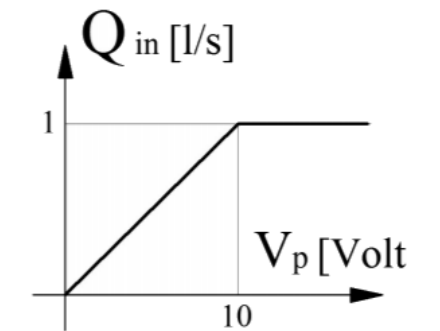
$A_b$  è l'area di base del serbatoio cilindrico

$s$  è la sezione di efflusso in uscita dal serbatoio parzializzabile mediante la valvola  $V$



Il gruppo *azionamento-motore-pompa* costituisce l'attuatore di portata del sistema.

Per un determinato valore della tensione  $V_p$  il motore gira ad una corrispondente velocità angolare e quindi la pompa *volumetrica* eroga una determinata portata  $Q_{in}$  in ingresso al serbatoio; si ipotizza un legame lineare tra  $V_p$  e  $Q_{in}$  con costante  $k_p$ . Per ragioni di protezione dell'attuatore si pone un limite alla portata massima erogabile: quando la  $V_p$  è maggiore di 10 Volt, la portata  $Q_{in}$  rimane limitata per nostra ipotesi a 1 litro/secondo (grafico a lato).



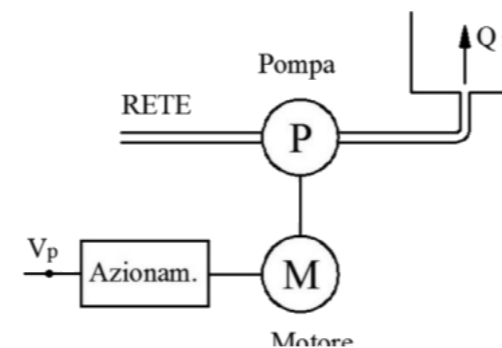
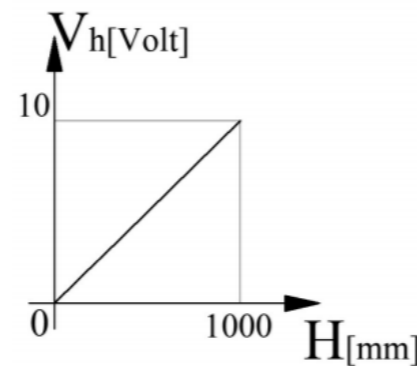
## Trasduttore di livello T.

Si tratta, nel nostro caso di un trasduttore piezo-resistivo (*Keller*) alimentato dall'esterno, dotato di amplificatore di segnale a bordo e di compensazione in della temperatura. Esso presenta in uscita una tensione  $V_h$  direttamente proporzionale alla pressione rilevata.

Per le note leggi dell'idrostatica, la pressione sul fondo del recipiente è direttamente proporzionale al livello  $H$  del serbatoio.

In prima approssimazione facciamo l'ipotesi semplificativa iniziale che quando  $H = 1000$  mm (1 metro) si abbia una tensione in uscita al trasduttore di  $V_h = 10$  Volt. Chiameremo con  $k_h$  ( $=10^{-2}$  V/mm, nel nostro caso) la costante di proporzionalità tra la tensione di uscita e potremo scrivere:

$$V_h = k_h \cdot H$$



In termini matematici (usando valori iniziali di comodo) avremo  $Q_{in} = k_p \cdot V_p$  (4) con  $Q_{in} \leq 1$  l/s e con  $k_p = 0,1$  (l/s)/volt. Il significato della costante  $k_p$  è evidente: è la portata  $Q_{in}$  in litri al secondo erogata dalla pompa quando la tensione di comando  $V_p$  è di 1 Volt.

