



LIFE06/ENV/IT/255

A.S.A.P.**Actions for Systemic Aquifer Protection**

The ASAP project is partially funded by the European Union
LIFE Programme

Protocollo ASAP - Step # 2 (draft)

Actions for Systemic Aquifer Protection - Implementation and demonstration of a Protocol to scale down groundwater vulnerability to pollution due to overexploitation

(Rev. 1a)

Type of document:	Protocollo ASAP
Deliverable n°:	D3.6 - Protocollo ASAP - Draft della seconda sezione
Author(s):	Oberdan Cei
URI:	http://www.klink.it/gate/asap/area-di-lavoro/executing/3-06_products/



<http://www.klink.it/gate/asap>

This page intentionally left blank

Confidential

Distribution allowed to the ASAP Project Participants,
the European Commission and to selected Water
Professionals and Scholars

This page intentionally left blank

(i) Ringraziamenti

- 5 Senza il co-finanziamento del Programma LIFE della Commissione Europea non sarebbe stato possibile avviare il lavoro di generalizzazione e validazione dell'approccio del progetto ASAP per la sua diffusione e riuso.

La disponibilità del team di monitoraggio esterno è stata un prezioso aiuto.

- 10 Questo lavoro è stato possibile soprattutto grazie alla disponibilità e collaborazione di tutti i Team del Progetto ASAP.

La partecipazione attiva, disponibilità, qualità professionale di tutti i soggetti coinvolti ha permesso di avviare la redazione del protocollo ASAP, di cui questo documento rappresenta la prima sezione, in bozza.

15

Ing. Oberdan Cei
(o.cei@acqueingegneria.net)

Project manager

This page intentionally left blank

(ii) Sommario

1	Introduzione agli aspetti metodologici.....	10
1.1	Controllo della pressione.....	10
1.2	Ottimizzazione della pressione.....	10
1.3	Periodi di regolazione.....	10
1.4	Controllo remoto delle valvole.....	10
1.5	Alimentazione del sistema.....	11
1.6	Installazione delle valvole.....	11
1.7	Acquisto dei dispositivi di controllo.....	11
1.8	Regolazione delle valvole automatiche.....	12
1.9	Tecnologia impiegata per la ricerca delle perdite.....	12
1.10	Interazione con altri servizi a rete.....	13
1.11	Ispezione diretta delle fognature.....	13
1.12	Prelocalizzatori.....	13
1.12.1	Punto di forza dei prelocalizzatori.....	13
1.12.2	Posizionamento dei prelocalizzatori.....	14
1.13	Squadra tipo per ricerca perdite.....	14
1.14	Gli Strumenti specifici per la ricerca delle perdite.....	14
1.14.1	Il Geofono.....	14
1.14.2	Il correlatore.....	15
1.15	Rumori di disturbo.....	15
1.16	Tuning del sistema.....	15

(iii) Scopo di questo documento

Questo documento è la versione draft del **secondo** step del Protocollo A.S.A.P.

20 Il modello proposto utilizza il protocollo che Acque Ingegneria – in collaborazione con i partner del progetto A.S.A.P. - ha introdotto all'interno del progetto LIFE
"A.S.A.P. Actions for Systemic Aquifer Protection", contratto LIFE06/ENV/IT/255, che la Commissione Europea ha co-finanziato nel 2006 e dedicato proprio agli
25 interventi che possono ridurre la pressione sugli acquiferi, in particolare attraverso la ricerca delle perdite occulte.

Il progetto ha un valore complessivo di circa 2,5 milioni di euro, è iniziato nel 2006 ha una durata prevista di 36 mesi.

Maggiori informazioni sul progetto sono disponibili sui siti
http://ec.europa.eu/environment/life/infoproducts/lifeenvcompilation_06.pdf e sul
30 portale di sviluppo del progetto alla URL <http://www.klink.it/gate/asap>.

Il progetto A.S.A.P. Azioni per la Protezione Sistemica dell'acquifero consiste nella messa in opera e dimostrazione di un Protocollo per ridurre la vulnerabilità della falda all'inquinamento dovuta al sovra sfruttamento.

Tra gli obiettivi del progetto, in una prospettiva ampia a livello di comunità, c'è la
35 disponibilità di un protocollo, di linee guida e di un sito dimostrativo per la protezione degli acquiferi, l'abbattimento dei livelli di captazione, l'ottimizzazione di sistemi di distribuzione di acqua potabile in condizioni reali.