# PARAMETRI PID CORRETTI

Controllo livello liquido in un serbatoio														
Dt		2	sec	intervallo di campionatura										
h0		0	mm	livello iniziale nel serbatoio										
htubi		170	m	dal bacino superiore a quello inferiore										
kv		6		coeff. perdite localizzata valvola										
Aeff		0,785	cm <sup>2</sup>	tubo scarico d=1 cm										
Aserb		2,92405	dm <sup>2</sup>	diametro serbatoio d=19.3 cm										
hrif		100	mm	livello di riferimento (SET POINT)										
kh		0,02	V / mm	coeff. Trasduttore (10 V a 500 mm)										
k pompa		0,02028	l/s/volt	coeff. Pompa (12,7 litri/min a 10 volt)										
Vrif		2	v	tensione di riferimento										
kp		25		coefficiente proporzionale= 100/BP										
B.P		4	%	banda proporzionale										
ki		0,1		coefficiente integrale 0,046										
kd		0,125		coefficiente derivativo										

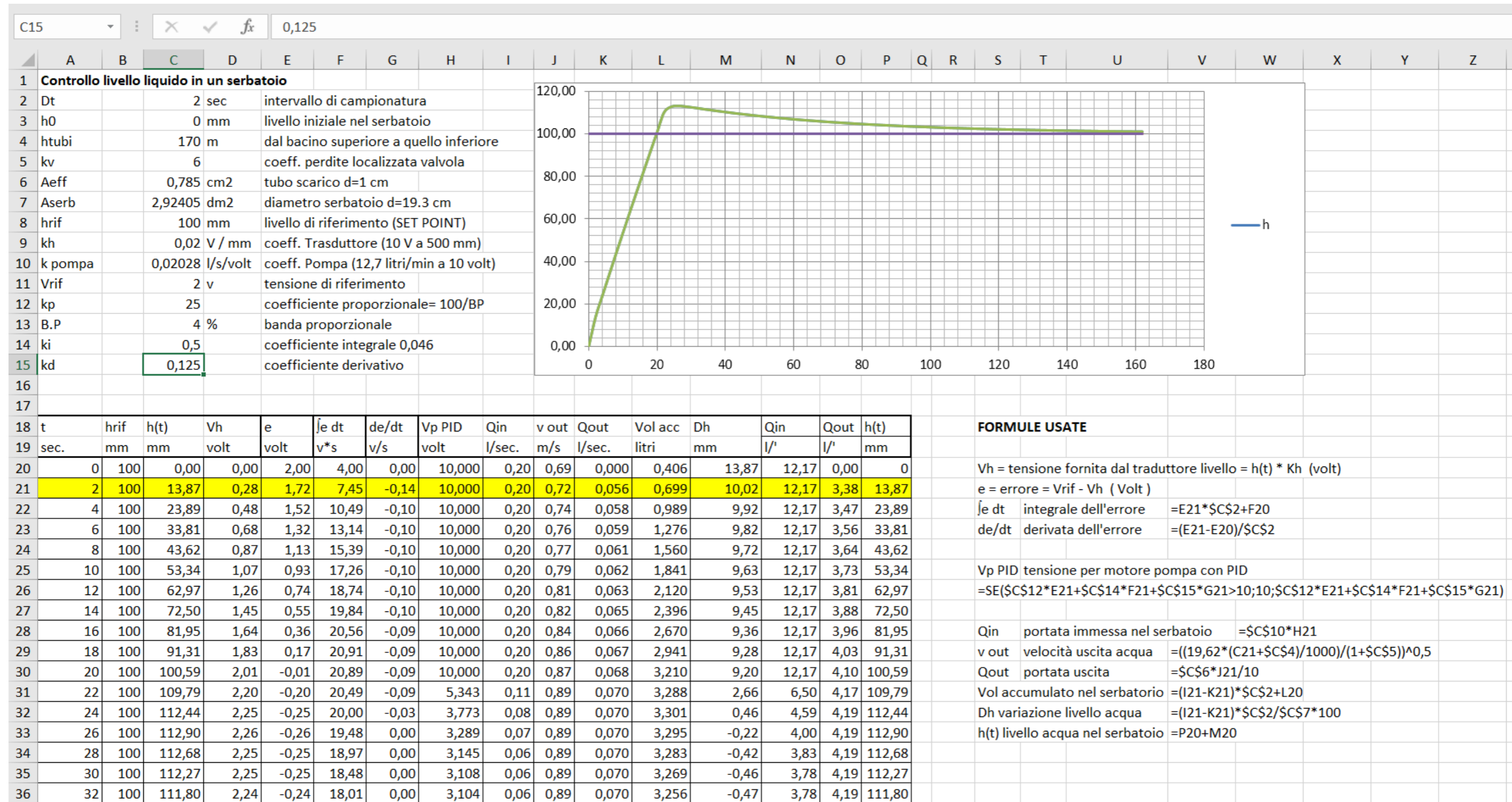
  
  

t	hrif	h(t)	Vh	e	∫e dt	de/dt	Vp PID	Qin	v out	Qout	Vol acc	Dh	Qin	Qout	h(t)
sec.	mm	mm	volt	volt	v*s	v/s	volt	l/sec.	m/s	l/sec.	litri	mm	l/'	l/'	mm
0	100	0,00	0,00	2,00	4,00	0,00	10,000	0,20	0,69	0,000	0,406	13,87	12,17	0,00	0
2	100	13,87	0,28	1,72	7,45	-0,14	10,000	0,20	0,72	0,056	0,699	10,02	12,17	3,38	13,87
4	100	23,89	0,48	1,52	10,49	-0,10	10,000	0,20	0,74	0,058	0,989	9,92	12,17	3,47	23,89
6	100	33,81	0,68	1,32	13,14	-0,10	10,000	0,20	0,76	0,059	1,276	9,82	12,17	3,56	33,81
8	100	43,62	0,87	1,13	15,39	-0,10	10,000	0,20	0,77	0,061	1,560	9,72	12,17	3,64	43,62
10	100	53,34	1,07	0,93	17,26	-0,10	10,000	0,20	0,79	0,062	1,841	9,63	12,17	3,73	53,34
12	100	62,97	1,26	0,74	18,74	-0,10	10,000	0,20	0,81	0,063	2,120	9,53	12,17	3,81	62,97
14	100	72,50	1,45	0,55	19,84	-0,10	10,000	0,20	0,82	0,065	2,396	9,45	12,17	3,88	72,50
16	100	81,95	1,64	0,36	20,56	-0,09	10,000	0,20	0,84	0,066	2,670	9,36	12,17	3,96	81,95
18	100	91,31	1,83	0,17	20,91	-0,09	6,424	0,13	0,86	0,067	2,796	4,32	7,82	4,03	91,31
20	100	95,63	1,91	0,09	21,08	-0,04	4,289	0,09	0,86	0,068	2,835	1,32	5,22	4,06	95,63
22	100	96,95	1,94	0,06	21,21	-0,01	3,646	0,07	0,86	0,068	2,847	0,41	4,44	4,07	96,95
24	100	97,36	1,95	0,05	21,31	0,00	3,451	0,07	0,87	0,068	2,851	0,14	4,20	4,08	97,36
26	100	97,50	1,95	0,05	21,41	0,00	3,391	0,07	0,87	0,068	2,853	0,06	4,13	4,08	97,50
28	100	97,56	1,95	0,05	21,51	0,00	3,373	0,07	0,87	0,068	2,853	0,03	4,11	4,08	97,56
30	100	97,59	1,95	0,05	21,61	0,00	3,368	0,07	0,87	0,068	2,854	0,02	4,10	4,08	97,59
32	100	97,61	1,95	0,05	21,70	0,00	3,366	0,07	0,87	0,068	2,855	0,02	4,10	4,08	97,61

FORMULE USATE	
Vh	tensione fornita dal traduttore livello = h(t) * Kh (volt)
e	errore = Vrif - Vh ( Volt )
∫e dt	integrale dell'errore =E21*\$C\$2+F20
de/dt	derivata dell'errore =(E21-E20)/\$C\$2
Vp PID	tensione per motore pompa con PID
	=SE(\$C\$12*E21+\$C\$14*F21+\$C\$15*G21>10;10;\$C\$12*E21+\$C\$14*F21+\$C\$15*G21)
Qin	portata immessa nel serbatoio = \$C\$10*H21
v out	velocità uscita acqua =((19,62*(C21+\$C\$4)/1000)/(1+\$C\$5))^0,5
Qout	portata uscita = \$C\$6*J21/10
Vol accumulato nel serbatoio	=(I21-K21)*\$C\$2+L20
Dh	variazione livello acqua =(I21-K21)*\$C\$2/\$C\$7*100
h(t)	livello acqua nel serbatoio =P20+M20