La documentazione del protocollo A.S.A.P. è stata pianificata in tre step (corrispondenti ad altrettante fasi/task del piano di lavoro) per consentirne la
40 verifica in campo.

I tre step principali del protocollo sono:

- acquisizione della conoscenza del sistema su cui si interviene;
- **ottimizzazione della rete e abbattimento dei prelievi;**
- definizione e progressivo avvicinamento al livello ottimale di gestione
45 (prelievo minimo sufficiente).

Ogni step documentato viene redatto in forma di draft e fatto circolare all'interno del partenariato di progetto per le verifiche, critiche e suggerimenti.

La versione così ottenuta viene tradotta e messa a disposizione sul sito di progetto e presentata per l'esame da parte della comunità degli operatori
50 interessati; resta tuttavia aperta fino al completamento del documento in tutte le sue tre parti e alla validazione finale.

(iv) Avvertenze

1. Gli autori di questo documento hanno cercato fin dove possibile di
55 utilizzare un linguaggio comprensibile a lettori di diverse provenienze e utilizzatori con diverse finalità, evitando fin dove possibile l'uso di termini specialistici o settoriali; tuttavia alcuni aspetti tecnici hanno richiesto necessariamente un linguaggio settoriale.
2. Questo documento è in versione "draft". Al momento del suo rilascio come deliverable, sta circolando tra i partner di progetto per la raccolta di
60 suggerimenti, critiche, contributi, prima di essere sottoposto alla validazione parziale. Il suo utilizzo in campo dovrebbe perciò essere rinviato al momento in cui sia disponibile *l'intero protocollo, completo in tutte le sue parti e validato.*

This page intentionally left blank

1 INTRODUZIONE AGLI ASPETTI METODOLOGICI

65 L'obiettivo finale del protocollo A.S.A.P. è la riduzione della pressione sull'acquifero (e più in generale sulle riserve d'acqua da cui si effettuano prelievi).

I pilastri su cui si fonda sono la riduzione delle perdite e la gestione ottimale delle pressioni.

70 Dopo il controllo delle perdite (di cui si è discusso nel Draft I) il secondo passaggio fondamentale è quindi legato alle pressioni.

1.1 CONTROLLO DELLA PRESSIONE

Per gestire la pressione di rete in modo da ridurre le perdite e l'effetto dei maggiori carichi idraulici conseguenti alle riparazioni è necessario disporre di valvole automatiche specifiche; tali valvole sono degli organi che dissipano
75 l'energia mantenendo costante il valore dell'energia di valle.

Il progetto può diventare uno strumento per consentire al gestore di ridurre/mantenere i livelli di perdita raggiunti con la ricerca iniziale.

1.2 OTTIMIZZAZIONE DELLA PRESSIONE

Un'ottimizzazione volta all'aumento delle pressioni ed allo scopo di perseguire
80 livelli di servizio migliori per le utenze potrebbe sollecitare in maniera non sopportabile le reti, le quali presentano tutti i disagi relativi alla loro vetustà (pericolo scoppi, cattiva tenuta dei giunti e delle valvole, etc.). Un'ottimizzazione delle pressioni non adeguata potrebbe portare a situazioni di non adeguatezza rispetto a livelli di servizio minimi o potrebbe innescare degli squilibri locali di
85 pressione generati dalla riparazione una perdita idrica locale con conseguente aggravio delle altre piccole perdite poste nelle vicinanze di quella sanata.

Gli interventi di riduzione della pressione saranno principalmente concentrati nelle ore notturne quando a causa di una riduzione dei prelievi si ha il naturale innalzamento del carico interno alle reti di distribuzione. A tale scopo si propone
90 l'utilizzo di valvole automatiche di controllo con funzione prevalente di regolazione della pressione di valle mediante due piloti (pilota di bassa pressione per le ore notturne, pilota di alta pressione per le ore diurne) con diametri nominali minimi DN 50.

1.3 PERIODI DI REGOLAZIONE

95 I periodi di alta e bassa pressione saranno scelti solo dopo l'analisi della portata istantanea del settore o distretto controllato dalla valvola.

Il sistema elettronico di gestione delle elettrovalvole a servizio dei piloti sarà programmabile mediante computer portatile anche con più cicli giornalieri di bassa pressione e/o condizioni settimanali.