# PARAMETRI PID NON CORRETTI



# SOLO PROPORZIONALE

Controllo livello liquido in un serbatoio			
Dt	2 sec	intervallo di campionatura	
h0	0 mm	livello iniziale nel serbatoio	
htubi	170 m	dal bacino superiore a quello inferiore	
kv	6	coeff. perdite localizzata valvola	
Aeff	0,785 cm <sup>2</sup>	tubo scarico d=1 cm	
Aserb	2,92405 dm <sup>2</sup>	diametro serbatoio d=19.3 cm	
hrif	100 mm	livello di riferimento (SET POINT)	
kh	0,02 V / mm	coeff. Trasduttore (10 V a 500 mm)	
k pompa	0,02028 l/s/volt	coeff. Pompa (12,7 litri/min a 10 volt)	
Vrif	2 v	tensione di riferimento	
kp	25	coefficiente proporzionale= 100/BP	
B.P	4 %	banda proporzionale	
ki	0	coefficiente integrale 0,046	
kd	0	coefficiente derivativo	

t	hrif	h(t)	Vh	e	∫e dt	de/dt	Vp PID	Qin	v out	Qout	Vol acc	Dh	Qin	Qout	h(t)
sec.	mm	mm	volt	volt	v*s	v/s	volt	l/sec.	m/s	l/sec.	litri	mm	l/'	l/'	mm
0	100	0,00	0,00	2,00	4,00	0,00	10,000	0,20	0,69	0,000	0,406	13,87	12,17	0,00	0
2	100	13,87	0,28	1,72	7,45	-0,14	10,000	0,20	0,72	0,056	0,699	10,02	12,17	3,38	13,87
4	100	23,89	0,48	1,52	10,49	-0,10	10,000	0,20	0,74	0,058	0,989	9,92	12,17	3,47	23,89
6	100	33,81	0,68	1,32	13,14	-0,10	10,000	0,20	0,76	0,059	1,276	9,82	12,17	3,56	33,81
8	100	43,62	0,87	1,13	15,39	-0,10	10,000	0,20	0,77	0,061	1,560	9,72	12,17	3,64	43,62
10	100	53,34	1,07	0,93	17,26	-0,10	10,000	0,20	0,79	0,062	1,841	9,63	12,17	3,73	53,34
12	100	62,97	1,26	0,74	18,74	-0,10	10,000	0,20	0,81	0,063	2,120	9,53	12,17	3,81	62,97
14	100	72,50	1,45	0,55	19,84	-0,10	10,000	0,20	0,82	0,065	2,396	9,45	12,17	3,88	72,50
16	100	81,95	1,64	0,36	20,56	-0,09	9,026	0,18	0,84	0,066	2,630	8,01	10,98	3,96	81,95
18	100	89,96	1,80	0,20	20,96	-0,08	5,021	0,10	0,85	0,067	2,700	2,38	6,11	4,02	89,96
20	100	92,34	1,85	0,15	21,27	-0,02	3,830	0,08	0,86	0,067	2,721	0,71	4,66	4,04	92,34
22	100	93,05	1,86	0,14	21,55	-0,01	3,475	0,07	0,86	0,067	2,727	0,21	4,23	4,04	93,05
24	100	93,26	1,87	0,13	21,82	0,00	3,370	0,07	0,86	0,067	2,729	0,06	4,10	4,05	93,26
26	100	93,32	1,87	0,13	22,08	0,00	3,338	0,07	0,86	0,067	2,729	0,02	4,06	4,05	93,32
28	100	93,34	1,87	0,13	22,35	0,00	3,329	0,07	0,86	0,067	2,730	0,01	4,05	4,05	93,34
30	100	93,35	1,87	0,13	22,62	0,00	3,326	0,07	0,86	0,067	2,730	0,00	4,05	4,05	93,35
32	100	93,35	1,87	0,13	22,88	0,00	3,325	0,07	0,86	0,067	2,730	0,00	4,05	4,05	93,35

**FORMULE USATE**

Vh = tensione fornita dal traduttore livello = h(t) \* Kh (volt)

e = errore = Vrif - Vh ( Volt )

∫e dt integrale dell'errore =E21\*\$C\$2+F20

de/dt derivata dell'errore =(E21-E20)/\$C\$2

Vp PID tensione per motore pompa con PID  
 =SE(\$C\$12\*E21+\$C\$14\*F21+\$C\$15\*G21>10;10;\$C\$12\*E21+\$C\$14\*F21+\$C\$15\*G21)

Qin portata immessa nel serbatoio = \$C\$10\*H21

v out velocità uscita acqua =((19,62\*(C21+\$C\$4)/1000)/(1+\$C\$5))^0,5

Qout portata uscita = \$C\$6\*J21/10

Vol accumulato nel serbatoio =(I21-K21)\*\$C\$2+L20

Dh variazione livello acqua =(I21-K21)\*\$C\$2/\$C\$7\*100

h(t) livello acqua nel serbatoio =P20+M20

# DA FARE: REGOLAZIONE ON-OFF