100 Allo scopo di assecondare al meglio il servizio alle utenze verrà imposto alla valvola anche un funzionamento diverso per i giorni di sabato e domenica, quando si ha una traslazione nel tempo della richiesta rispetto agli altri giorni della settimana.

In linea di massima si prevede il seguente ciclo di bassa pressione:

- 105 ● LMMGV bassa pressione dalle ore 06:45 alle ore 23:00
- SD bassa pressione ore 07:30 alle ore 23:30

1.4 CONTROLLO REMOTO DELLE VALVOLE

Come linea di principio per ogni valvola verrà proposto il telecontrollo e telecomando dei piloti per la gestione del livello di pressione delle reti asservite
110 ovvero la misura della pressione di monte, di valle e della portata in transito. Una

pagina specifica del telecontrollo dovrà essere realizzata per ogni valvola installata è dovrà monitorare oltre che le variabili idrauliche anche le condizioni di funzionamento dei dispositivi di controllo:

In numero minimo di variabili che devono essere tenute sotto controllo sono:

- 115 1. La pressione di monte
2. La pressione di valle
3. La portata
4. La corrente di alimentazione del sistema
5. Tensione delle batterie tampone
- 120 6. Lo stato di funzionamento della periferica

1.5 ALIMENTAZIONE DEL SISTEMA

In assenza di fornitura elettrica è consigliabile l'utilizzo dei salti di pressione generati dalla valvola, per la produzione dell'energia necessaria al funzionamento in bassa tensione delle periferiche e degli strumenti di misura (trasduttori, misuratori di portata, etc.). A tale scopo esistono specifiche turbine, realizzate e brevettate da ACQING, da inserire in parallelo alle valvole automatiche.

In alternativa le valvole sono predisposte con delle batterie a 12 V che consentono comunque di attivare i cicli di alta e bassa pressione mediante solenoidi bistabili a bassa tensione.

Questa funzione è però da utilizzare solo nella fase di avviamento iniziale e da sostituire con un sistema che utilizza elettro-valvole a corrente continua.

1.6 INSTALLAZIONE DELLE VALVOLE

L'installazione delle valvole automatiche di controllo internamente alle reti di distribuzione, sarà realizzata possibilmente fuori terra, all'interno di un dedicato alloggio in muratura di mattoni o in materiale metallico, mantenendo sempre la possibile la derivazione manuale di bypass delle portate in transito attraverso un riduttore di soccorso o valvola di regolazione a fusso per eventuali manutenzioni o mal funzionamenti della valvola principale.

Per garantire le migliori condizioni di sicurezza sono da evitare installazioni all'interno di pozzetti interrati a favore di costruzioni in muratura fuori terra.

La carpenteria di collegamento della valvola alle tubazioni dovrà essere realizzata in materiale metallico e possibilmente in acciaio inox AISI 304 con spessore minimo 3 mm.

Per evitare fenomeni di pendolamento delle valvole sono da prevedere dei dispositivi di sfiato automatici a monte ed a valle della valvola.

1.7 ACQUISTO DEI DISPOSITIVI DI CONTROLLO

Per procedere correttamente all'acquisto dei dispositivi di controllo è fondamentale dichiarare al fornitore della valvola i campi di lavoro presunti della valvola ed in particolare viene richiesto al momento dell'acquisto:

- la portata massima;
- la portata minima;
- la pressione minima e massima di valle;
- la pressione minima e massima di monte;
- 155 ● La funzione che deve assolvere.

1.8 REGOLAZIONE DELLE VALVOLE AUTOMATICHE

La prima regolazione delle valvole è manuale e viene effettuata da un operatore che agisce attraverso una vite senza fine che gestisce la pressione da mantenere a valle.

160 La seconda avviene attraverso un collegamento via cavo che si stabilisce tra il computer portatile, sul quale dovrà essere installato il software di gestione e l'elettronica a bordo della valvola e della conseguente programmazione che ne stabilisce i tempi di attivazione.

165 Le operazioni devono essere condivise con il responsabile della gestione il quale dovrà modificare i carichi al contorno della propria rete senza limitare il servizio agli utenti.

Durante la fase di ottimizzazione iniziale si possono riscontrare problemi relativi alla qualità dell'acqua (intorbidamenti), questo può essere causato da sfasamenti temporali tra l'attivazione di più valvole concorrenti nel solito settore.

170 In questi casi all'interno della rete si hanno delle inversioni di flusso che non sono dovute ad una reale richiesta delle utenze ma solo ad una distribuzione errata dei carichi al contorno (troppo alto da una parte e troppo basso dall'altra nel solito momento), quest'ultimo effetto è stato motivo di ricalibrazione delle pressioni. La regolazione delle pressioni al contorno genera situazioni in rete che sono prevedibili con il modello con una accuratezza dell'ordine di qualche metro

175 di colonna d'acqua ma sono anche misurabili con precisione direttamente in rete.

180 La fase di regolazione deve perciò essere effettuata misurando contemporaneamente la pressione nei punti ove questa si manifesta normalmente con i livelli più bassi oppure nelle zone dalle quale pervengono le chiamate per pressione insufficiente.

Le ore migliori per la regolazione delle valvole, nei valori diurni, sono quelle intorno alle ore di maggior consumo (08:20, 14:20, 20:30) in questi momenti è utile effettuare una regolazione con più operatori dislocati sulla valvola e sulla rete ed entrambi dotati di misuratore di pressione.

185 L'operatore posto sulla valvola potrà così saper in tempo reale il valore della pressione generata dalla valvola alla regolazione imposta.

Effettuata la regolazione nelle ore diurne è conveniente posizionare dei registratori di pressione per valutare anche il valore che si determina in rete in conseguenza del ciclo di pressione notturna generato dalla valvola e attivato automaticamente dalla centralina elettronica a bordo di quest'ultima.

190

Con questa operazione si riducono i rischi connessi al raggiungimento del livello minimo di servizio.

195 Nei casi in cui all'installazione della valvola sia parallelamente realizzato anche il sistema di acquisizione il monitoraggio del consumo e i benefici in termini di minori consumi, derivanti dalla riparazione delle perdite e/o regolazione delle valvole potrà essere fatta automaticamente e registrata dal telecontrollo aziendale

200 Invece nei casi in cui le postazioni di monitoraggio remoto vengano installate successivamente alle valvole queste dovranno essere monitorate mediante strumenti di portata ad ultrasuoni e pressione, posti in tutti i punti di alimentazione del settore.

1.9 TECNOLOGIA IMPIEGATA PER LA RICERCA DELLE PERDITE

205 E' noto che una perdita origina delle vibrazioni che si manifestano con un rumore che si origina dal passaggio, ad alta velocità, del fluido attraverso piccole aperture del tubo o da imperfezioni di tenuta. Nella trasformazione dell'energia di pressione in energia sonora una quota parte è trasmessa longitudinalmente

attraverso la tubazione mentre una parte si disperde radialmente dal punto di fuga attraverso il terreno circostante fino a giungere in superficie. Sfruttando questa caratteristica della perdita si adatteranno tecniche e sistemi di ricerca che si basano sull'ascolto del rumore e la relativa analisi. Questa particolarità è sfruttata per la ricerca delle perdite e a tutt'oggi è quella che garantisce il massimo risultato.

1.10 INTERAZIONE CON ALTRI SERVIZI A RETE

Dato il carattere occulto delle perdite è fondamentale indagare anche su gli altri servizi a rete. Risultano così necessarie e determinanti indagini mirate all'interno delle canalizzazioni di altri servizi a rete che nelle maggior parte dei casi "ricevono", loro malgrado, le perdite occulte. E' il caso notissimo delle fognature che, in molti casi, raccolgono una buona parte delle perdite idriche e la cui evidenza è molto nota ai gestori degli impianti di depurazione che, anche nei periodi di magra, devono depurare portate di entità non giustificabili non scarichi in fognatura di sole acque nere o miste.

1.11 ISPEZIONE DIRETTA DELLE FOGNATURE

A tale scopo verrà utilizzata anche una tecnica di ricerca "antica" che prevede l'indagine visiva all'interno delle fognature fino all'utilizzo di una speciale telecamera ("periscopio"). Questa tecnica ha di fatto interrotto un pessimo modo di lavorare che consisteva nell'ispezione diretta delle fognature in condizioni di scarsa sicurezza per gli operatori.

Il periscopio è dotato di un'asta telescopica e di una video camera con un potente zoom alla quale è abbinata una fonte ad alta luminosità che consente di monitorare le cavità e le condotte di fognatura ove spesso si infiltrano e manifestano le perdite occulte.

La maggior frequenza dei pozzetti di fognatura rispetto a quella di quelli dell'acquedotto aumenta la possibilità di acquisire informazioni visive sulla perdita ed eventualmente registrarne dei filmati.

L'ispezione sarà limitata solo ai tratti a monte e a valle dei pozzetti di fognatura ispezionabili, per un tratto lineare di circa 80 metri, ovvero fino alla zona visibile grazie all'illuminazione orientabile e allo zoom a bordo della telecamera.

1.12 PRELOCALIZZATORI

Il protocollo di ricerca prevede un'attività iniziale di prelocalizzazione speditiva attuata mediante dispositivi che riconoscono il rumore della perdita e ne danno una localizzazione approssimata, alla quale segue la fase di individuazione puntuale vera e propria.

Tali dispositivi hanno la stessa tecnologia presente a bordo dei geofoni ma in più eseguono una verifica statistica del rumore discriminando i rumori di fondo da quelli con una frequenza e costanza tipica del rumore della perdita.

1.12.1 Punto di forza dei prelocalizzatori

Il loro punto di forza è costituito dal fatto che si risvegliano ed eseguono l'analisi solo nelle ore notturne quando si attenuano i rumori di fondo e si amplificano quelli delle perdite occulte. Conseguentemente si possono evitare le ricerche con geofono sulle strade ad alta densità di traffico.

In genere la loro alta sensibilità consente di percepire anche le perdite più piccole, proprio per questo è consigliabile ripetere l'indagine anche dopo la riparazione delle perdite individuate con la prima ricerca.

1.12.2 Posizionamento dei prelocalizzatori

255 Il posizionamento di questi dispositivi, di ridotte dimensione, può essere fatto anche direttamente all'interno di vani contatore di utenza o nelle camerette di manovra della rete.

260 La posizione dei prelocalizzatori deve essere supportata da una cartografia con una scala non inferiore a 1:10000 sulla quale deve essere annotata il codice e la posizione del prelocalizzatore (es. via e numero civico).

La distanza media tra due prelocalizzatori, con la quale si effettua questa indagine, è di circa 100-150 m con un raffittimento a 50-80 m nel caso di tubazioni in materiale plastico.

1.13 SQUADRA TIPO PER RICERCA PERDITE

265 Ogni squadra tipo sarà preferibilmente composta da due tecnici specializzati e sarà dotata, come minimo, della seguente strumentazione e mezzi:

45 analizzatori di rumore (prelocalizzatori)

- 2 correlatori
- 2 geofoni
- 270 ● 2 computer portatili
- 1 periscopio 1 cercachiusini 1 cercaservizi
- software specifico per l'archiviazione delle misure, dei punti di misura e delle perdite
- 2 fotocamere digitali
- 275 ● 1 furgone attrezzato

Ogni squadra sarà dotata oltre che dalla strumentazione di cui sopra, anche della cartellonistica minima necessaria per la messa in sicurezza dei cantieri mobili che si rendessero necessari.

1.14 GLI STRUMENTI SPECIFICI PER LA RICERCA DELLE PERDITE

280

L'utilizzo di questo o quello strumento è legato essenzialmente al grado di conoscenza che abbiamo del problema. Nel caso più sfavorevole non è noto il materiale e il diametro della tubazione, la posizione della tubazione e la posizione di altri servizi a rete.

1.14.1 Il Geofono

285

In questi casi perciò anche se la precedente attività di monitoraggio ha ristretto ad un preciso ambito la ricerca si utilizzerà buona parte degli strumenti previsti sino ad arrivare alla classica individuazione puntuale con geofono. In pratica, sulla base della registrazione e delle analisi del rumore effettuate in ore notturne 290 prestabilite, tali strumenti riescono in tempi rapidi a fornire l'indicazione della presenza della perdita nella zona esaminata. Nei casi di ricerca su superfici poco estese e comunque in tutti quei casi dove si rende necessario una maggiore precisione nell'individuazione del punto di fuga, le tecniche di ricerca da utilizzare sono quelle classiche con metodi acustici attraverso l'uso del correlatore e del 295 geofono.

Nel caso del geofono è determinante l'interpretazione del rumore che l'operatore effettua in continuo attraverso l'ascolto diretto in cuffia.

L'esperienza gioca in questo caso un ruolo essenziale e quindi con il geofono la componente umana è abbastanza determinante ai fini del successo.

300 1.14.2 Il correlatore

Nel caso del correlatore invece l'interpretazione fisica è fatta direttamente dal software che analizza il tempo di acquisizione di due sensori e ne valuta la differenza comparandola alla lunghezza della condotta. In questo modo il correlatore riesce a dare la posizione relativa di un rumore che si propaga ai due
305 sensori. A questa fase è sicuramente necessaria la seconda fase di ricerca con geofono che garantisce la massima precisione rispetto a tutti gli strumenti presenti sul mercato

In questo caso la componente umana è inferiore anche se non trascurabile.

1.15 RUMORI DI DISTURBO

310 Essendo l'individuazione delle perdite essenzialmente basata sulla trasmissione del rumore è evidente che alcune attività, come la ricerca con geofono, siano da svolgersi prevalentemente nelle ore del primo mattino o in casi particolari nelle ore notturne. Capita sovente di dover lavorare su strade ad alta densità di traffico, oppure nelle immediate vicinanze a particolari attività produttive,
315 particolarmente rumorose, che non è possibile interrompere. In questi casi è preferibile utilizzare i prelocalizzatori in modo massivo.

L'utilizzo del correlatore o dei rilevatori di perdite, analizzando il rumore secondo specifiche frequenze, riescono a lavorare anche in presenza dei tipici rumori di fondo diurni, fermo restando che le analisi effettuate nelle ore notturne risultano
320 sempre quelle più attendibili.

1.16 TUNING DEL SISTEMA

La modellazione matematica e la successiva taratura eseguita considerando lo stato iniziale, consente la programmazione dei primi interventi da effettuare e la valutazione delle risposte del sistema ai possibili scenari.

325 I metodi utili alla riduzione delle perdite idriche aventi un impatto a breve e medio termine sul volume di acqua recuperabile sono oltre che alla riparazione delle perdite occulte, anche la regolazione modulata nel tempo della pressione che dovrà mantenere inalterato il valore minimo del livello di servizio nei punti critici.

L'insieme di queste attività comporta una sostanziale modifica sia geometrica che del comportamento idraulico della rete ed il conseguente progressivo
330 scostamento tra il modello iniziale e lo stato di fatto.

Infatti, con la riduzione delle perdite e con la regolazione della pressione si va intervenire sia sulla distribuzione spaziale dei consumi all'interno di un settore e quindi sulla circolazione delle portate, sia sulla quantità di acqua immessa
335 rendendo inappropriato il pattern adoperato nel modello precedentemente tarato.

In considerazione del fatto che la calibratura eseguita minimizzando lo scarto tra il dato misurato e quello calcolato non fornisce una combinazione univoca dei valori delle variabili del sistema (scabrezza e dislocazione spaziale della domanda) ma solo una di esse, in quanto i dati in ingresso non coincidono in
340 numero con le incognite, è necessaria una nuova fase di ricalibratura che fornisca una nuova combinazione di scabrezza e distribuzione della domanda che renda valido il modello.

In questa fase potrà essere utilmente aggiornata la cartografia ed il modello grazie alle informazioni che verranno acquisite con la riparazione delle perdite
345 ovvero quando si scopre e si può misurare il diametro reale della condotta, la scabrezza interna e valutare il materiale costituente.

È necessario pertanto una seconda campagna di misurazione in rete di portata e pressione al fine di valutare la variazioni di funzionamento apportate al sistema dagli interventi, rispetto allo stato precedente.

350 Ovviamente l'analisi dei dati del singolo distretto deve restituire una diminuzione generalizzata del consumo idrico, in particolar modo del valore minimo notturno (Minimum night flow ,QMNF) e la congruità del livello di servizio con l'obbiettivo de gli interventi effettuati.

355 Gli elementi da inserire nel modello idraulico sono il nuovo pattern di domanda discretizzato su un intervallo orario di 5 minuti che ci consente di non eliminare le punte di consumo e se eseguiamo l'analisi PDA con riferimento alle perdite idriche, i nuovo coefficienti K_j di ciascun nodo calcolati sulla base dell'analisi del consumo minimo notturno.

360 La calibratura viene eseguita mediante una procedimento di *trial and error* confrontando puntualmente i dati di portata e pressione misurati in specifici punti della rete con quelli forniti dal modello fino all'ottimizzazione dello stesso.

Protocollo ASAP - Step # 2 (draft) Acque Ingegneria Srl

This document is available on the Internet at

<http://www.klink.it/asap>